

# PROJET POIA FEDER « MIROIR » N° PA0020589



UNION EUROPÉENNE  
Fonds Européen de  
Développement Régional



Avec le soutien de



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

FONDS NATIONAL  
D'AMENAGEMENT  
ET DE DEVELOPPEMENT  
DU TERRITOIRE  
Massif des Alpes

EN PARTENARIAT AVEC LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

## COMPARAISON DE LIDAR – GORGES DE L'ARLY VAL D'ARLY (SAVOIE)

ADRGT 2, rue de la Condamine - 38610 GIERES ☎ 04.76.44.17.55						
n°RP	Ind.	Date	Commentaires	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
PA0020589	A	04/01/2023	Établissement du rapport	O. Meric BRENGUIER	J. Bourdat	E Equilbey
	B					
	C					
	D					
	E					

# SOMMAIRE

1. INTRODUCTION .....	4
2. CONTEXTE GENERAL .....	5
2.1. DESCRIPTION DU SITE .....	5
2.2. DONNÉES À DISPOSITION .....	6
3. TRAITEMENTS .....	7
3.1. GÉNÉRAL.....	7
3.1.1. Principe de la méthode TSM :.....	7
3.1.2. Paramètres utilisés .....	7
3.2. EMPRISE GLOBALE .....	8
3.3. SECTEUR DE MONTGOMBERT-CHAMP CLARET .....	9
4. RÉSULTATS.....	10
4.1. FILTRES STD ET CC .....	10
4.2. FILTRE CC.....	11
4.2.1. Vue générale.....	12
4.2.2. A) Glissements de Montgombert et Champ Claret.....	12
4.2.2.1. MNS de 2013 et lidar de 2022 .....	13
4.2.2.2. Lidar de 2019 et lidar de 2022 .....	14
4.2.3. B) Moulin Ravier .....	16
4.2.4. C) Mouvement du Seuil .....	17
4.2.5. D) Mouvement de Panissat.....	18
5. CONCLUSIONS .....	19

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : emprise du secteur étudié .....	5
Figure 2 : 2019 résolution 1 m .....	6
Figure 3 : 2013 résolution 2 m .....	6
Figure 4 : 2022 résolution 20 cm .....	6
Figure 5 : Principe de la corrélation d'image.....	7
Figure 6 : En jaune : zones considérées comme stables sur l'emprise globale.....	8
Figure 7 : En jaune : zones considérées comme stables sur le secteur de Montgombert-Champ Claret .....	9
Figure 8 : Résultat de la corrélation des MNS de 2013 et 2022 avec filtrage STD et CC.....	10
Figure 9 : Zoom sur le mouvement des Ravines .....	11
Figure 10 : Résultat de la corrélation des MNS de 2013 et 2022 avec filtrage CC.....	12
Figure 11 : Résultat de la corrélation des MNS de 2013 et 2022 avec filtrage CC; zoom sur A) Montgombert et Champ Claret ; Observations de 2019 (RP8958) .....	13
Figure 12 : Résultat de la corrélation des lidars de 2019 et 2022, résolution 1m, avec filtrage CC	14
Figure 13 : Résultat de la corrélation des lidars de 2019 et 2022 avec filtrage CC et vecteurs de déplacement; zoom sur A) Montgombert et Champ Claret ; Observations de 2019 (RP8958) .....	15
Figure 14 : Résultat de la corrélation des MNS de 2013 et 2022 avec filtrage CC; zoom sur B) Moulin Ravier.....	16
Figure 15 : A gauche extrait c de la figure 14 du MNS de 2013, à droite extrait c de la figure 14 du Lidar de 2022. La surface entre les deux images a tellement été modifiée qu'il est difficile de suivre un motif. ....	17
Figure 16 : Résultat de la corrélation des MNS de 2013 et 2022 avec filtrage CC; zoom sur C) Les Ravines.....	17
Figure 17 : Résultat de la corrélation des MNS de 2013 et 2022 avec filtrage CC; zoom sur D) Panissat.....	18

# 1. INTRODUCTION

## **Objet :**

Le présent rapport porte sur l'analyse des lidars acquis entre 2013 et 2022 au niveau de la rive gauche du val d'Arly.

Cette étude a pour objectifs :

- De définir les secteurs actuellement les plus actifs au niveau de la rive gauche du val d'Arly;
- De quantifier les déplacements en présence

## 2. CONTEXTE GENERAL

### 2.1. Description du site

Le site étudié se localise en rive gauche de l'Arly le long de la RD1212 entre les communes de Ugine et Saint Nicolas la Chapelle dans le département de la Savoie.

L'emprise de l'étude est limité par la disponibilité des données.

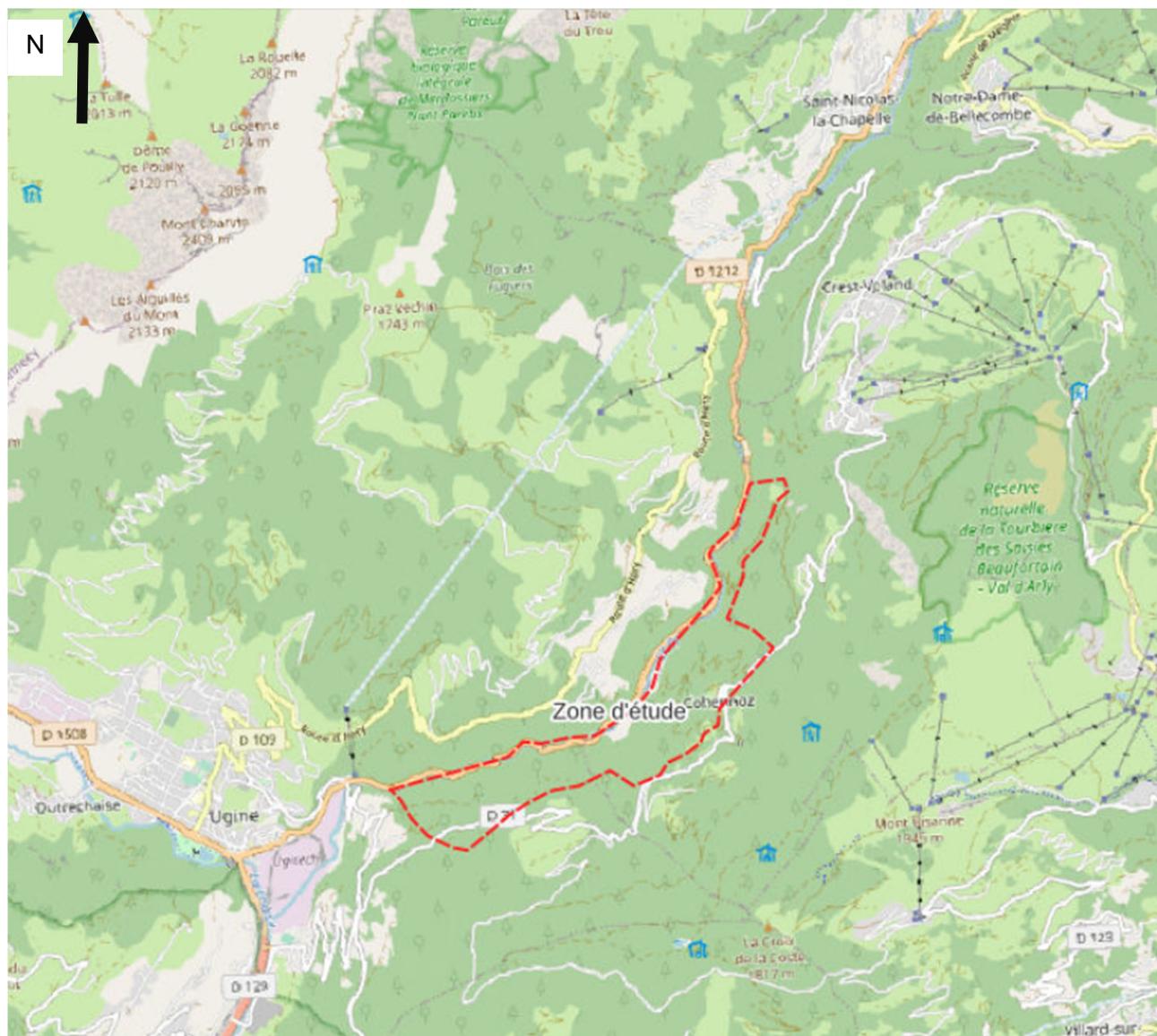


Figure 1 : emprise du secteur étudié

## 2.2. Données à disposition

Les données à disposition sont décrites dans le tableau suivant :

Année d'acquisition	Nature de la donnée	Résolution (m)	Source
2019	Lidar sur le secteur de Montgombert	1 m	CD73
2013	modèle numérique de surface 3D gratuites à l'échelle de la France (MNS)	2 m	IGN
2022	Lidar acquis dans le cadre du projet POIA	0.2 m	POIA MIROIR

Dans le cadre du projet européen (FEDER-POIA) MIROIR, un levé Lidar a été acquis fin avril 2022 (société Hélimap) de la rive gauche de l'Arly en parties basses de versant (Gorges) depuis le Nant des Fattes (entre Metraux et Cliets) jusqu'à son débouché sur Ugine.

