



UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen de
Développement Régional



RÉGION
SUD
PROVENCE
ALPES
CÔTE D'AZUR



l'Europe
s'engage
sur
le Massif Alpin

Avec le soutien de



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

FONDS NATIONAL
D'AMÉNAGEMENT
ET DE DÉVELOPPEMENT
DU TERRITOIRE
Massif des Alpes

EN PARTENARIAT AVEC LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

PROJET MIROIR

Note sur la dynamique observée et attendue des
différents compartiments du versant du Pas de l'Ours
Site de la haute vallée du Guil sur Aiguilles (05) dans le
Queyras



ASSOCIATION DÉVELOPPEMENT RECHERCHE GLISSEMENTS DE TERRAIN



Géosciences pour une Terre durable

brgm



Parc
naturel
régional
du Queyras

Note sur la dynamique observée et attendue des différents compartiments du versant du Pas de l'Ours Site de la haute vallée du Guil sur Aiguilles (05) dans le Queyras (projet MIROIR)

Préambule

Cette note vise à affiner la caractérisation des différents compartiments instables présents sur le versant en glissement du Pas de l'Ours (Rive droite du Guil) notamment en termes de dynamiques observées et perspectives d'évolutions à court et moyen long terme.

Pour cela, il était prévu et espéré récupérer l'ensemble des données (notamment numériques) de suivi faites lors de la crise de 2017 à 2018 et toujours en cours lors du démarrage du projet MIROIR (notamment le suivi interférométrique par radar terrestre assuré par l'EOST de Strasbourg dans le cadre des actions OMIV). Une prestation avec l'EOST sur des développements méthodologiques mais aussi la fourniture des données était prévue mais malgré plusieurs tentatives de relance, elle n'a pas pu être engagée (données non encore disponibles pour l'externe). Sans ces chroniques d'évolutions de déformations du versant, les données récupérées (tant durant la réactivation depuis 2014 que les périodes d'activité passées précédentes) restent insuffisantes pour l'évaluation de seuils de précipitations (seuils à partir desquels une réactivation du glissement devient envisageable puis attendues). Faute de pouvoir estimer quantitativement la sensibilité au climat du versant (surtout après l'importante dégradation généralisée du glissement), il devient alors totalement impossible d'estimer le comportement futur du glissement en conditions de dérèglement climatique. On notera au passage que la forte évolution et modification du versant durant la période 2016 à 2018 rend de toute façon difficile à évaluer un comportement homogène du glissement au delà de cette période de forte activité (la détermination d'un seuil d'activation pendant les événements les plus actifs ne garantissant pas un comportement similaire par la suite)

De plus, le monitoring en continu du glissement de l'OMIV (Laboratoire EOST de l'Université de Strasbourg) par interférométrie radar qui a perduré un certain temps (jusqu'au printemps 2022 a priori avec des interruptions durant l'automne au moins fin 2020 et fin 2021) semble avoir durablement cessé à l'avenir et il ne sera donc plus a priori un élément clé de suivi opérationnel pour l'avenir proche (sans compter que la partie sommitale du glissement échappe en grande partie (angle de vision rasante) au radar).



Avec le soutien de



FONDS NATIONAL D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT DU TERRITOIRE Massif des Alpes

EN PARTENARIAT AVEC LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

En absence de tout suivi opérationnel régulier immédiatement valorisable, il a donc été privilégiée la reconnaissance des zones sommitales que partiellement suivies pendant la crise d'activité (et qui se sont avérées plus actives a priori que le corps du glissement lui-même), une évaluation à dire d'expert (à défaut de traitements scientifiques des données existantes mais non accessibles) et une coordination étroite avec la RTM05 qui aura à assumer dans les années qui viennent la surveillance opérationnelle du glissement, du moins dans ces périodes d'accalmie relative en cours.

Enfin pour finaliser ce préambule, on rappelle brièvement pour la suite que sur la zone étudiée au final, le glissement de versant du Pas de l'Ours, la SAGE avait proposé un découpage du versant en compartiments homogènes, qui n'a été que très marginalement affinée depuis sur ses limites (figure 1).

Le glissement de versant récent proprement dit est découpée en compartiment est et ouest, sachant que dans le compartiment ouest, il a été distingué la partie amont de versant, où sont présentes d'importantes masses déjà glissées (au-dessus de la piste forestière du Lombard), de la partie aval où seul des déformations de fluage sont constatées.

En amont de la tête principal récent de glissement, on retrouve ensuite la zone sommitale, bordée en amont par la tête du paléoglissement.

Enfin sur les flancs de versant, les anciens flancs du paléoglissement non concernées par le mouvement de réactivation actuelle ont été définis (à la partie de versant a priori stable du paléoglissement côté ouest, ont été cependant ajoutés deux possibles extensions

Examen des évènements passés (antérieurs à 2014)

Si le glissement du versant du Pas de l'Ours n'a jamais connu a priori un tel niveau d'activité et une telle ampleur que ceux observés en 2017 et en 2018, il n'en demeure pas moins que des signes d'instabilités dans un passé plus ou moins récent y ont été collectées et mérite un examen le plus exhaustif possible.

Héritage post glaciaire (paléo-glissement)

Le versant du Pas de l'Ours avait été l'objet d'un important glissement de versant survenu vraisemblablement lors des périodes les plus intenses en termes de conditions climatiques défavorables lors des phases de déglaciation (et dans la foulée). L'actuelle zone réactivée de glissement du Pas de l'Ours ne constitue (Figure 1) qu'une partie en aval de ce paléoglissement originel. Il ne reste plus de visible que la tête de glissement cicatricielle présente en amont du glissement récent. La tête du paléoglissement est à dénivelé croissant vers l'est du fait du pendage des couches orienté vers l'ouest). On ignore si cette tête de glissement s'étendait alors davantage côté est (en amont versant)



Géosciences pour une Terre durable

brgm



ou pas jusqu'à la ravine de Choudane, avec dislocation complète de cette partie par érosion. Côté ouest, la tête de paléoglisserment s'atténue vite et sembler se dédoubler jusqu'à hauteur de la ravine du Lombard sans qu'on sache ce qui est hérité de la structure des couches, ce qui est due au paléoglisserment et ce qui est liée à l'érosion. La zone du paléoglisserment n'a pas pu être levée géologiquement et mériterait sans doute de l'être pour lever au moins en partie ces incertitudes.

Sous la tête de glissement, le profil de versant est organisé en paliers (paliers en nombre croissant d'est en ouest, du fait du pendage moyen des couches plongeant vers l'ouest), mais on note aussi des panneaux en légère contrepente (et indices d'endoréisme associés), témoignant d'une logique de déformation du versant par glissement rotationnel : en absence de glissements historiques +/- récent connus, il est alors hautement plausible que ces déformations rotationnelles soient en fait un héritage de la période du paléoglisserment. On retrouve dans ces zones d'endoréisme de longues fissures +/- ouvertes, bien perpendiculaires à la pente et pouvant se prolonger sur plusieurs centaines de mètres de longueur, fissures qui permettent actuellement aux eaux piégées de s'infiltrer aisément dans les terrains. Mais ces longues fissures ouvertes perpendiculaires à la pente ne se limitent pas aux gradins plats mais elles sont aussi présentes dans les parties pentues. La plupart de ces fissures ouvertes ont été comblées par des branches d'arbres (pour empêcher la faune sauvage de se faire piéger dedans).

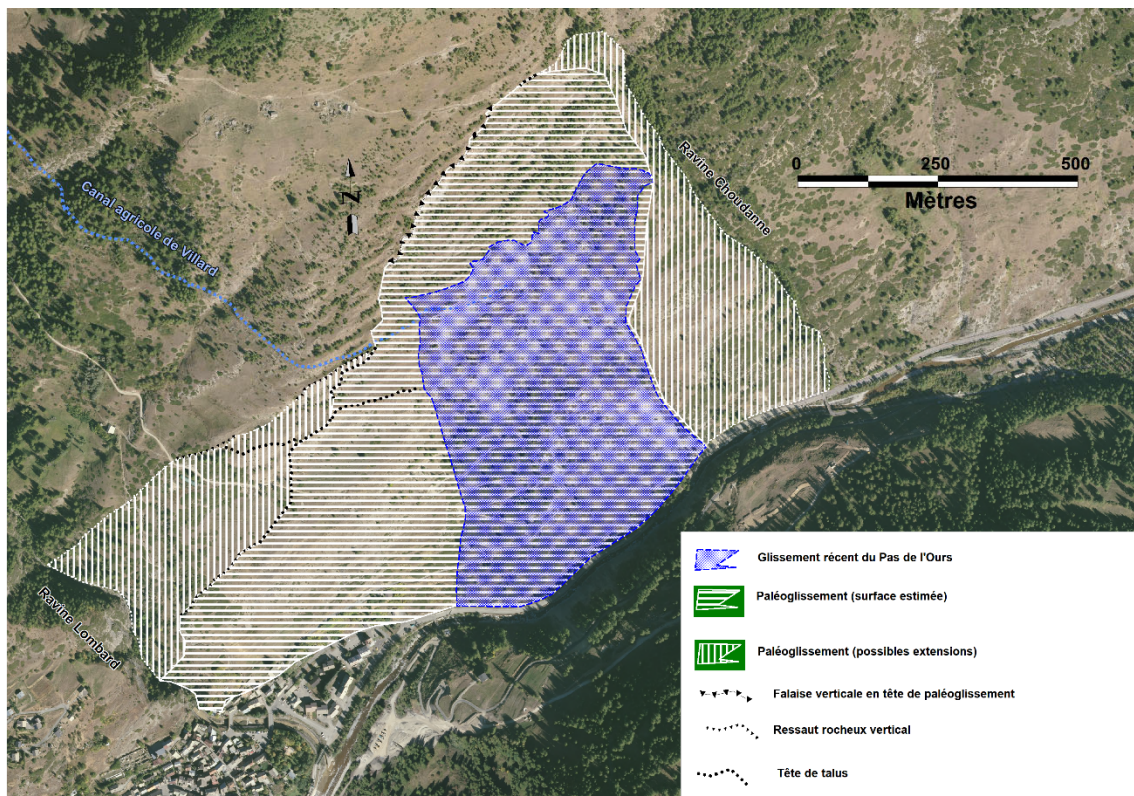


Figure 1 : Imbrication du glissement moderne du Pas de l'Ours dans le paléoglisserment éponyme

On notera enfin pour conclure que le paléoglisserment du Pas de l'Ours se trouve en opposition (Figure 2) avec le paléoglisserment présent sur l'autre rive du Guil de bien plus grande envergure, dit des Sagnières, avec en arbitre le Guil et sa capacité certaine bien que bornée d'incision et de transport torrentiel.