Ci-dessous un exemple de différence de résolution entre les différentes données :

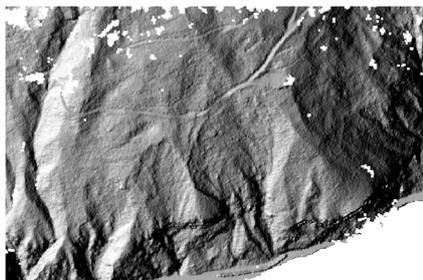


Figure 2 : 2019 résolution 1 m

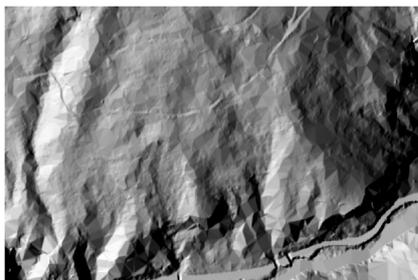


Figure 3 : 2013 résolution 2 m



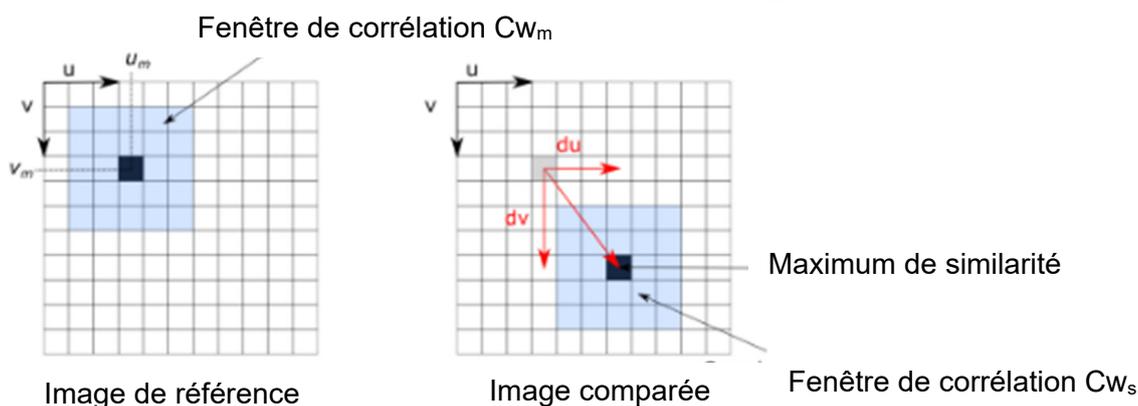
Figure 4 : 2022 résolution 20 cm

## 3. TRAITEMENTS

### 3.1. Général

Les données 3D ont été projetés en 2D (Figure 2, Figure 3 et Figure 4). Ces projections 2D ont été corrélées par la méthode TSM afin d'identifier les secteurs les plus actifs et de quantifier leur déplacements.

#### 3.1.1. Principe de la méthode TSM :



*Figure 5 : Principe de la corrélation d'image*

Considérons deux images dont celle de référence et celle à comparer (Figure 5).

Pour calculer le déplacement d'un pixel  $(u_m, v_m)$ , on centre une fenêtre de corrélation, notée ici  $Cw_m$ , de dimensions définies  $(n \times p)$  dans l'image de référence, et une fenêtre de corrélation  $Cw_s$  (de mêmes dimensions que  $Cw_m$ ) dans l'image comparée.

Cette deuxième fenêtre est déplacée dans l'image comparée et, à chaque position, la corrélation avec la première fenêtre est calculée.

Le pixel avec le pic de corrélation le plus élevé est considéré comme la nouvelle position de l'emplacement l'image de référence.

Les résultats de la corrélation sont composés de trois composantes : les déplacements de ligne ( $dv$ ) et de colonne ( $du$ ), et le coefficient de corrélation associé (CC).

Ces composantes sont alors projetées dans un repère géoréférencé.

Dans ce rapport nous analysons la magnitude des déplacements.

#### 3.1.2. Paramètres utilisés

Sachant que :

- les déplacements attendus sont de l'ordre de 10 m,
- la résolution n'a pas besoin d'être très fine
- que le coefficient de corrélation est faible dans les secteurs très actifs car les terrains sont très déformés par les mouvements

nous avons utilisé les paramètres donnés dans le tableau suivant :

Taille de la fenêtre de corrélation	Taille de la fenêtre de recherche	Coefficient de corrélation minimum
5 pixel (soit 5 à 10 m selon la résolution des images)	7 pixel (soit 7 à 14 m selon la résolution des images)	0.2 (0 pas de corrélation, 1 corrélation parfaite)

Deux types de filtrage ont été appliqués aux résultats :

- un filtrage sur le coefficient de corrélation (CC) : si  $CC < 0.2$  alors la valeur de déplacement n'est pas affichée
- un filtrage sur la valeur standard de déviation (STD). Des secteurs stables ont été définis sur les données 2D (Figure 6 et Figure 7). La valeur de déplacement moyenne est calculée dans ces secteurs et est utilisée pour filtrer les données sur toute l'image.

### 3.2. Emprise globale

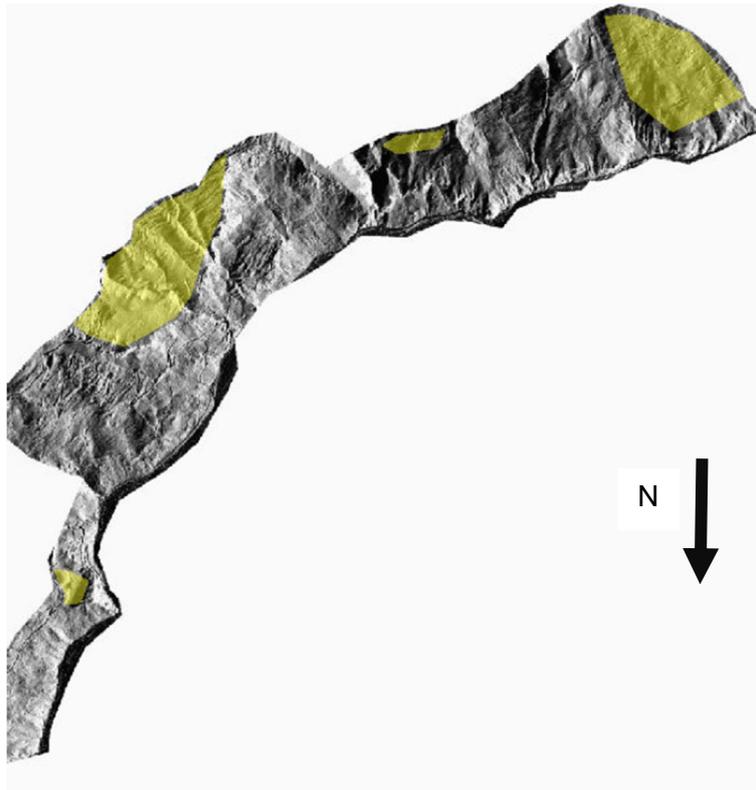


Figure 6 : En jaune : zones considérées comme stables sur l'emprise globale

Pour le calcul de la corrélation, il est nécessaire de définir des zones stables dans le jeu d'image analysé. Les secteurs surlignés en jaune sur la Figure 6 ont été considérés comme stables. Il s'agit principalement de zone de replat en partie haute du versant.