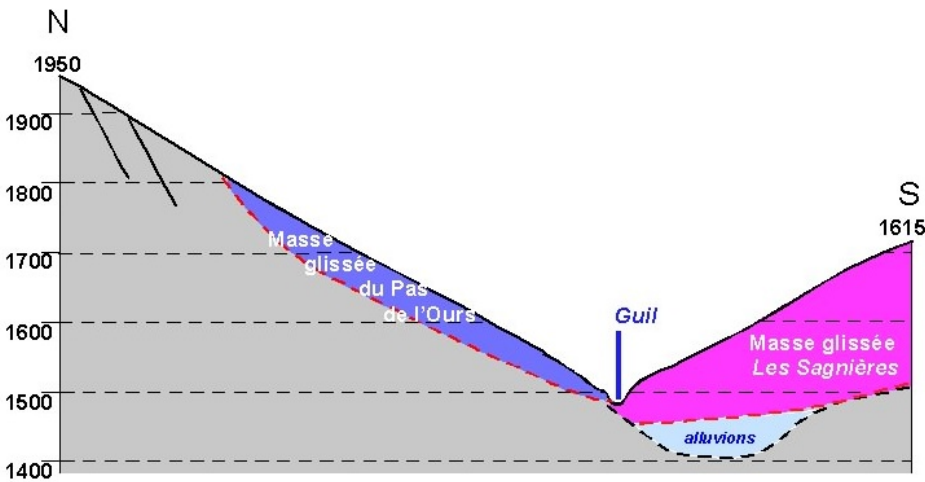


Figure 2 : Coupe de la vallée du Guil à hauteur du secteur du Pas de l'Ours (Rapport BRGM RP-72686-Fr)

Période Historique ancienne (jusqu'aux années 1940)

L'étude historique menée par Acthys (Denis Cœur, 2022) n'a pas permis d'identifier dans la zone de versant du Pas de l'Ours de mouvements de terrain d'ampleur sur la période contemporaine (post 1789) ni même de mentions ou de références de mouvements plus anciens¹. Par contre, dans le périmètre du glissement, l'usage du versant en bonne partie dévoué aux cultures agricoles de labours (abandonnées depuis) a pu être clairement étayé. Un des faits les plus marquants liés à cette activité agricole du versant est la présence d'un canal agricole à flanc de versant dit canal de Villard, qui détournait l'eau de la Ravine Lombard en amont, pour venir irriguer les cultures de versant à hauteur de l'actuel glissement du Pas de l'Ours (Figure 1). Des vestiges plus ou moins bien conservés de l'ouvrage ont été retrouvés sur le terrain : par endroits, ces vestiges montrent qu'après la fin de l'entretien de l'ouvrage, celui-ci s'est ponctuellement rompu. L'arrêt de l'entretien de cet ouvrage a probablement suivi l'abandon progressif des cultures et daterait sans doute du début du XX^{ème} siècle, ou de la période d'entre-deux guerres au plus tard. Le passage de cet ouvrage à hauteur de la tête du glissement actuel du Pas de l'Ours dans le compartiment ouest n'est sans doute pas fortuit et a probablement constitué un foyer déclencheur local d'instabilité qui se serait aggravé par la suite (tant en intensité qu'en étendue).

¹ Plusieurs zones de glissement (ou d'éboulement) situés ailleurs dans le Queyras (et même dans le Guillestrois), bien connus par ailleurs (Château-Queyras, Abriès, Arvieux, Molines-en-Queyras) ont été par contre bien inventoriés.



Figure 3 : traces résiduelles (replat) de l'ancien canal agricole de Villard, dans son état actuel

Période historique récente (anté 2014)

Dès les premières photos aériennes disponibles (1945), on constate qu'il existait déjà sur le Pas de l'Ours sous le paléoglisserment un escarpement en aval, correspondant à la tête d'un glissement de versant moderne historique (Figure 4). On note aussi des nettes traces de ravinement sur la bordure est du glissement (coté amont du Guil), suggérant la possibilité de coulées de boue ou sinon d'érosion torrentielle.

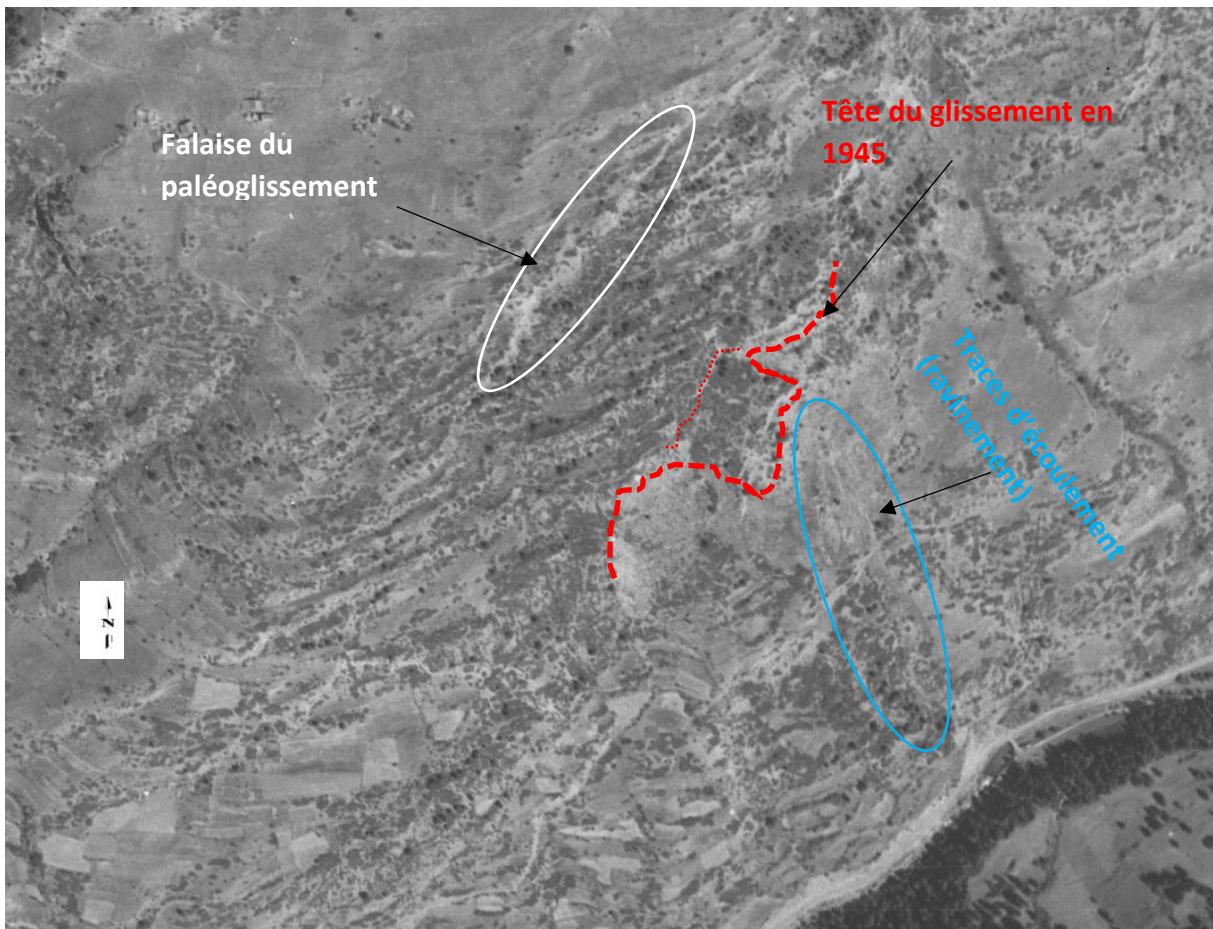


Figure 4 : Photo aérienne IGN du Pas de l'Ours de 1945 (remonterletemps.ign.fr)

Cette situation est encore plus nettement visible sur la photo aérienne de 1947 bien plus contrastée.

Figure 5 : Photo aérienne IGN du Pas de l'Ours de 1947 (remonterletemps.ign.fr)

L'examen successif des autres photos aériennes jusqu'à 2013 montre des changements et des évolutions du versant mais la qualité de contraste optique souvent médiocre et l'espacement irrégulier

et parfois importante entre 2 prises de vues ne permet guère d'avoir une idée très claire du déroulé des déformations du versant (notamment sur la période pourtant récente de 1980 à 1999).

L'évènement climatique exceptionnel à l'origine de la crue historique du Guil de 1957 n'avait pas uniquement durablement impacté que le fonds de vallée mais c'est l'intégralité des ravines qui ont été touchées, dont la ravine constituant la limite est du glissement dans le compartiment est (Figure 6)

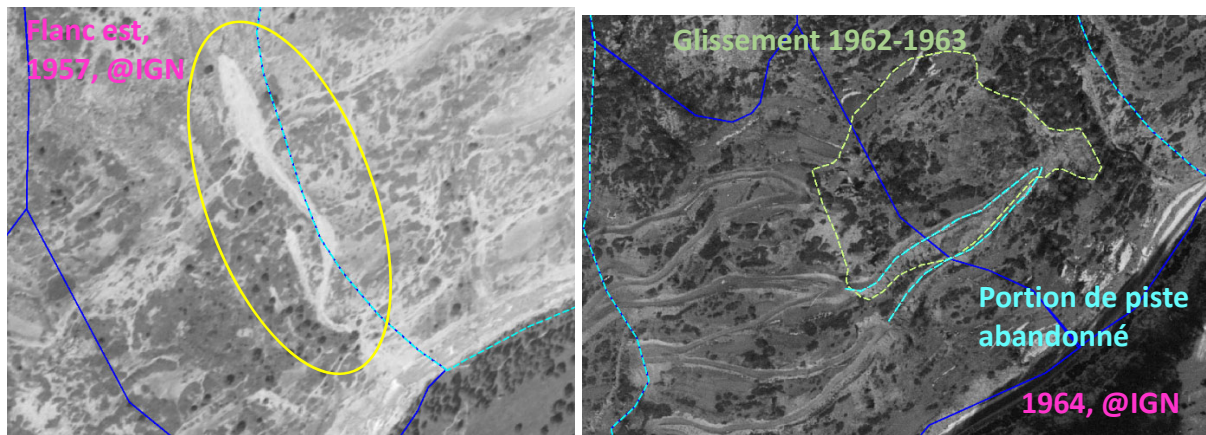


Figure 6 : Impacts visibles des évènements de 1957 et des années 1962-1963

Ces photos aériennes anciennes confirment aussi le seul évènement connu du versant survenu en 1962-1963 (Figure 6) juste après la création de l'actuelle piste forestière du Lombard en 1961, dans la partie de versant en tiers inférieur de versant. Du fait de cette instabilité, le nombre de virages en épingles à cheveux avait dû être démultiplié et avec abandon d'une partie du tracé originel situé le plus à l'est, située en pleine zone instable de versant.