Sur l'emprise globale, nous ne disposons que deux types de données :

- Le modèle numérique de surface (MNS) de résolution 2 m de l'IGN de 2013
- Le lidar haute résolution issu du projet POIA MIROIR de résolution 20 cm de 2022

Afin de comparer ces deux lidars nous avons réduit la résolution du lidar de 2022 à 2 m.

### 3.3. Secteur de Montgombert-Champ Claret

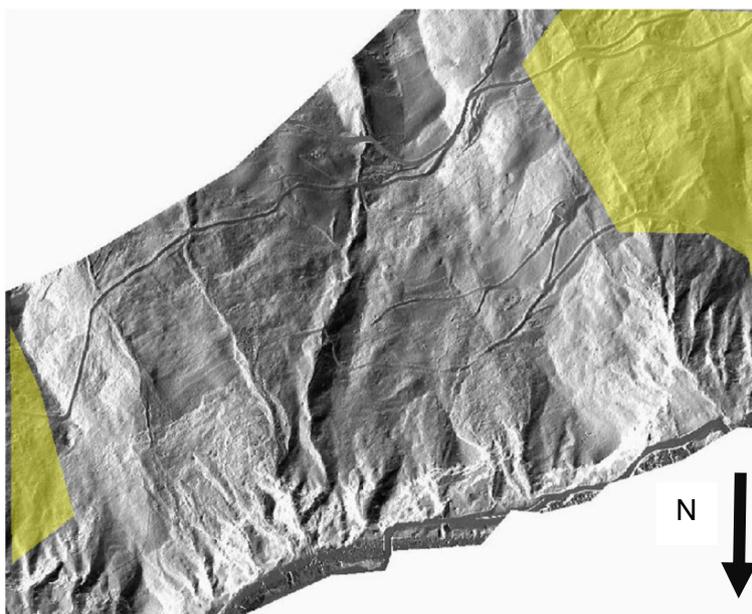


Figure 7 : En jaune : zones considérées comme stables sur le secteur de Montgombert-Champ Claret

Les secteurs surlignés en jaune sur la Figure 7 ont été considérés comme stables.

Sur le secteur de Montgombert-Champ Claret on dispose de trois types de données :

- Le lidar de résolution 1m de 2019
- Le modèle numérique de surface (MNS) de résolution 2 m de l'IGN de 2013
- Le lidar haute résolution issu du projet POIA MIROIR de résolution 20 cm de 2022

Le niveau de résolution étant très différent entre le MNS de l'IGN et le lidar de 2022, les résultats ne sont pas probants et ne sont donc pas présentés dans ce rapport.

Afin de comparer le lidar de 2019 à celui de 2022 nous avons réduit la résolution du lidar de 2019 à 1 m.

## 4. RÉSULTATS

### 4.1. Filtres STD et CC

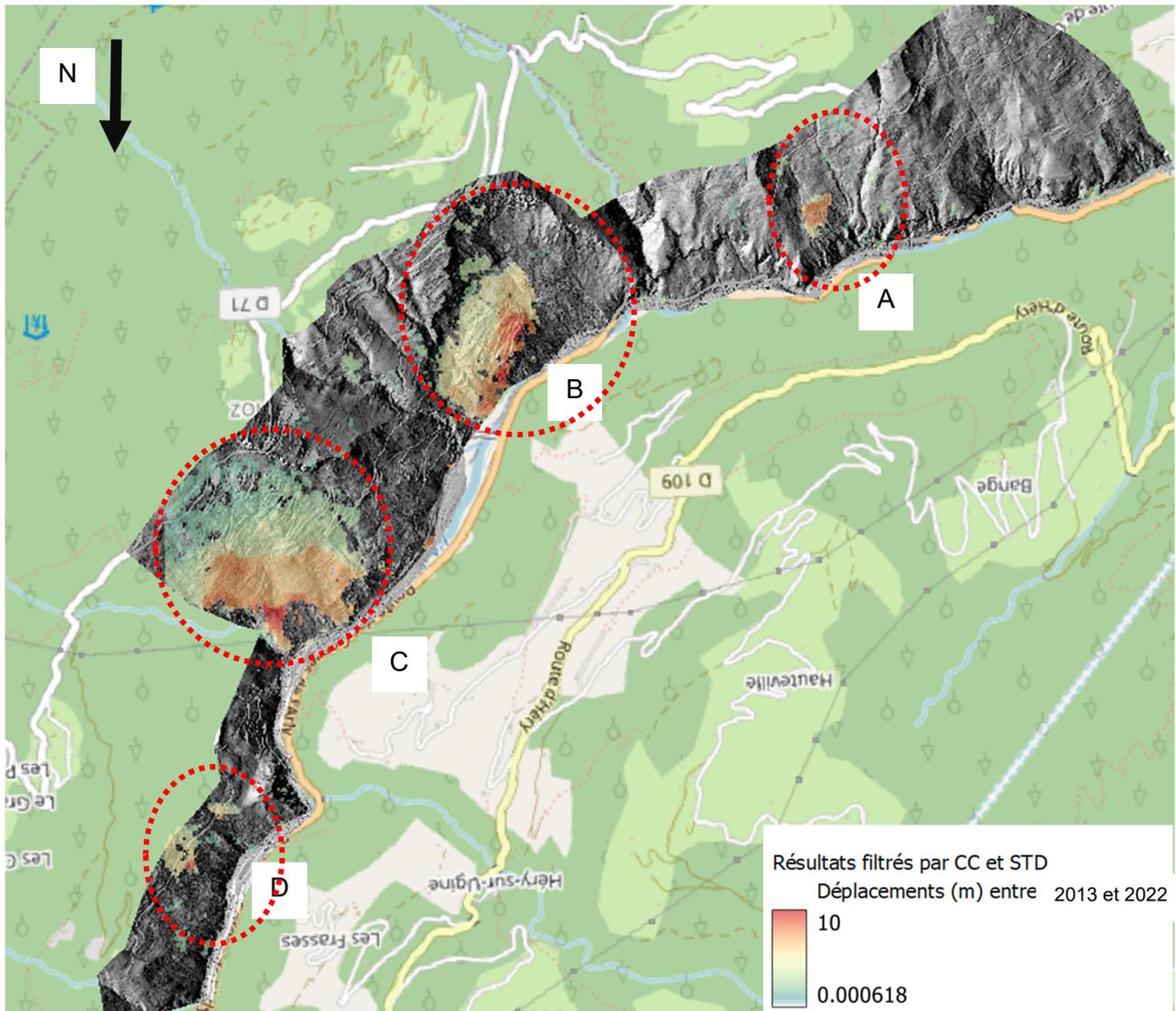


Figure 8 : Résultat de la corrélation des MNS de 2013 et 2022 avec filtrage STD et CC

Ce traitement permet d'identifier de manière robuste 4 secteurs de mouvements majeurs :

- A) à l'est des glissements de Montgombert et Champ Claret : glissement . Les déplacements peuvent atteindre au moins 8 m entre 2013 et 2022.
- B) Mouvement de Moulin Ravier où les déplacements sont au moins de 9,5 m
- C) Mouvement du Seuil où les déplacements atteignent au moins 10 m
- D) Mouvement des Panissats où les déplacements atteignent 9 m

En réalité, ce traitement ne permet pas de quantifier des déplacements très importants. En effet, lorsque la déformation de la surface est trop importante, le coefficient de corrélation diminue et l'application du filtre CC élimine les valeurs de déplacement dans ces secteurs (Figure 9).