Ce sont globalement les mêmes secteurs concernés en 1957 et 1961 dans le compartiment est qui seront ensuite à nouveau touchés jusque dans les années 1980 et même jusque dans les années 2000 (Figure 7). Dans le compartiment ouest, les zones d'éboulis et de versant dénudé en amont de la piste forestière montrent des signes d'évolution et d'élargissement progressif vers l'ouest au fil du temps

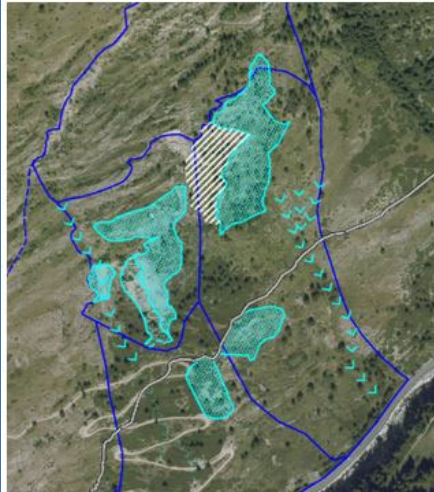
Sur cette figure 7, ont été reportés en bleu clairs les zones dénudées de versant liés aux éboulis. En hachuré blanc entre les deux futurs compartiments, il est constaté une zone en amont, stable non dénudé et épargné de tout signe de déformation manifeste visible pendant toute la période 1945 à 2013 (dernière photo avant la réactivation débutée en 2014). Cette zone en amont de versant semblant stable, serait a priori sous la tête de glissement et elle correspondrait donc plutôt à une masse déjà glissée mais restant non remobilisé.

Sur la RD947, on note dans le pied de versant à deux reprises (1992) et (2002) des poussées sur le talus routier amont, qui témoignent de phases d'activation ponctuelle du versant.

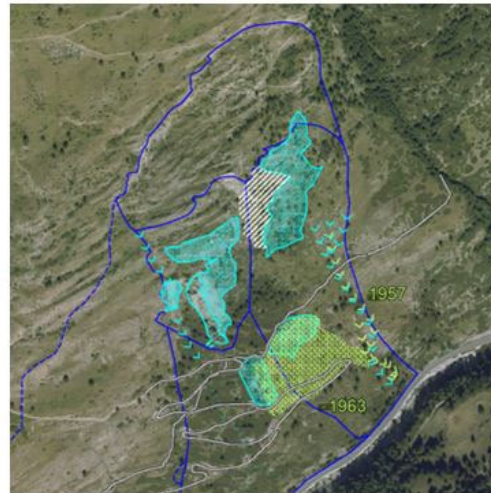
On note enfin à proximité de cette zone stable, un secteur ayant évoluant en tête de versant (sous le plateau sommitale), d'abord de manière modeste en 2009, puis s'étant largement étendu ensuite sur la prise de vue de 2013.

Évolutions entre 1947 et 2013

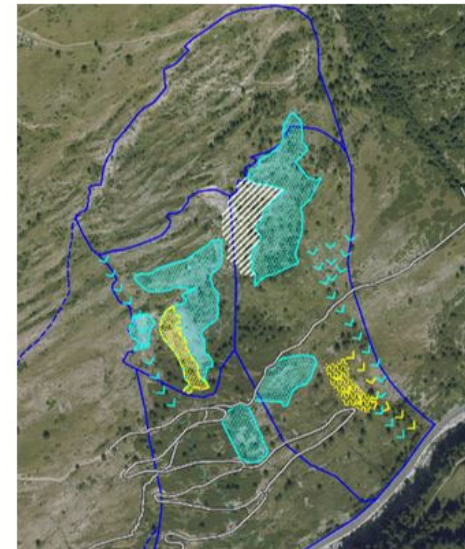
- De 1980 à 1999, images trop floues pour déceler quoi que se soit
- Pas de changement entre 2003 et 2009



Situation
initiale, 1947



Mi étape, 1964



En 1980
(désordres entre 1969
et 1980)



Derniers changements
connus avant la crise

Figure 7 : un versant pas si tranquille que cela : évolutions constatées sur les photos aériennes sur la période 1945 à 2013

Sur ce dernier intervalle de temps (2009-2013) est apparu également au-dessus de la tête de paléoglisserment un nouvel entonnoir de sous-tirage (Figure 8). Un autre entonnoir assez similaire et d'autres zones de sous-tirage plus anciens sont également présentes au-dessus de la tête de plaéoglisserment mais ce dernier venu reste le plus important en profondeur (pas d'aggravation manifeste entre 2021 et 2023 de ce point).



Figure 9 : entonnoir de sous tirage apparu entre 2009 et 2013 (photo 2021)

Cet entonnoir récent a été retenu comme l'un des points d'injection pour l'opération de multi-traçage hydrogéologique mais il n'a donné lieu à aucune signe même fugace et non confirmé de restitution.

Examen des évènements lors des années 2014 à l'été 2018

La chronique détaillée des évènements est donnée à la fois par le rapport SAGE et aussi par la synthèse faite par la RTM05. Les évènements se déroulent en deux temps, une phase de démarrage (d'amorce de la réactivation, préparatoire à la crise paroxysmale d'activité (2014 à l'hiver 2016-2017) puis la crise proprement dite de février 2017 à l'été 2018.

Les données de monitoring liés à cette seconde phase n'ont pas pu être recueillies, analysées traitées et exploitées, à quelques rares données éparses près.

On notera (et c'est bien normal) que l'essentiel des observations et données acquises de suivi concerne la zone de glissement moderne réactivé, visible depuis le fonds de vallée et pas ou peu la partie du plateau sommitale sur laquelle seules quelques rares visites semblent avoir été faites (avec reconnaissance aussi au moins partiel par les vols drone réalisés).

En attendant que ce travail de valorisation initialement prévu dans MIROIR puisse être menée à l'occasion d'une occasion ultérieure à venir, on s'est limité ici à une comparaison des orthophotos aériennes IGN de 2013 et de 2108 qui donnent quelques valeurs quantitatives de l'évènement de réactivation majeure du versant.

C'est surtout en tête de la zone instable de glissement que des différences entre les prises de vue des orthophotos 2013 et 2018 peuvent être observées et que les évolutions survenues due à la réactivation du glissement peuvent être constatées (Figure 10 et 11). C'est dans le compartiment ouest que l'extension en amont du glissement par régression est la plus marquée. Et comme c'est aussi dans le même compartiment ouest que les hauteurs d'arrachement sont marquées (au plus 10 m en tête dans le compartiment est contre 10 à 40 m dans le compartiment ouest, les nouvelles masses mobilisées tête y sont encore en termes de volumes.

Rien que l'examen comparative des photos suffit à montrer des déformations en aval dans le plateau sommital, ainsi bien non épargnée par les mouvements de terrain, la zone ponctuelle ainsi décelée en mouvement étant située au droit de la zone de régression amont survenue entre 2009 et 2013 (effet différé de cet évènement antérieur à la crise 2014-2018 ??). On est ainsi déjà en droit de s'interroger sur l'implication plus ou moins marginale mais vraisemblable et significatif du plateau sommital dans ou après les évènements de 2014-2018, zone tout particulièrement étudiée dans le cadre du projet Miroir.

Examen des évènements post crise et toujours en cours

Au-delà de l'été 2018, les évènements survenus restent relativement rares et limitée par rapport à la période précédente mais ils en demeurent pas moins la preuve que le glissement reste en cours, certes à un rythme largement ralenti mais toujours non stabilisée et susceptible de se réaccélérer si les conditions climatiques devaient amener à fortement se dégrader dans l'intensité et/ou la durée.

C'est logiquement dans le compartiment le plus réactif, celui de l'Est, que le ralentissement aurait été le plus marqué et rapide, au point de ne pas pouvoir trouver de signalement d'évolutions attestées sur la zone, après le printemps 2018.

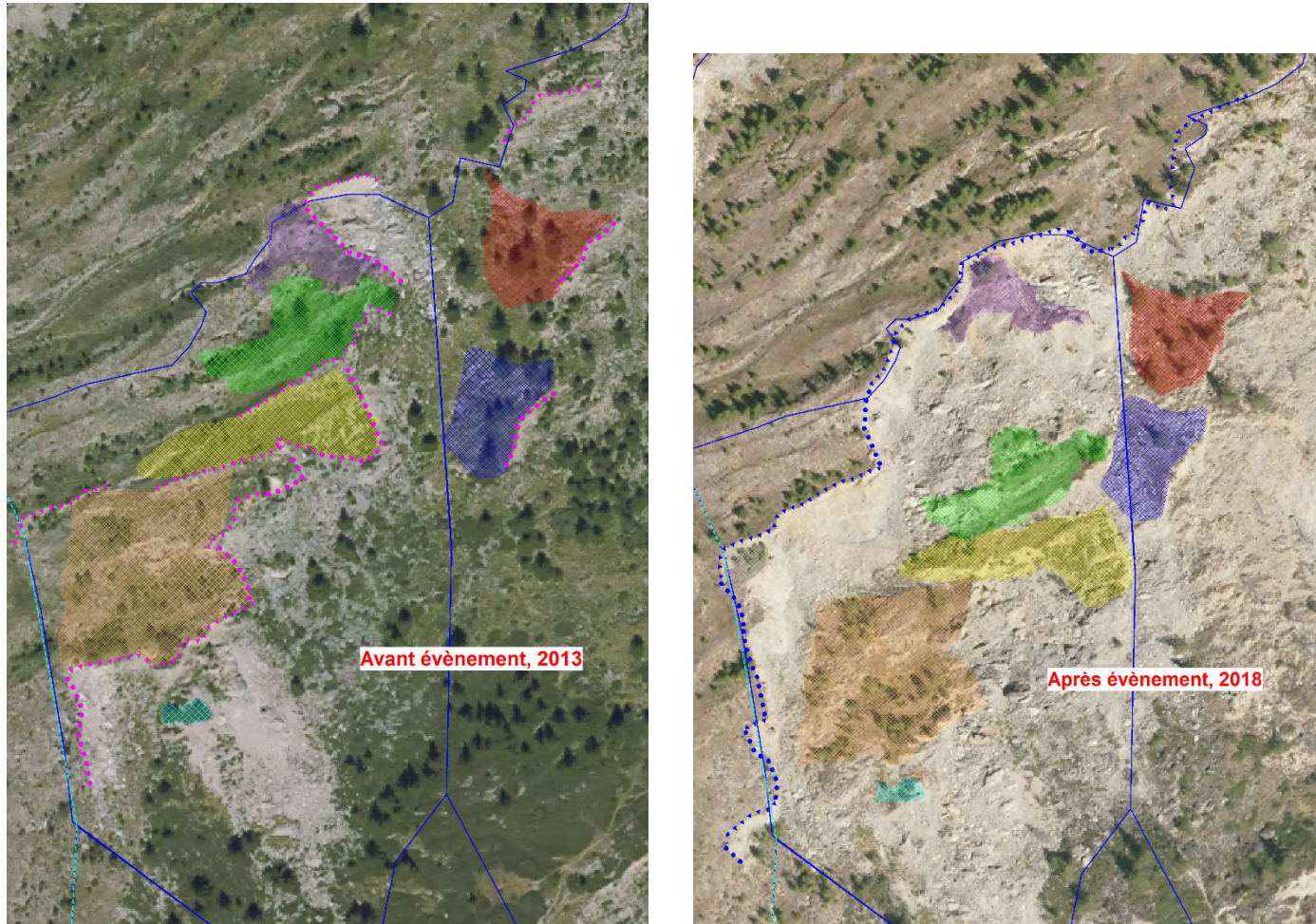


Figure 10 : Évolutions de la zone de glissement du Pas de l'Ours entre 2013 et 2018