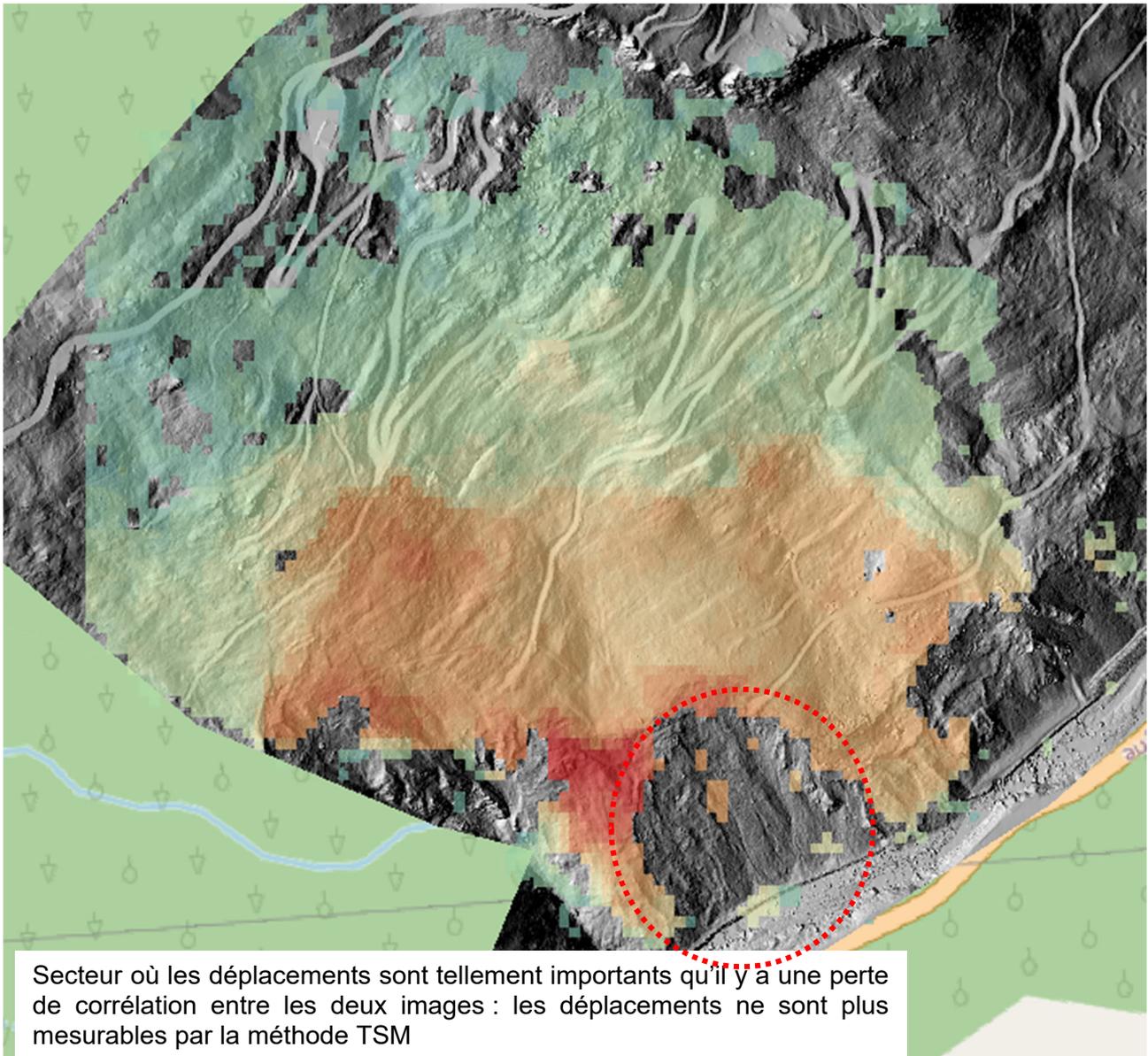


Figure 9 : Zoom sur le mouvement des Ravines

#### 4.2. Filtre CC

Il est possible de réduire le nombre de filtre afin d'augmenter les informations sur les déplacements. Toutefois les valeurs affichées sont moins robustes car certaines, liées à des artefacts de traitement ou de données, ne sont plus filtrées.

Afin d'observer les déplacements sur un plus large secteur, nous avons choisi de n'appliquer que le filtre CC.

#### 4.2.1. Vue générale

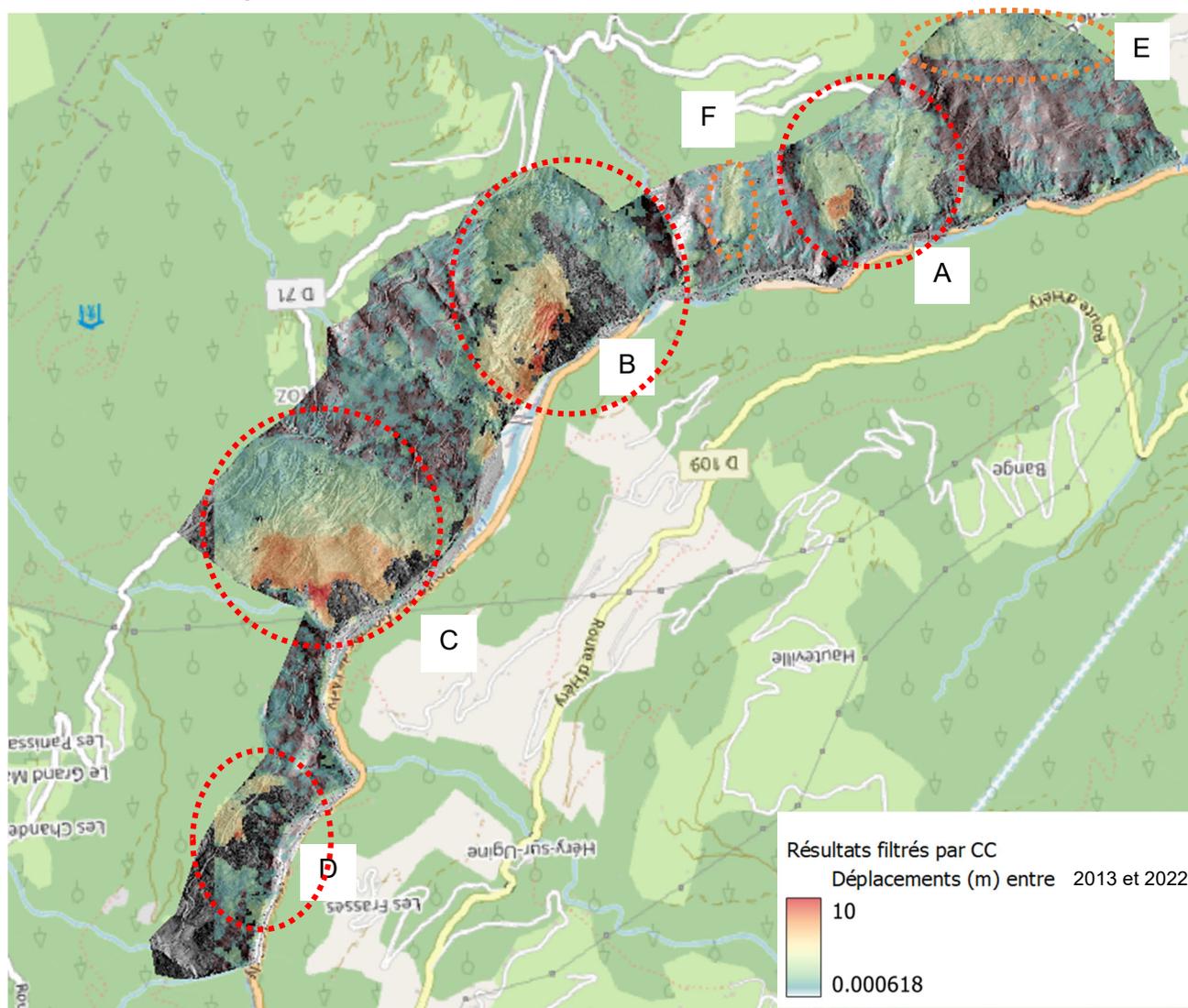


Figure 10 : Résultat de la corrélation des MNS de 2013 et 2022 avec filtrage CC

L'extension des mouvements A), B), C) et D) est mise en évidence par ce nouveau filtrage. On détaille ci-après ces données secteur par secteur.

#### 4.2.2. A) Glissements de Montgombert et Champ Claret

Sur ce secteur uniquement, nous disposons d'un lidar supplémentaire de résolution 1 m datant de 2019. Nous présentons ici le résultat de deux corrélations :

- Corrélation du MNS de 2013 et du lidar de 2022 (résolution 2m)
- Corrélation du lidar de 2019 et du lidar de 2022 (résolution 1m)

#### 4.2.2.1. MNS de 2013 et lidar de 2022

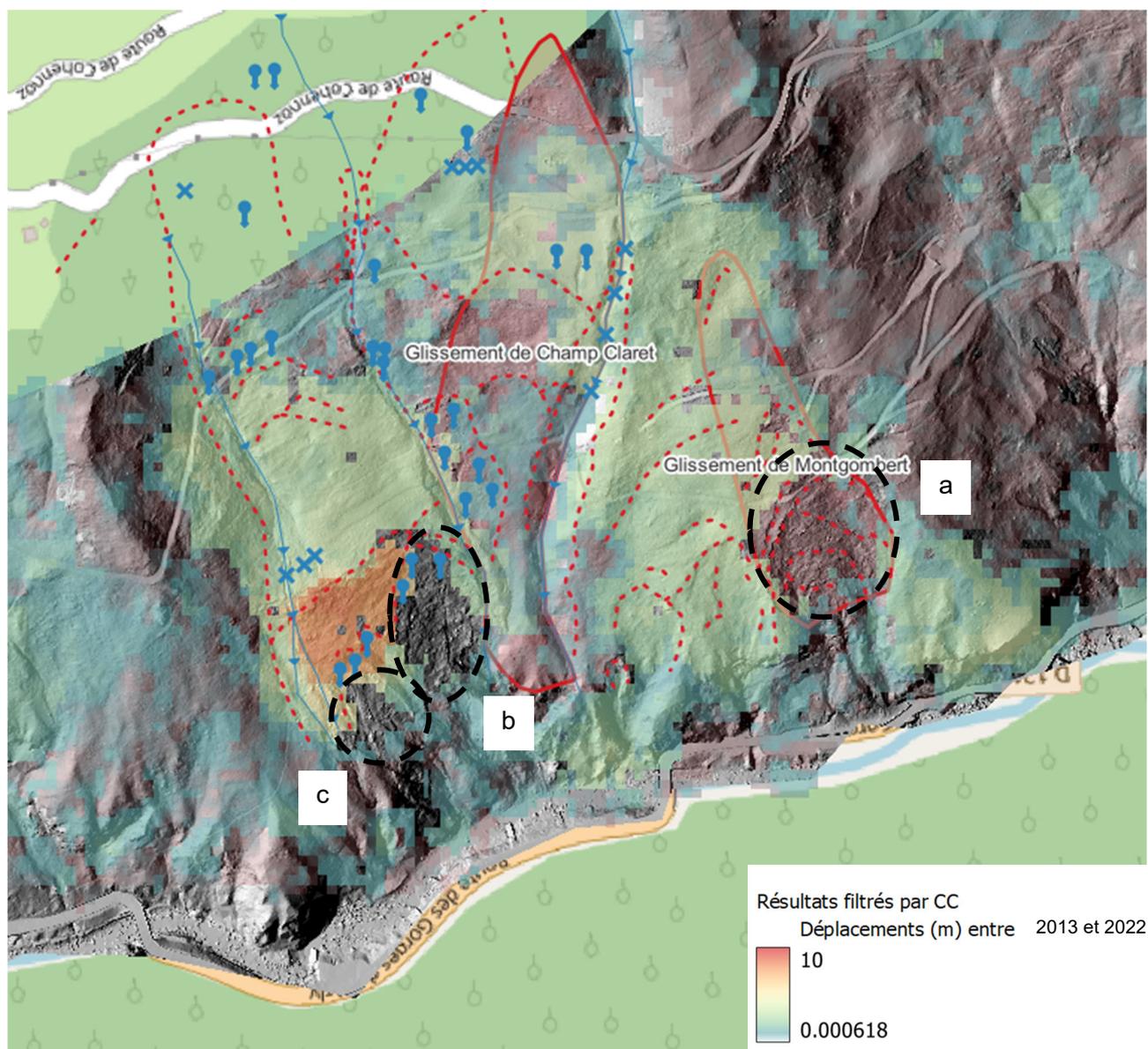


Figure 11 : Résultat de la corrélation des MNS de 2013 et 2022 avec filtrage CC; zoom sur A) Montgombert et Champ Claret ; Observations de 2019 (RP8958)

Les observations de terrain réalisées en 2019 ont été reportées sur les Figure 11 et Figure 12. On note une bonne cohérence entre ces observations de terrain et l'analyse TSM. Toutefois on remarque :

- Une perte de cohérence en **a**, **b** et **c** liée à une trop forte déformation de la surface. Dans ces secteurs les déplacements sont supérieurs à 10 m.
- Que le glissement le plus actif est situé à l'est du glissement de **Champ Claret**. On le nommera désormais **mouvement de Champ Claret Est**. Les déplacements dans ce secteur dépassent 10 m entre 2013 et 2022.
- Le glissement de **Champ Claret** est peu actif en comparaison des mouvements de **Montgombert** et de **Champ Claret Est**.
- Les limites des glissements ont variées depuis les observations de 2019. Une nouvelle campagne d'observation de terrain permettrait d'affiner ces limites.

#### 4.2.2.2. Lidar de 2019 et lidar de 2022

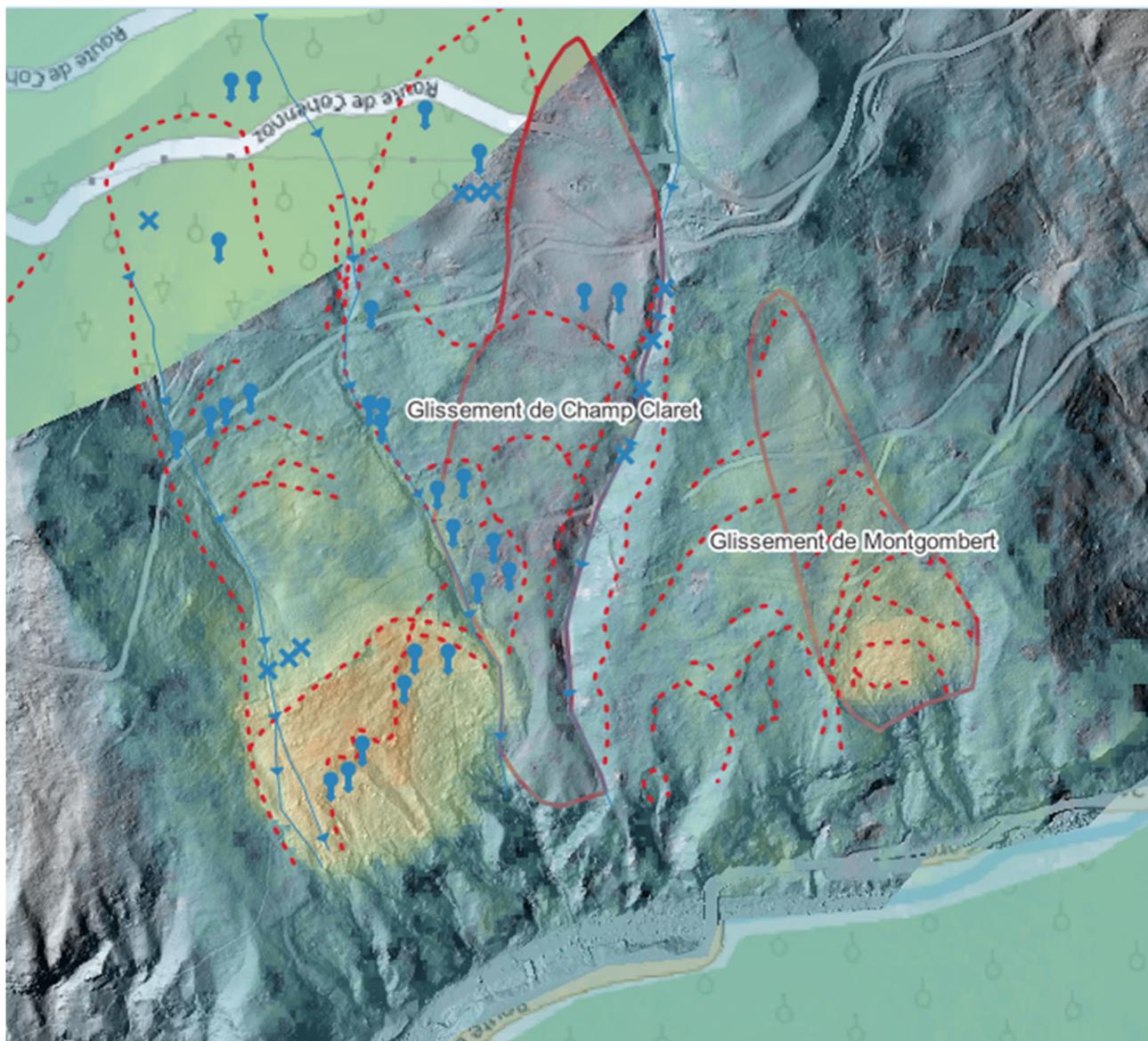


Figure 12 : Résultat de la corrélation des lidars de 2019 et 2022, résolution 1m, avec filtrage CC