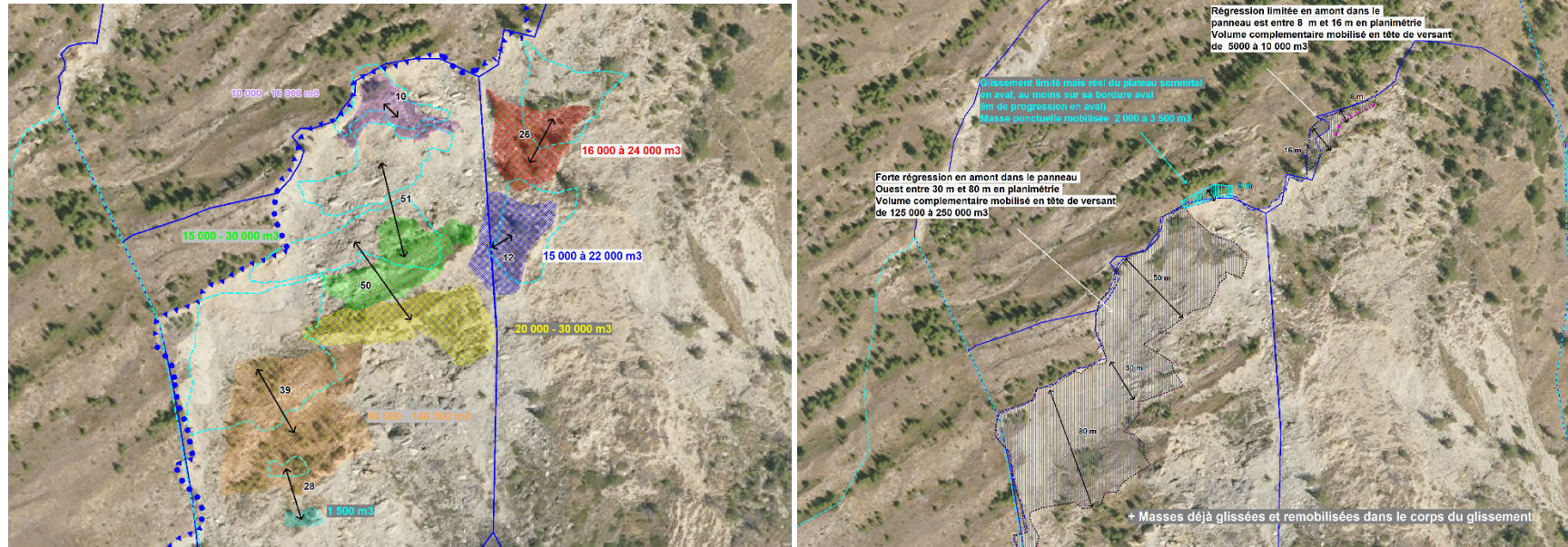


Figure 11 : Extension en amont de la zone de glissement du Pas de l'Ours entre 2013 et 2018

Dès l'arrivée sur le site pour le projet MIROIR en fin de fonte nivale au printemps 2020, aucun signe d'écoulement résiduel en cours ou passé mais montrant encore avec des traces résiduelles de fraîcheurs n'avait été observé en pied de versant (un seul indice de résurgence/suintement, mais sans fraîcheur apparente, avait été décelé). Par contre, possiblement en tête du compartiment est (la zone frontière n'étant pas aussi bien cernée que pour le compartiment ouest) et surtout en zone sommitale juste en amont, il a été observé, par contre délimitée de manière plus ou moins floue, qu'une activité résiduelle perdure dans cette portion de versant.

À l'opposé, un mouvement aussi lent et régulier (donc de type fluage) persiste dans le compartiment ouest, observée dans sa partie ouest, surtout sur la piste forestière du Lombard (formation en continu de marches de décrochement, rabotées annuellement pour maintenir possible la circulation automobile des véhicules autre que les 4 * 4), ainsi qu'en pied de versant (endommagement s'aggravant très lentement sur la chaussée bitumée de l'ancien tracé de la RD947 aujourd'hui fermé).

Ce mouvement régulier a été mesuré lors d'un test d'installation provisoire en doublon pendant l'été 2021 (pour restitution en stéréo) d'un radar par le BRGM (dans le cadre des projets européens PITEM), avec dès le début du suivi, une mise en évidence (figure 12) d'une accélération passagère du fluage entre le 14 et le 21 juin 2021 suite à un court épisode pluvieux (55 mm du 06 au 1 juin 2021). La zone où l'accélération passagère a été observé à son maximum est située (figure 13) dans le compartiment ouest jusqu'au dessus de la tête de glissement, à hauteur d'une faille en train de s'ouvrir



Figure 12 : accélération ponctuelle du fluage (à son maximum), passant d'un affaissement de 0,02 mm/jour à 1 mm/jour



Figure 13 : Localisation de la zone ponctuellement accélérée en juin 2021 avec prise de vue photo correspondante depuis un survol drone faite par le PNRQ (fissure non présente en 2018)

Une chute de bloc de 0,6 m³ environ survenu en mars 2020, stoppée sur la piste forestière dans sa portion la plus amont, témoigne aussi que des déformations ont bien lieu aussi plus en amont dans le compartiment ouest, suffisante pour y remobiliser un des blocs présents au seul des masses glissées et éboulis anciens.

L'ensemble de ces évènements constatés dans le compartiment ouest est reporté sur la figure 14.

Tant la reconnaissance terrain in situ que l'observation aisée depuis le versant opposé n'a pas permis de mettre en évidence pendant la période du projet MIROIR d'autres signes de mouvements ponctuels dans ces compartiments est et ouest.

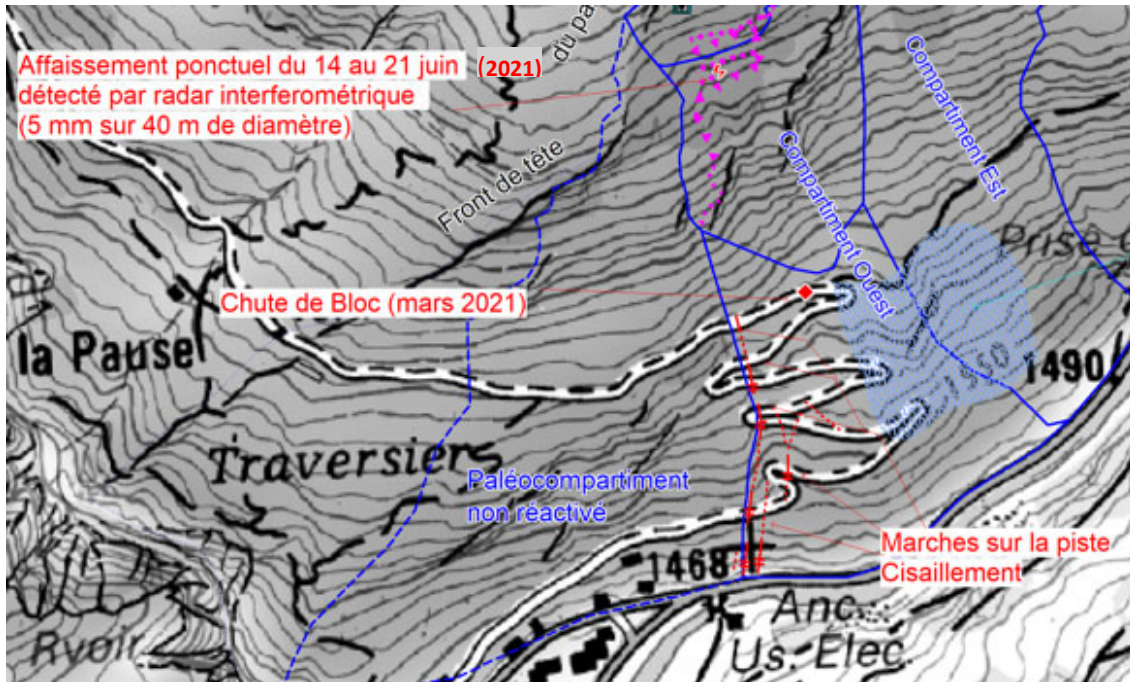


Figure 14 : ensemble des évènements ponctuels observés dans le compartiment ouest entre 2021 et début 2023

On reste par contre peu documenté sur la vitesse avec laquelle le glissement est passé d'une activité résiduelle encore forte et apparente en fin de printemps 2018 à la cinématique résiduelle observée au printemps 2020 qui a montré une certaine constance apparente pendant toute la durée du projet MIROIR jusqu'au moins l'hiver 2023. Cette constance apparente fait au moins écho avec un état de sécheresse constant en surface du sol dans toute la zone du glissement du printemps 2020 jusqu'aux neiges de la fin 2022.

Mais depuis 2021, c'est dans le compartiment sommital a priori peu reconnu (qu'épisodiquement) et encore moins décrit, que des signes de déformations récentes du glissement toujours en cours (dans la continuité de l'implication suspectée du plateau sommitale dans la période 2014 à 2018) sont les plus visibles. C'est dans le chapitre dédié suivant, sur la reconnaissance et la cinématique du plateau sommitale que seront détaillés l'évolution actuelle de ce compartiment supérieur.

Alors que le projet MIROIR s'achevait, des signes de reprise d'activité plus flagrante y ont été décelés à la fin mai 2023 (confirmé ensuite en septembre 2023).

Il n'y a guère que la Source des Eyglies, alors sans doute proche de son assèchement où la hausse est sensible (elle rebaissera bientôt assez significativement lors des premières neiges de début Novembre 2022 comme on le verra plus bas).

Plateau sommital

Ce qui surprend d'entrée de jeu lors des premières reconnaissances du plateau sommital, c'est la présence (Figure 15) en nombre, tant d'entonnoirs de sous-tirage (pertes) que des longues fissures au sol perpendiculaires à la pente (Figure 16).

Outre le nombre, c'est l'ancienneté de ces formes qui apparaissent, à de rares exceptions près comme anciennes (d'avant 2014) même si une réactivation plus récente pour une partie d'entre elles est suspectée (au regard des branchages déposés) en Figure 17, voire confirmée pour certaines par des passages successifs entre 2021 et 2023 (Figure 18).

On constate que ces indices ne se limitent pas qu'au plateau sommital, avec extension dans les pourtours, tant en amont de la zone de paléoglisserment, ou en aval à hauteur de la tête de glissement tant en compartiment est que compartiment ouest.



Figure 15 : pertes et fissures d'allure ancienne sans signes de réactivation récente

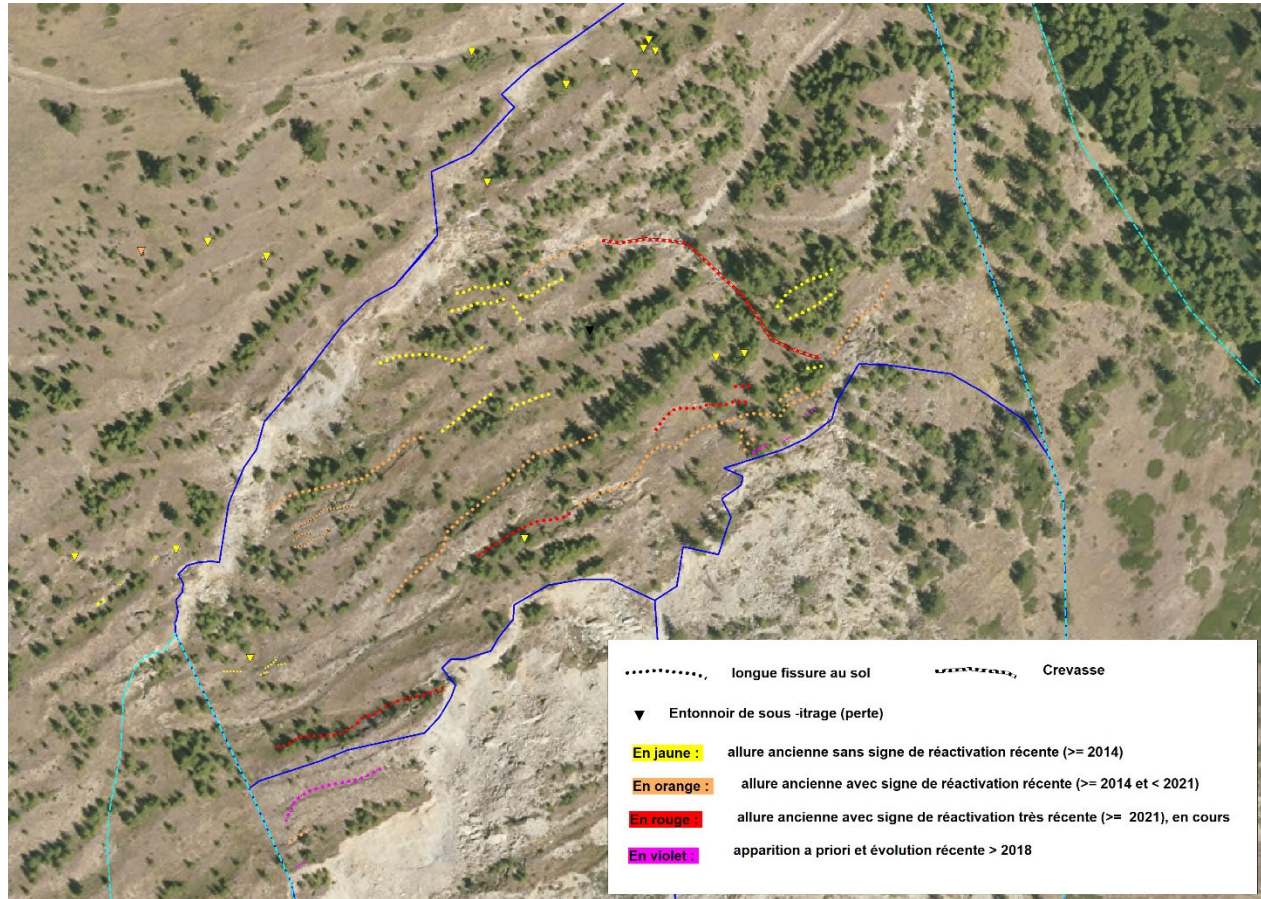


Figure 16 : indices géomorphologiques levés in situ dans le plateau sommital et ses abords



Figure 17 : pertes et fissures d'allure ancienne avec signe suspectée de réactivation récente (> 2014)



Figure 18 : pertes et fissures d'allure ancienne montrant des signes d'évolution depuis 2021.

Une autre des observations majeures est l'organisation du plateau sommital en paliers ou gradins étagés (figure 19), qui suivent le pendage des schistes lustrés à l'aval plongeant vers l'ouest. La falaise vive en tête du paléoglisserment croit également régulièrement en altimétrie vers l'est, mais à un autre gradient que le pendage des couches ou de l'altimétrie en tête du glissement moderne. De ce fait, le

dénivelé total du plateau sommital croit fortement depuis son flanc est, en allant sur son flanc ouest où le nombre d'étages successifs est bien plus conséquent et nombreux.

On note aussi dans la partie centrale et dans le tiers inférieur du plateau sommital, au moins deux paliers en contre pente (reliquat suspectée de bascules rotationnelles au sein de panneaux de versant héritées du paléoglisement ??) avec un endoréisme caractéristique présent (végétation humide, fissure au sol favorisant l'infiltration des eaux piégées).



Figure 19 : versant du plateau sommital découpée en pertes et fissures d'allure

Dès 2021, il a été d'abord suspecté puis confirmé à hauteur de la zone de crevasse en partie basale (Figure 18 et Figure 20) des déformations visibles de la surface, avec un accroissement de l'ouverture de la crevasse, un approfondissement de cette crevasse se propageant ensuite sur sa terminaison aval côté ouest et une dislocation progressive des terrains immédiatement aval qui avait un profil de versant régulière, avec apparition de zones s'enfonçant davantage qu'ailleurs (Figure 19).

Cette évolution a été confirmée en 2022 et les terrains plus à l'ouest (autour d'un petit vallon) se sont eux aussi confirmés comme se disloquant, avec aggravation des fissures au sol préexistantes (figure 21). Mais plus à l'ouest les terrains ne montraient pas de signes de déformations du sol, notamment dans un espace endoréique crevassée mais sans décrochement verticale entre portions voisines. Par contre, en 2023, après un hivernage beaucoup moins sec (précipitations proches des normales, même ce secteur a été retrouvé comme étant aussi évolutif à son tour (Figure 22 et Figure 23).

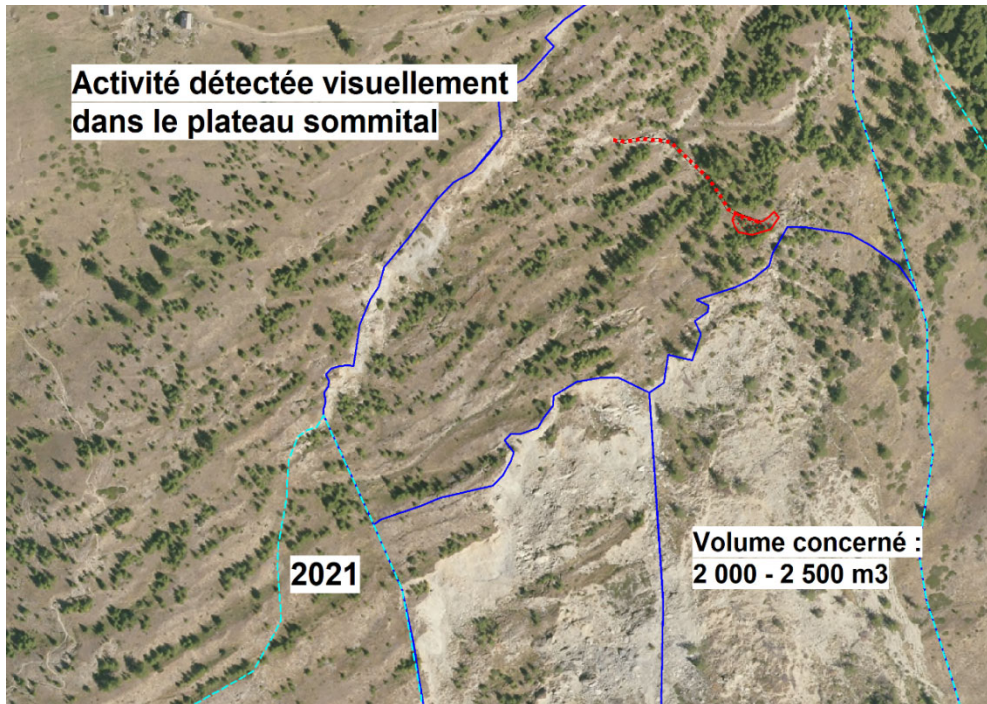


Figure 20 : activité constatée en 2021 sur le plateau sommital

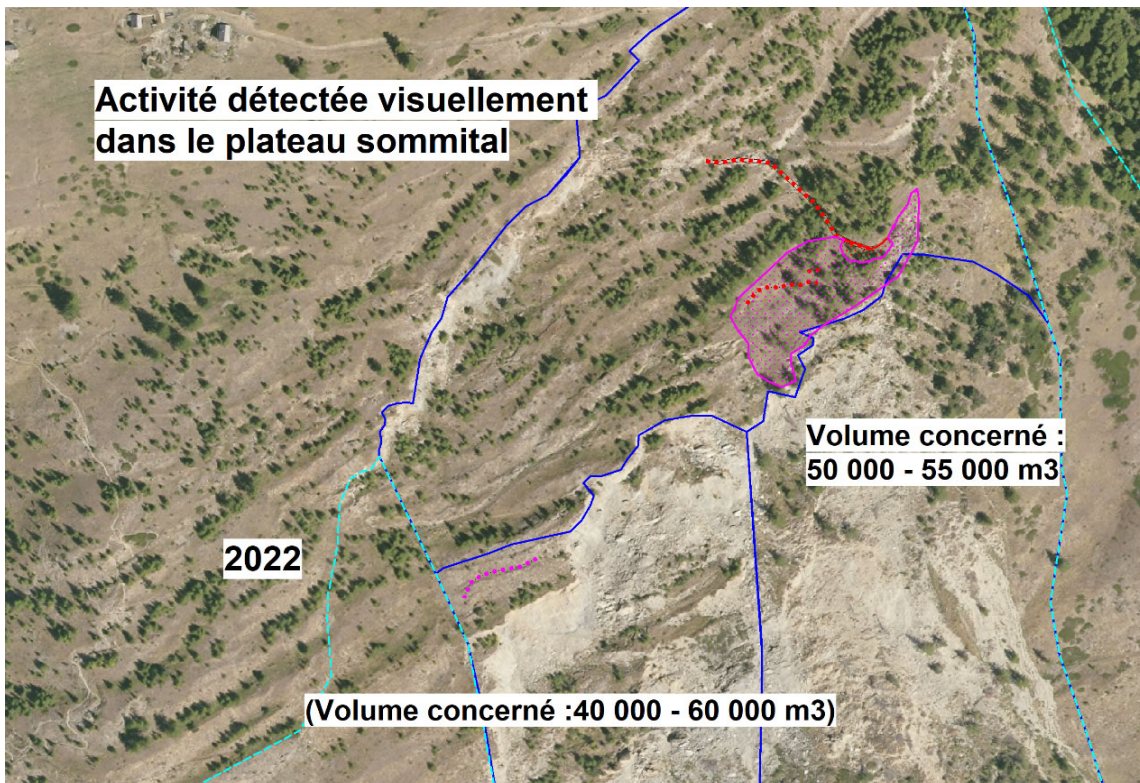


Figure 21 : activité constatée en 2022 sur le plateau sommital



Figure 22 : secteur de crevasses sans activité observée en 2021 et 2022 mais significativement évolutif en 2023