Ce traitement confirme les résultats précédents à savoir :

- Les mouvements les plus importants se situent au niveau du glissement de **Champ Claret Est**.
- Que les mouvements semblent plus étendus que les limites observées en 2019
- Que le glissement de **Champ Claret** est le moins actif du secteur

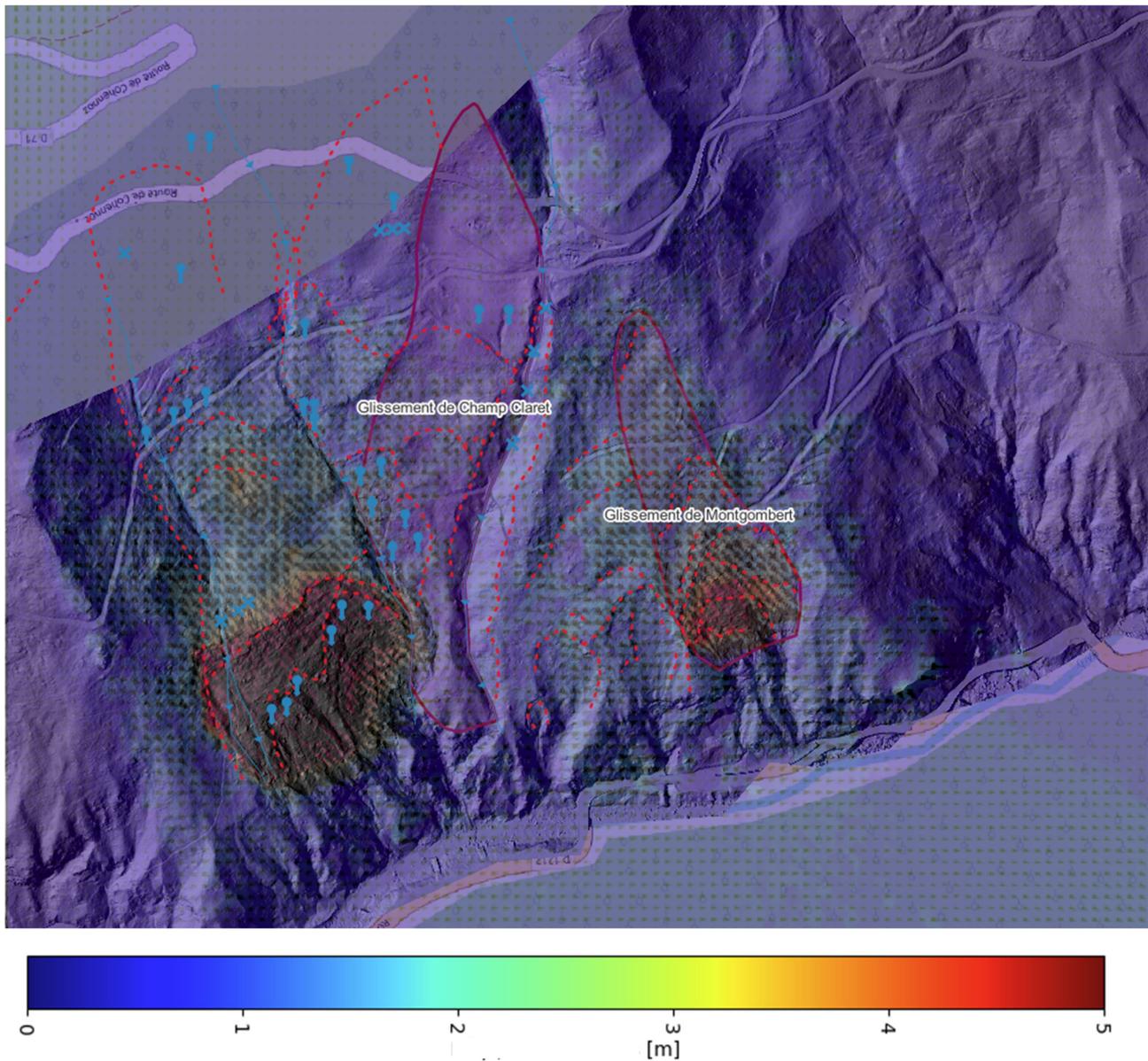


Figure 13 : Résultat de la corrélation des lidars de 2019 et 2022 avec filtrage CC et vecteurs de déplacement; zoom sur A) Montgombert et Champ Claret ; Observations de 2019 (RP8958)

La figure ci-dessus présente les vecteurs de déplacements calculés au niveau des glissements de **Montgombert, Champ Claret et Champ Claret Est**.

Cette visualisation permet d'identifier que les vecteurs de déplacement sont bien dirigés vers l'aval et qu'il ne s'agit pas d'artéfact.

#### 4.2.3. B) Moulin Ravier

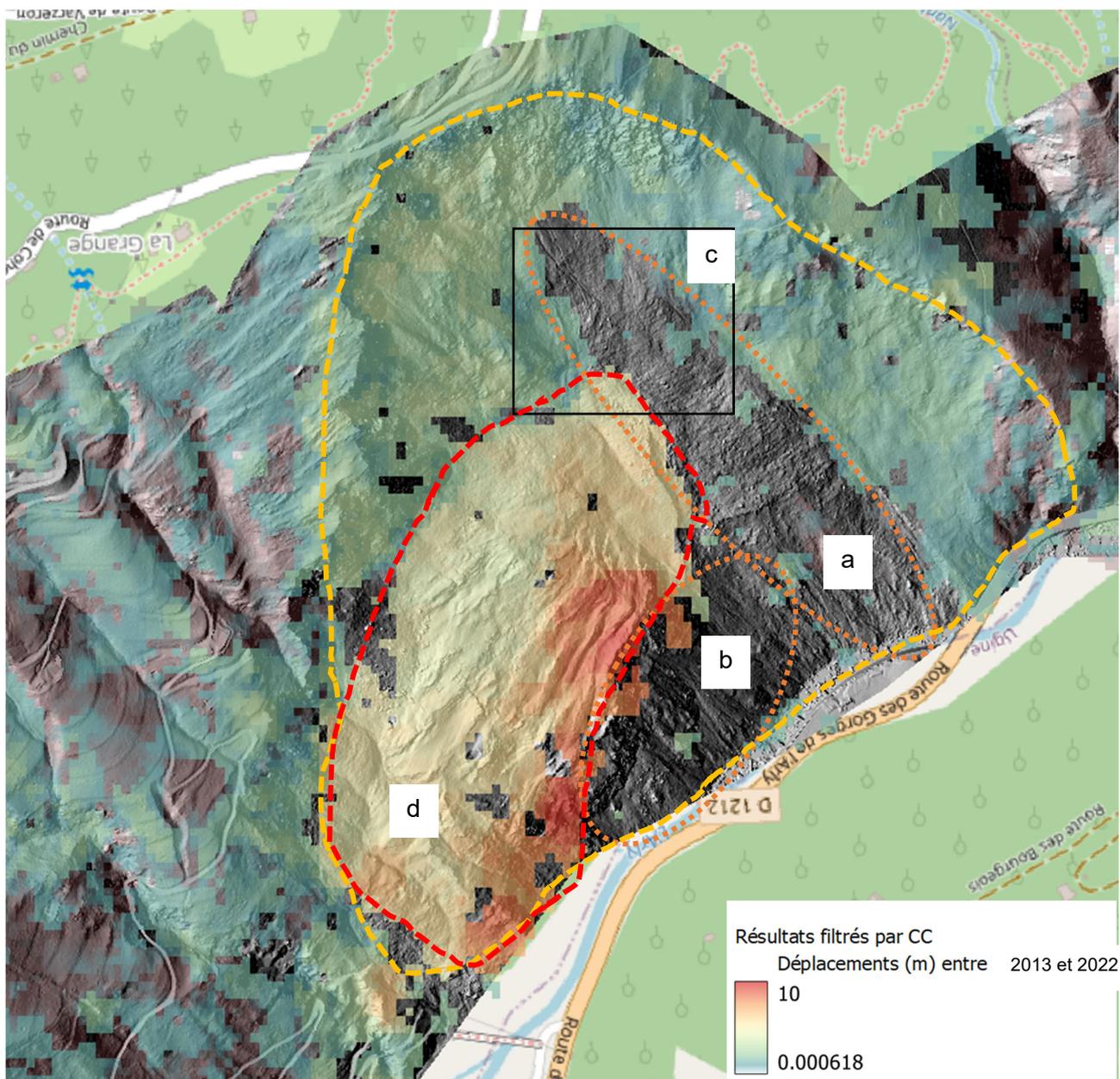


Figure 14 : Résultat de la corrélation des MNS de 2013 et 2022 avec filtrage CC; zoom sur B) Moulin Ravier