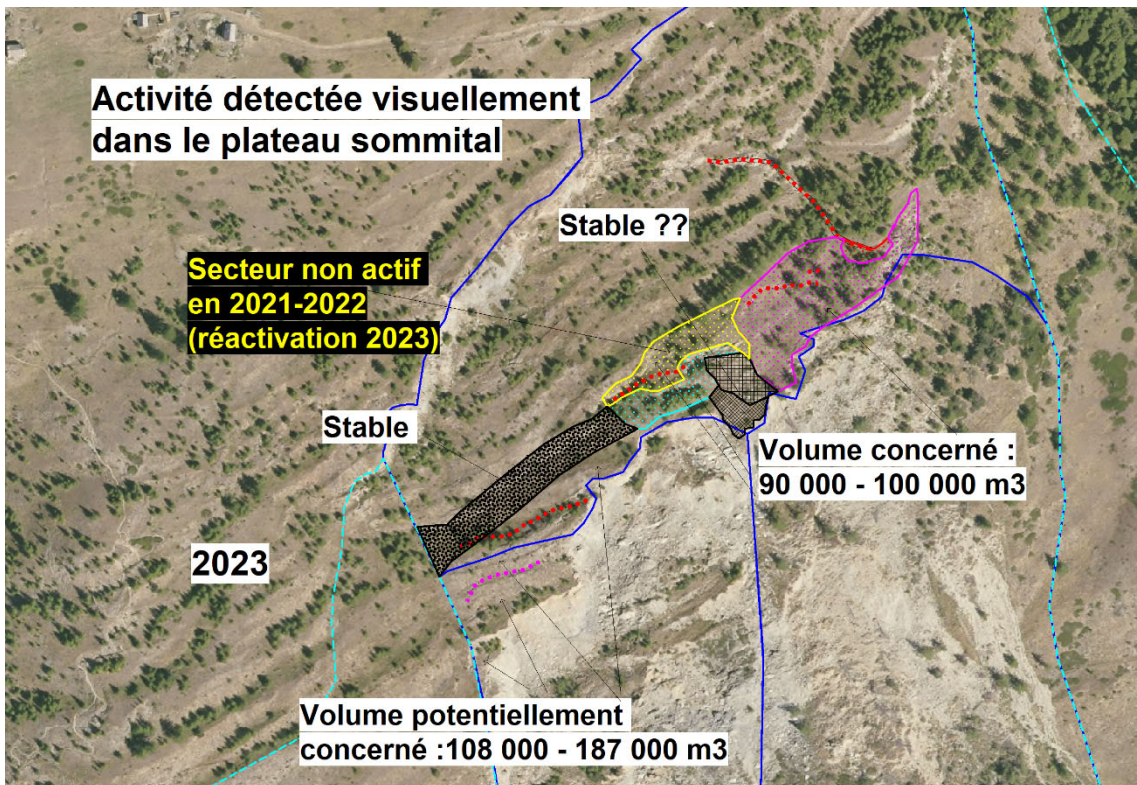


Figure 23 : activité constatée en 2023 sur le plateau sommital

Scénarios de risque

Le glissement du Pas de l'Ours reste donc évolutif notamment sur la zone de tête de glissement mais aussi dans le compartiment ouest en fluage ininterrompu depuis plusieurs années. Il n'est donc toujours pas stabilisé, possiblement réactivable en plus ou moins grande partie dans un versant largement fragilisé depuis 2018

Étant donné l'évolution observée récemment du glissement mais aussi des variations climatiques possibles, plusieurs scénarios de risques d'intensité croissante peuvent être formulés pour les années à venir pour en apprécier les possibles conséquences et s'y préparer, sachant d'ailleurs que ces scénarios pourraient même pour partie s'enchaîner en cas d'épisodes climatiques croissants et rapprochés. En cas de survenue d'un de ces scénarios, il restera néanmoins à réévaluer à l'issue de celui-ci les suites possibles attendus les plus probables en réactualiser les scénarios de risques.

Trois scénarios d'ampleur croissante sont intimement dépendants de conditions climatiques d'ampleur croissant et donc à probabilité décroissante.

Ces trois scénarios considérés sont les suivants:

- Scénario 1 : mouvement +/- limité en volume et étendue concerné, dans un contexte climatique plus défavorable que l'actuel mais guère éloignée;
- Scénario 1bis : intermédiaire entre le scénario 1 et le scénario 2. C'est surtout les volumes en jeu, qui diffère du scénario 1;
- Scénario 2 : remobilisation +/- complète du versant avec aggravation attendu par rapport à la période 2017-2018. Ce scénario sous-entend des conditions climatiques très dégradées (type 1957 ou équivalent).



Avec le soutien de



FONDS NATIONAL D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT DU TERRITOIRE Massif des Alpes

EN PARTENARIAT AVEC LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Scénario de risque n°1

Ce premier scénario consiste en une réactivation significative mais limitée aux zones actuellement observées comme toujours actives, notamment autour de la tête de glissement du Pas de l'Ours (figure 24).

Les caractéristiques plausibles les plus attendus de ce scénario seraient (figure 24) :

- Départs ponctuels, notamment en tête de glissement ou dans les compartiments actifs du plateau sommital, avec propagation limitée et cantonnée dans le corps amont du glissement ;
- Associé à ces départs à venir mais aussi de manière différée aux événements de 2017-2020/18, petite régression possible en amont de l'escarpement principal de la tête de glissement ;
- Remobilisation ponctuelle avec déplacement très réduite des masses déjà glissées au sein du corps de glissement, restées en équilibre précaire.

D'un point de vue déclenchement, il ne serait pas forcément nécessaire d'avoir des conditions climatiques très dégradées à savoir, soit des épisodes pluviométriques d'intensité moyenne (intensité au pic et/ou dans la durée) dans un versant qui se serait déjà partiellement resaturé, ou des pluies d'intensité élevée (sans être exceptionnelles) dans un versant resté encore assez sec.

Les conséquences d'une telle remobilisation (figure 24) resteraient avant tout confinés à la zone de glissement avec des propagations dans le corps du glissement de volumes pouvant atteindre jusqu'à 40 000 à 100 000 m³ depuis la tête de glissement dans le pire des cas, s'étalant plus en aval au sein des masses déjà glissées. De même une petite portion des masses glissées déjà présentes dans le corps de glissement et dans un état d'équilibre plus ou moins précaire pourraient alors aussi se remobiliser mais pour des propagations en aval sans doute encore plus limitées que depuis la tête de glissement. Il est par contre à craindre des remobilisations de plusieurs blocs rocheux actuellement stoppés dans le glissement et qui pourraient donner à des propagations rapides et longues, sortant du glissement et pouvant affecter la piste forestière du Lombard et/ou la rivière Guil en contrebas

Sans conditions climatiques préalables, un départ ponctuel unique reste déjà possible à tout instant, pour lequel les conséquences seraient au pire identique à celui de ce scénario (notamment en terme de remobilisation de blocs avec propagation possible au delà du périmètre du glissement de versant).



Géosciences pour une Terre durable

brgm



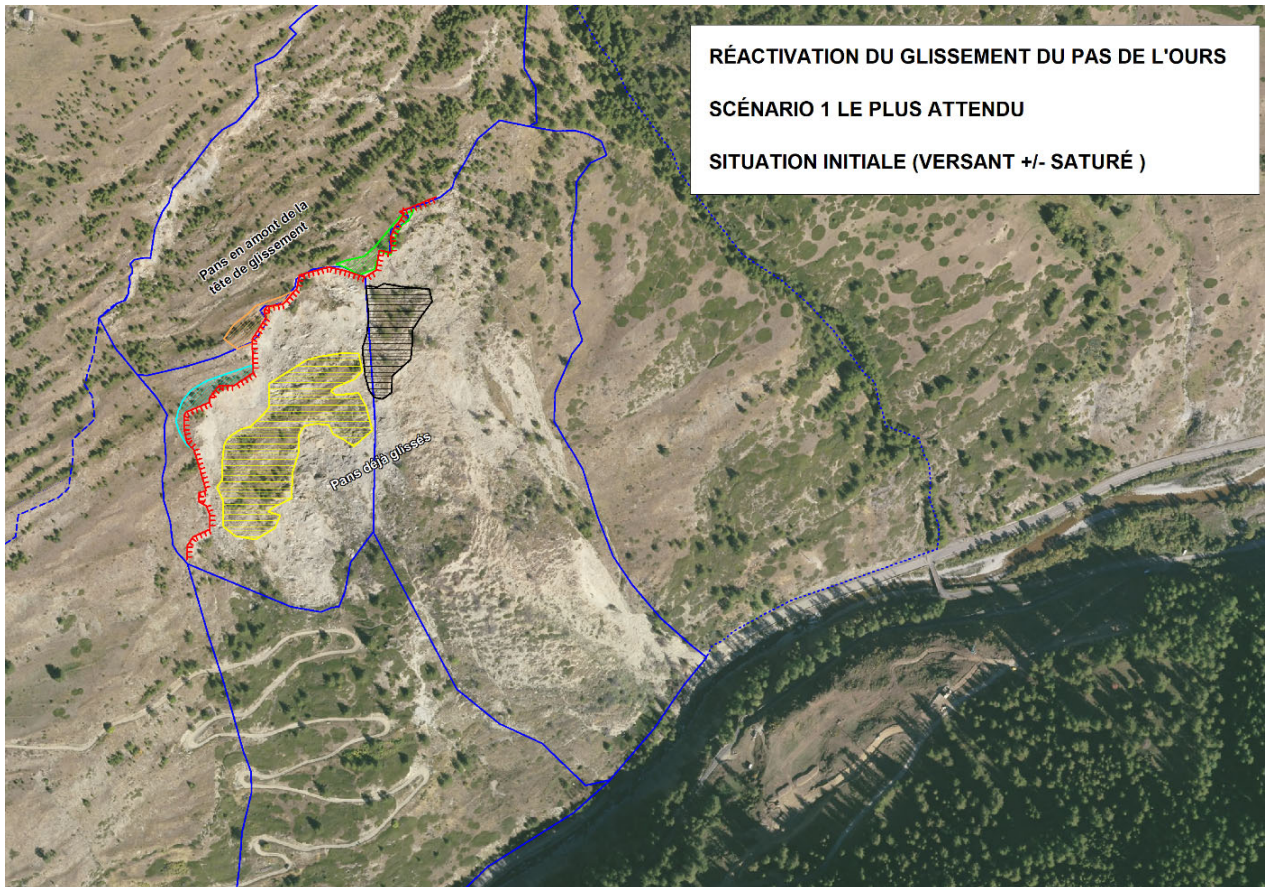


Figure 24 : scénario n°1 en le plus attendu de réactivation du versant depuis la tête de glissement

Une plausible accélération au moins temporaire de la vitesse de fluage du compartiment ouest pendant le scénario ou peu après reste possible, avec deux conséquences principales possibles,

- accentuation des marches de cisaillement observés sur la piste forestière du Lombard en partie basse ;
- augmentation des risques de remobilisation des blocs situés dans les masses glissées de la partie haute.

Le fluage actuel (à un rythme observé plus ou moins stationnaire) concernerait une masse estimée de 1,2 à 2 Millions de m³.

Après évènement, il y aurait un retour relativement rapide vers un état de stabilité proche de celui existant avant réactivation. L'évènement d'un tel scénario ne devrait pas fragiliser davantage le versant, qui conserverait sensiblement le même état d'instabilité et de comportement dynamique.

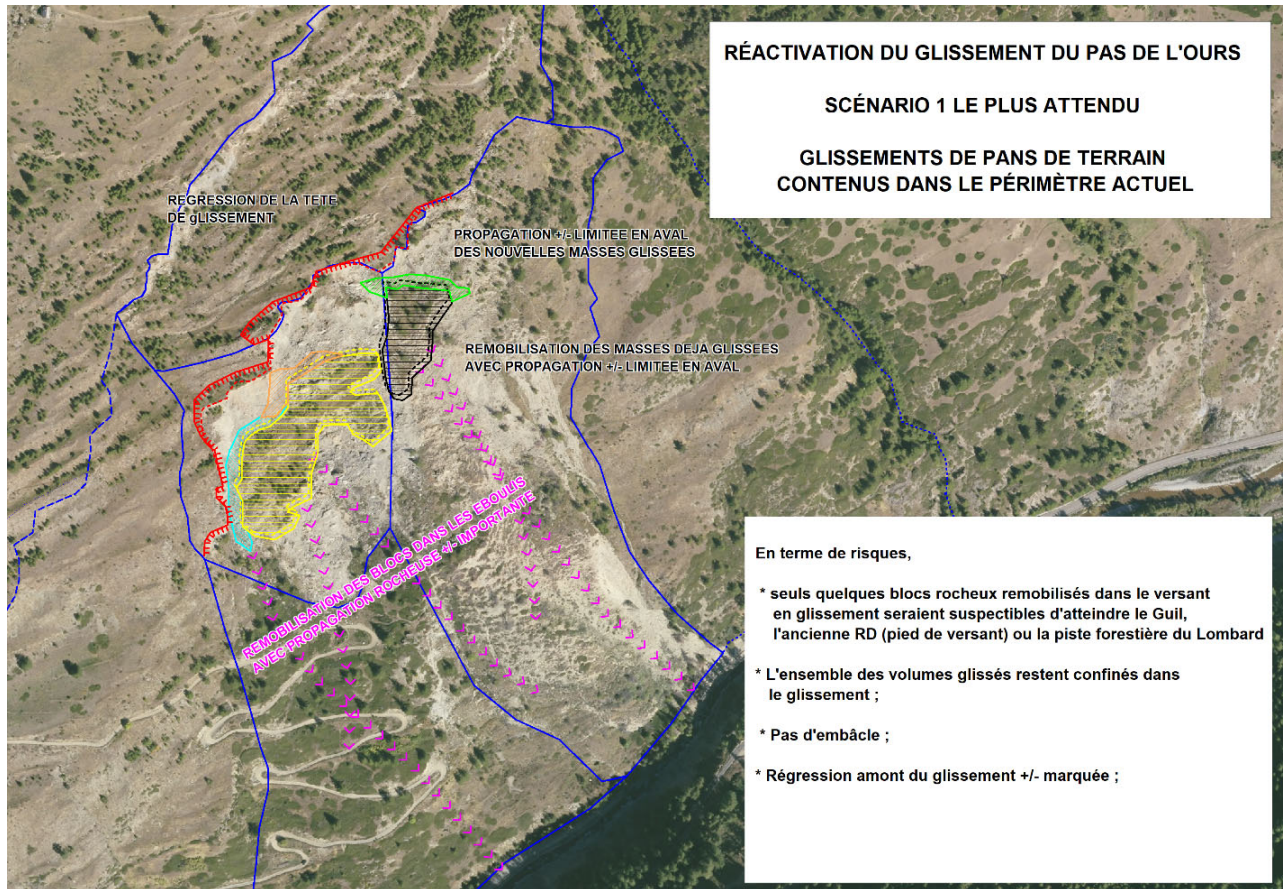


Figure 25 : impacts du scénario n°1 de réactivation ponctuelle du versant

En cas de réactivation plus importante du versant que le scénario n°1, on peut s'attendre à une réactivation du versant qui ne sera pas homogène partout, entre compartiment est et ouest, entre tête de glissement et pied de glissement, secteur avéré comme actif ou semblant plus résistant

Afin de pouvoir quantifier les volumes en jeu dans les scénarios 1bis et 2, Le glissement a donc été découpé en zones homogènes pour lequel un % de réactivation plausible a été évalué à dire d'expert pour chacun de ces deux scénarii (figure 26). Ainsi en considérant une telle graduation de la remobilisation partielle du corps de glissement (notamment sur le scénario 1bis), les volumes totaux en jeu sont dans des fourchettes de valeurs un peu plus étroites et l'ordre de grandeur des volumes globaux ainsi déterminés devrait au final être un peu mieux représentatif.

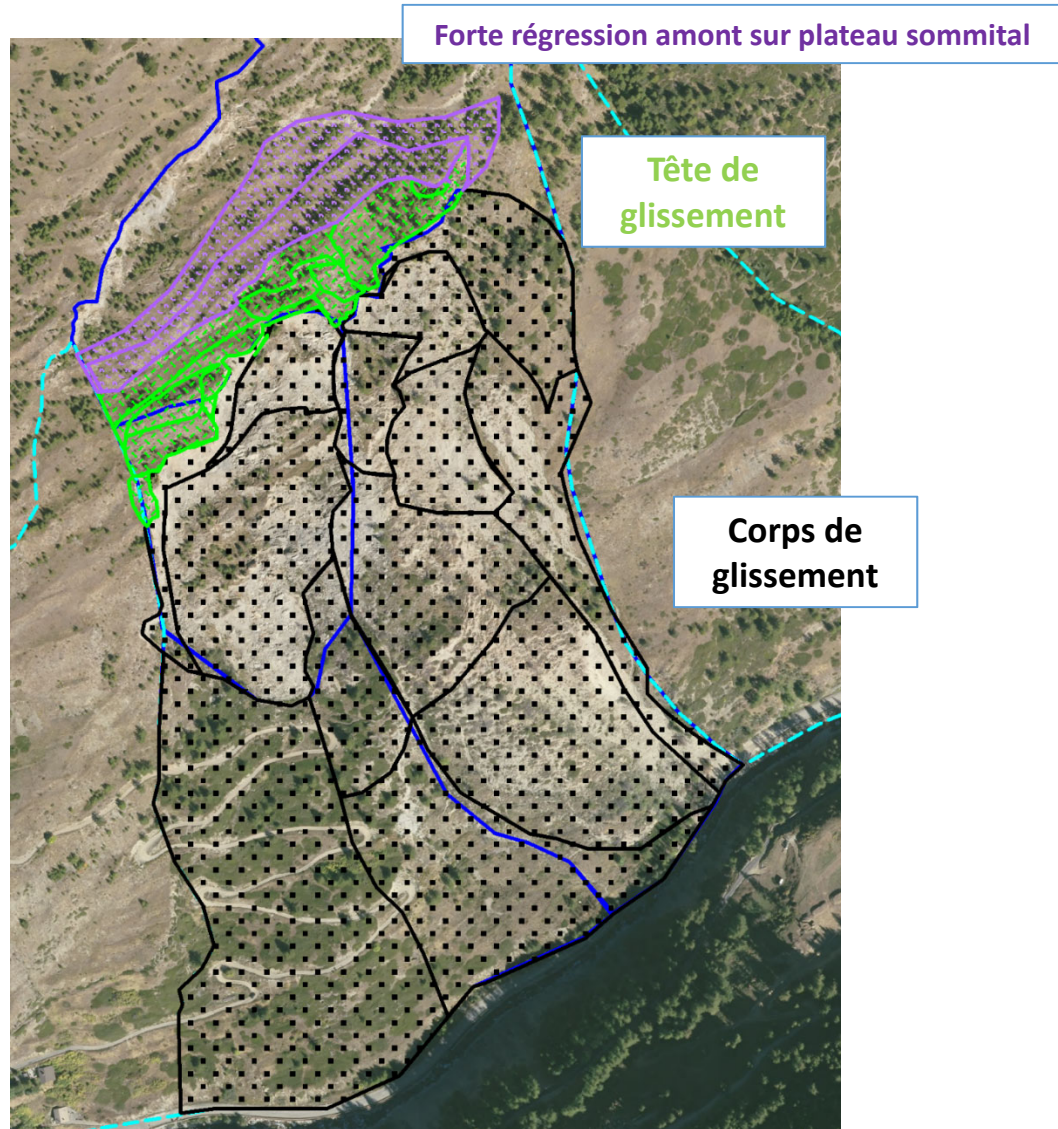


Figure 26 : sectorisation du versant du Pas de l'Ours en cas de réactivation

À noter que cette sectorisation s'étend en amont par régression dans le plateau sommital, de manière marginale dans le scénario1bis mais bien plus dans le cas du scénario 2 de remobilisation généralisée du versant.

Scénario de risque n°1bis

Ce scénario intermédiaire implique une réactivation plus étendue, y compris dans les masses du corps de glissement jusque dans la partie inférieure de versant.

Les caractéristiques plausibles les plus attendus de ce scénario seraient (figure 27) :

- Départs attendus, notamment en tête de glissement ou dans les compartiments les + actifs du plateau sommital ;
- Régression amont dans le plateau, propagation +/- importante mais qui reste cantonnée dans le corps du glissement ;
- Premières coulées de boues ;
- Remobilisation ponctuelle avec déplacement plus ou moins importantes des masses déjà glissées du corps de glissement (y compris en partie basse).