Le traitement TSM met en évidence les points suivants au niveau du glissement de **Moulin Ravier** :

- La présence d'une zone très active (a) de 500 m de long et 90 m de large présentant des déplacements de plus de 10 m en 2 ans. L'analyse de l'image est difficile car la surface est très déformée, il semble toutefois que certains blocs se sont déplacés de plus de 30 m (figure 15).
- Une seconde zone très active en pied de versant jusqu'à 650 m d'altitude de 450 m de long. La surface est tellement déformée qu'il est impossible d'estimer les déplacements avec le jeu de donnée disponible.
- Un secteur (d) de 230 m large et de 550m de long entre les altitudes 600 et 750 m présentant des déplacements compris entre 5 et 10 m.
- L'ensemble de la combe de **Moulin Ravier** présente des déplacements métriques.

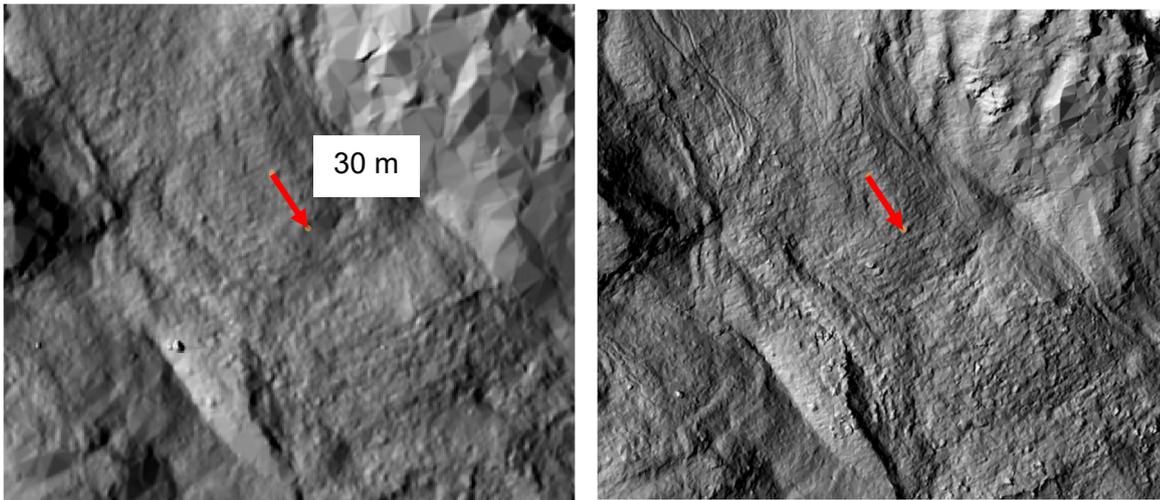


Figure 15 : A gauche extrait c de la figure 14 du MNS de 2013, à droite extrait c de la figure 14 du Lidar de 2022. La surface entre les deux images a tellement été modifiée qu'il est difficile de suivre un motif.

#### 4.2.4. C) Mouvement du Seuil

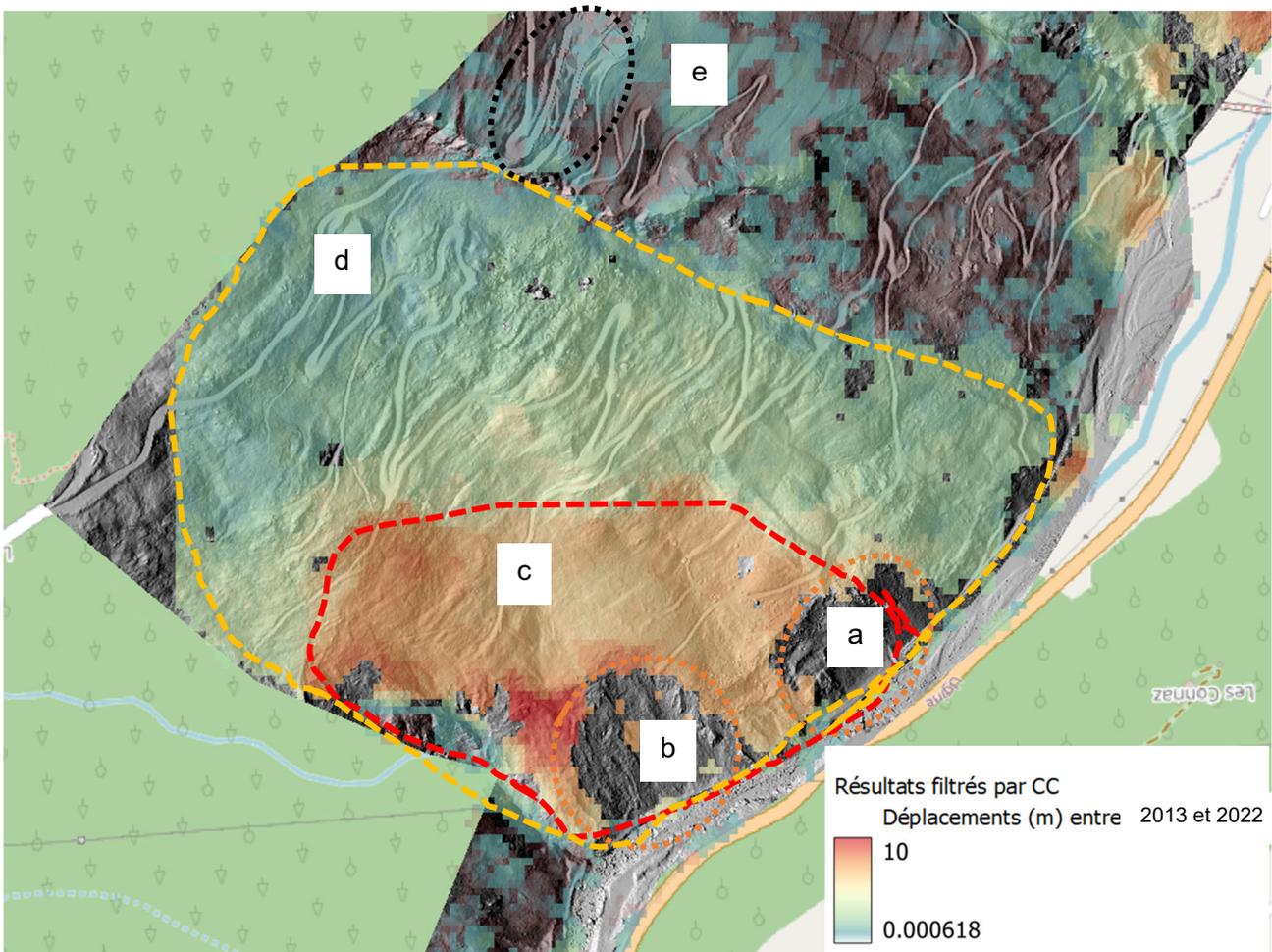


Figure 16 : Résultat de la corrélation des MNS de 2013 et 2022 avec filtrage CC; zoom sur C) Les Ravines

Au niveau du mouvement du Seuil, le traitement appliqué met en évidence des points assez similaires à ceux du glissement de **Moulin Ravier**, à savoir :

- La présence en partie basse de déformations trop importantes pour être quantifiées par ce traitement (**a** et **b**), on sait qu'ils sont supérieurs à 10 m.
- Entre l'altitude 600 et 850 m des mouvements compris entre 6 et 10 m (**c**).