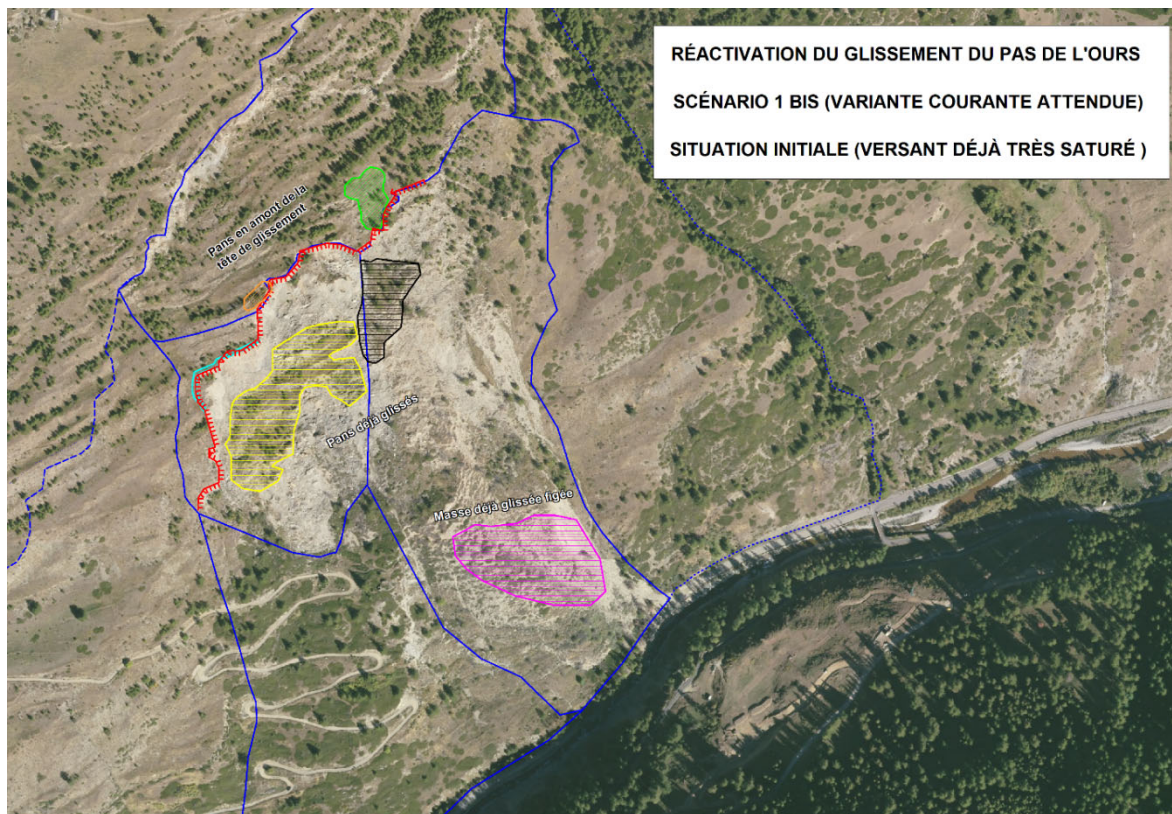


Figure 27 : scénario n°1bis de réactivation partielle du versant

D'un point de vue déclenchement, il serait nécessaire d'avoir des conditions climatiques bien dégradées dans la durée ou dans l'intensité (type retour d'est), dans un versant qui se retrouvera au final déjà largement resaturé au moment de sa réactivation.

Scénario de risque n°2

Ce scénario correspond à une remobilisation généralisée et plus ou moins complète du versant.

Les caractéristiques plausibles les plus attendus de ce scénario seraient (figure 29) :

- Remobilisation +/- complète du glissement actuel avec nette régression amont dans le plateau sommital et abords ;
- Propagation parfois importante avec crainte de sortie en masse au-delà du glissement actuel dans le Guil (avec risque d'embâcle puis ensuite de rupture d'embâcle) et sur la piste forestière des Lombards ;
- Situation paroxysmale identique voire aggravée par rapport à la crise 2017-2018.

Un tel scénario extrême serait dès son démarrage vite synonyme d'une réactivation de la cellule de gestion de crise.

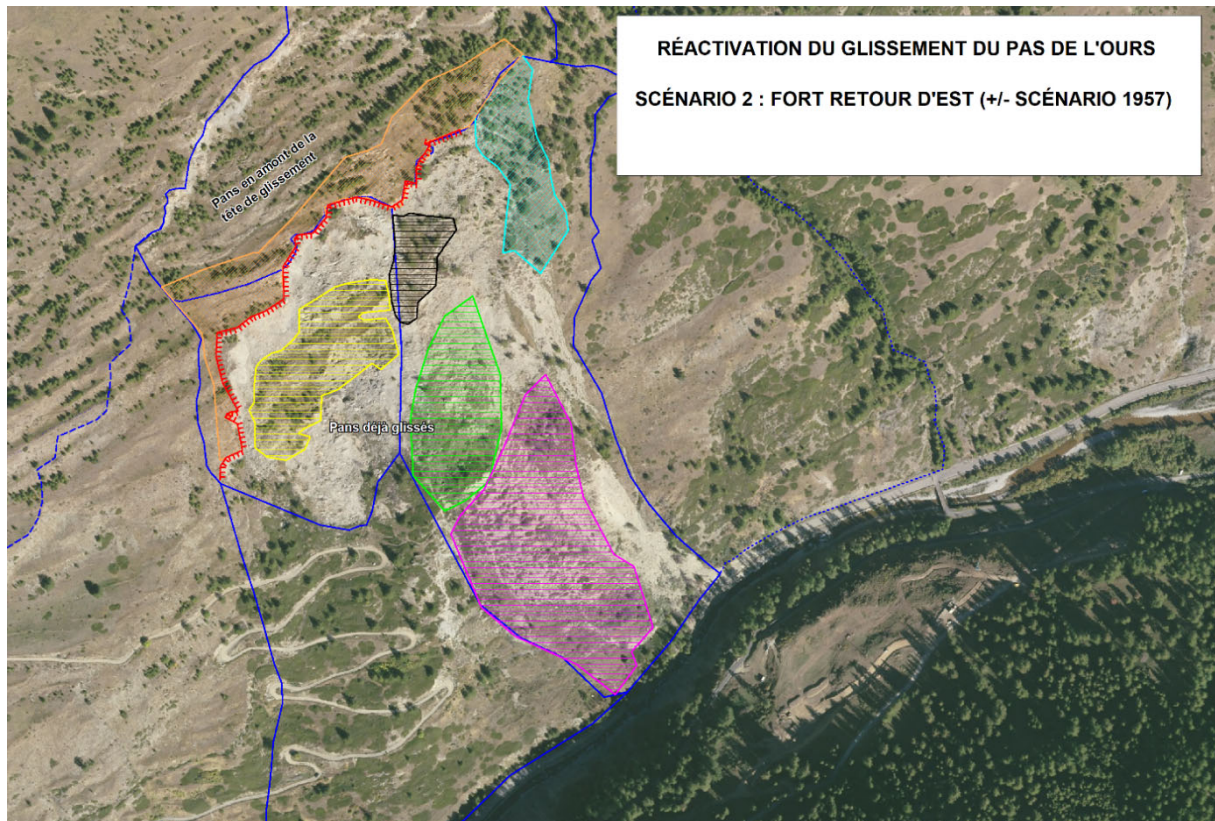


Figure 29 : scénario n°2 de réactivation +/- complète du versant

D'un point de vue déclenchement, il serait nécessaire d'avoir des conditions climatiques très sévères sinon exceptionnelles (à l'instar des événements de 1957) et que d'autres phénomènes pourraient venir largement étendre la zone de crise au-delà du seul glissement du Pas de L'Ours (notamment des crues torrentielles sur tout le Haut Guil, sur ses affluents et autres talwegs).

Il est à noter que tous les gros évènements passés dans ce versant ont eu des épisodes précurseurs (1957 pour le glissement de 1961, 2014 (voire 2010) pour le glissement de 2017-2018) et qu'on peut espérer qu'il en sera de même dans un tel scénario, avec donc une certaine vigilance accrue sur le terrain et en fonction des prévisions climatiques pour passer au plus tôt en situation d'alerte avant la crise proprement dite.

Dans ce scénario, les propagations pourraient être importantes et en masse (seule la compartimentation naturelle étagée du versant et la dynamique différente selon l'ouest et l'est, empêcherait une remobilisation en un seul tenant, mais plutôt par paquets successifs). Dans le versant actuel encore loin d'être stabilisé, on pourrait s'étendre à des mouvements d'encore plus grande envergure. La régression en amont viendrait significativement entamer le plateau sommital qui réagit déjà notablement au mouvement de 2017-2018.

Les atteintes des enjeux proches immédiats pourraient être sévères avec

- notamment la piste forestière coupée définitivement par les arrivées épandues de masses glissées depuis l'amont en grand volume ;
- et le Guil provisoirement coupée par un embâcle, dont on pourrait

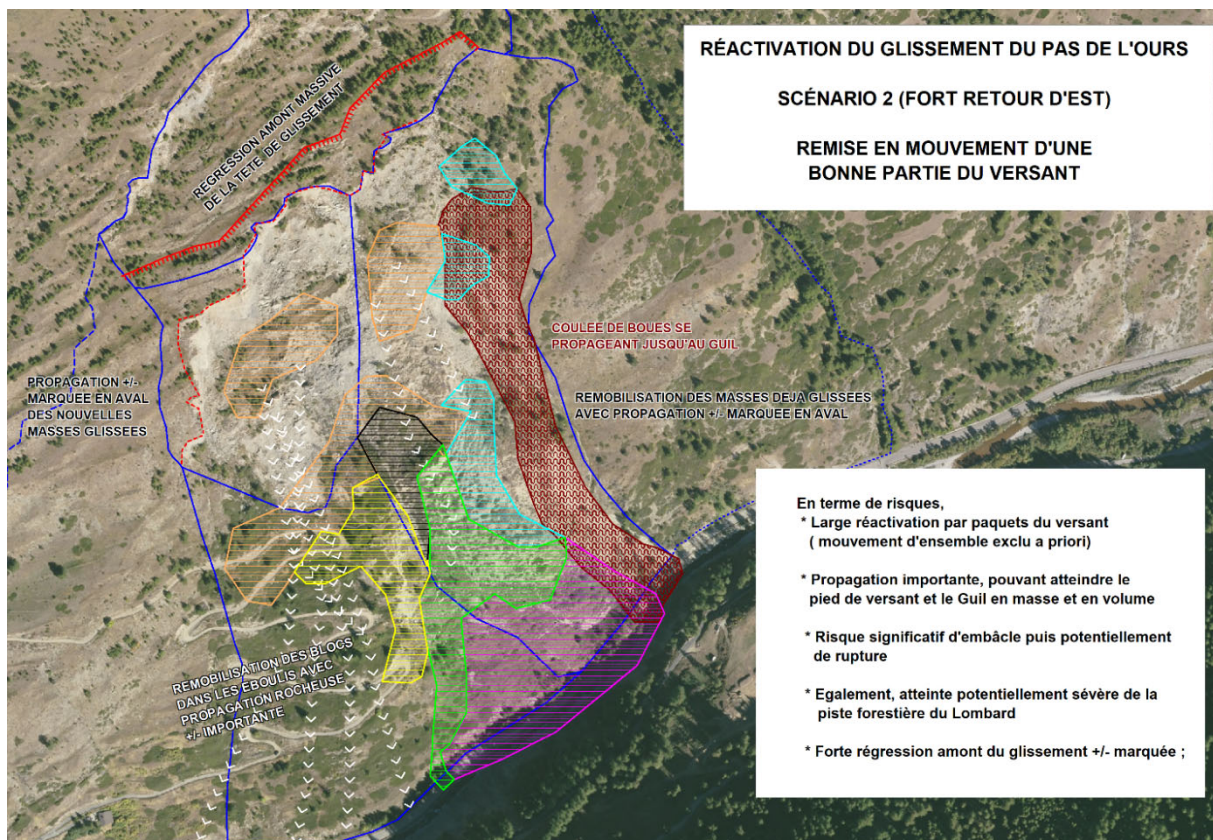


Figure 30 : impacts du scénario n°2 de réactivation +/- complète du versant