- Ces mouvements régressent jusqu'à au moins 960 m d'altitude. Ils atteignent la RD71(d) et semble aussi impacter le village de Cohennoz (e).

#### 4.2.5. D) Mouvement de Panissat

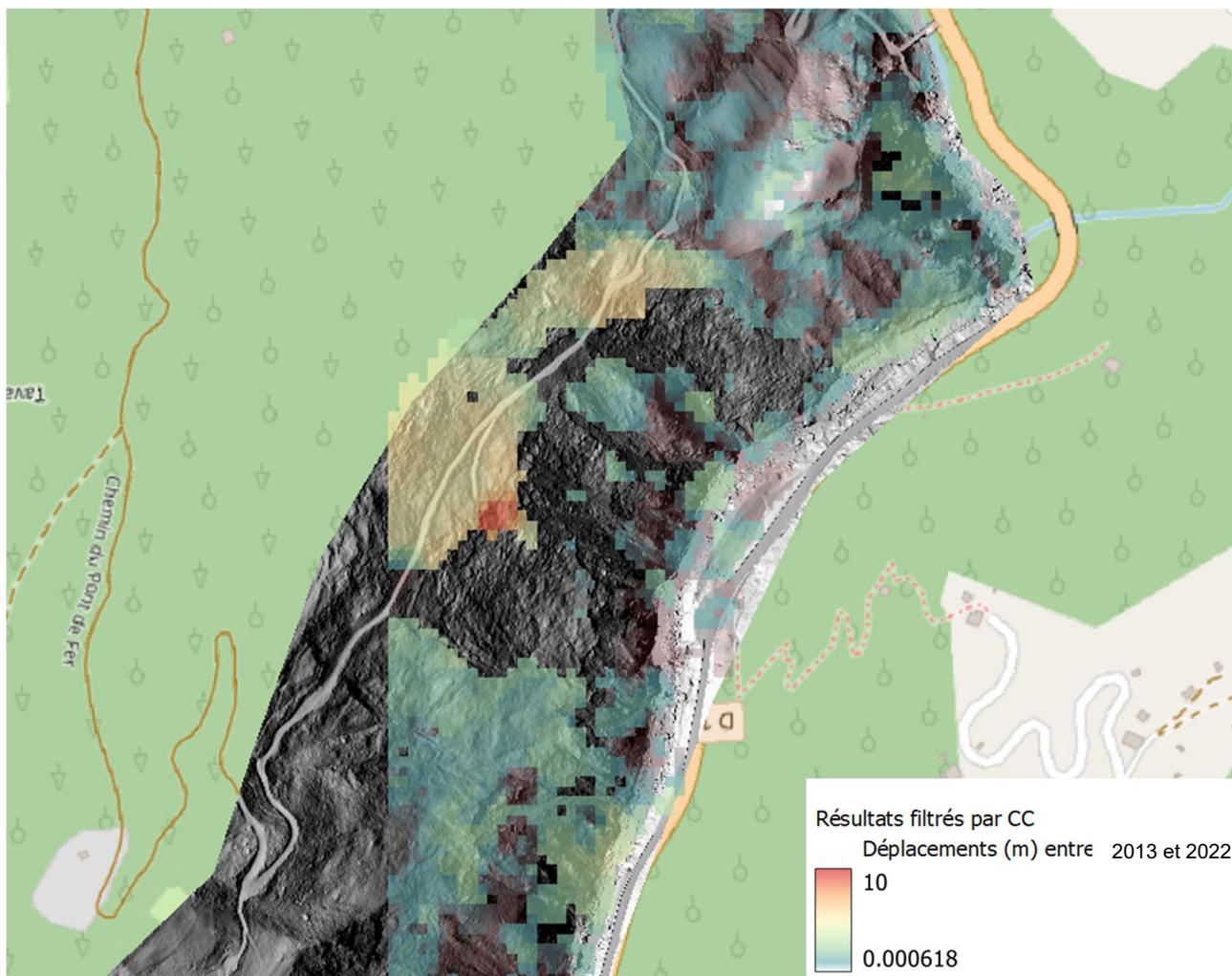


Figure 17 : Résultat de la corrélation des MNS de 2013 et 2022 avec filtrage CC; zoom sur D) Panissat

Le Lidar de 2019 ne fait que 300 m de large dans ce secteur. Les informations sont donc restreintes à cette bande étroite. On observe néanmoins :

- De fortes déformations en partie basse
- Des mouvements de l'ordre de 5 m au niveau du chemin du pont de fer

## 5. CONCLUSIONS

■ ■ ■

L'analyse des déplacements de la rive gauche de l'Arly, depuis le Nant des Fattes (entre Metraux et Cliets) jusqu'au débouché des gorges sur Ugine par la méthode TSM appliquée aux MNS de 2019, 2013 et 2022 a mis en évidence les points suivants :

- La présence de 4 mouvements de versant très actifs : les glissements de Montgombert - Champ Claret, Moulin Ravier, Le Seuil et Pannissats. Ces mouvements sont caractérisés par des déplacements de plus de 10 m en 2 ans.
- L'étendu de certains de ces mouvements semble régresser jusqu'à la RD71 (Champ Claret Est, Le Seuil)

La confrontation de l'analyse comparative des Lidar de 2013 et 2022 avec les observations de terrain effectuées en mars 2023 montre que :

- l'analyse des Lidar permet bien de délimiter et de situer de manière précise les secteurs les plus actifs dans un versant donné.
- la quantification des déplacements par l'analyse des Lidar semble erronée surtout dans les secteurs présentant des déplacements plus faibles.
- la quantification des déplacements par observation de terrain est très difficile. En effet, les indices de déplacement en zone naturelle sont très vite effacés. Les déplacements doivent être plurimétriques pour qu'ils laissent une trace visible dans le paysage.
- les structures anthropiques (routes, bâtiments, chemins) permettent de visualiser des indices de mouvement souvent invisibles dans le paysage naturel.

Cette analyse TSM des LIDAR de 2013 et 2022 a permis de mettre en évidence les problématiques suivantes :

- Les mouvements de la rive gauche des gorges de l'Arly n'impactent la RD1212 que lorsque celle-ci passe en rive gauche de l'Arly, soit à l'aplomb du glissement de Montgombert.
- La RD1212 pourrait être impactée par les mouvements de Champ Claret Est, Moulin Ravier, du Seuil et Panissat si ceux-ci provoquent une embâcle sur l'Arly.
- Le mouvement de Champ Claret Est régresse vers l'amont, des indices de mouvement sont déjà visibles sur la RD71. Celle-ci pourrait être impactée de manière plus significative dans les années à venir. L'évolution des indices de mouvements présents sur cette route est à surveiller.

- Le mouvement de Moulin Ravier effleure déjà la RD71. Des indices de déformation sont visibles. Il est probable que ces mouvements se poursuivent dans les prochaines années menaçant la pérennité du tracé de la RD71. Les indices de mouvement doivent être surveillés dans ce secteur.
- Le mouvement du Seuil affecte déjà la route communale en sortie du village de Cohennoz. Des déformations importantes de la chaussée sont déjà à l'œuvre dans la partie sud. Cette route est concernée par le mouvement sur une longueur de 400m environ. Les déformations s'atténuent vers le nord. De même, une surveillance de l'évolution des indices de mouvement est à envisager.

En conclusion, la méthode TSM appliquée au traitement de Lidar semble aujourd'hui peu adaptée pour un suivi temporel de déplacement en raison de l'incertitude sur la valeur des déplacements.

En revanche, cette méthode est performante pour évaluer de manière qualitative et précisément des zones de glissement dans un versant. Elle permet de définir à l'intérieur de ces zones les aires qui sont les plus actives et celles qui le sont moins. Cela peut permettre ainsi de mieux comprendre les mécanismes de mouvement en jeu et de mieux cibler les reconnaissances, suivis quantitatifs et travaux éventuels à réaliser.

