

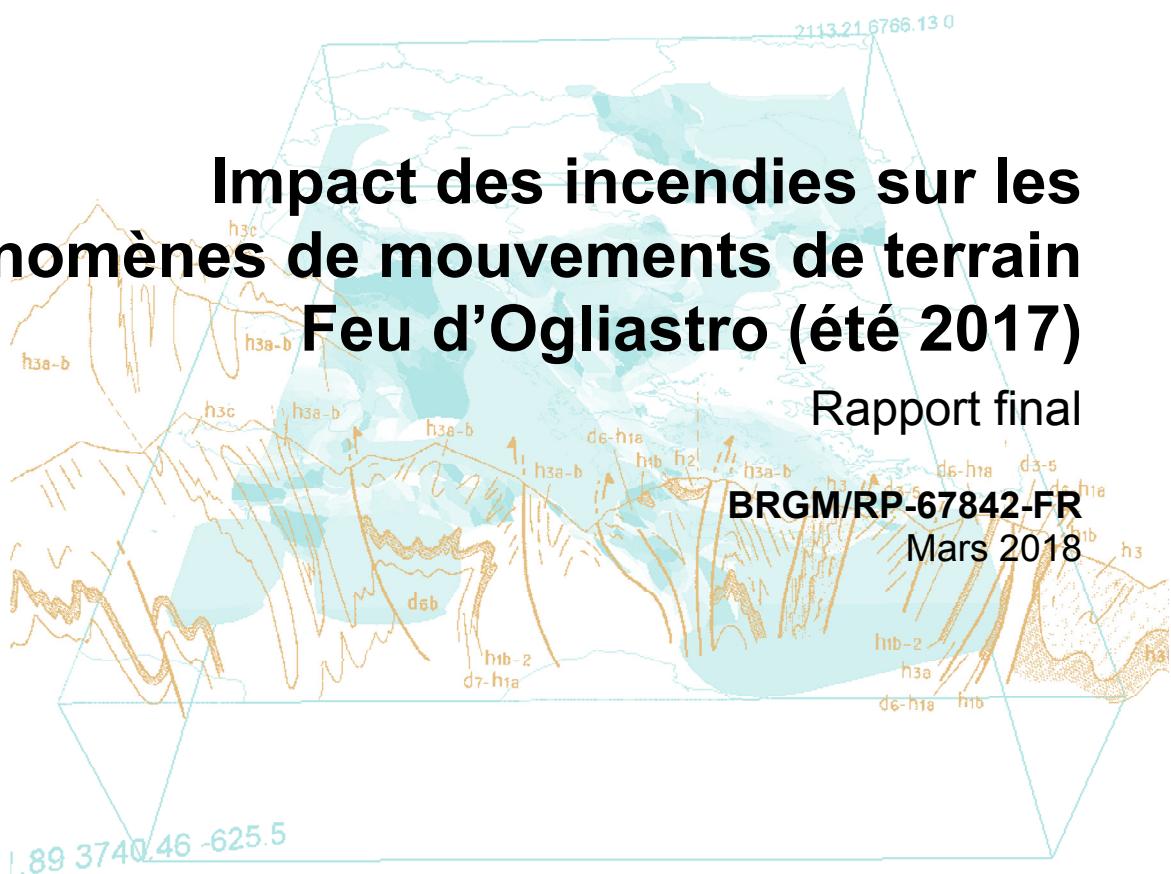


Impact des incendies sur les phénomènes de mouvements de terrain Feu d'Ogliastro (été 2017)

Rapport final

BRGM/RP-67842-FR

Mars 2018



Impact des incendies sur les phénomènes de mouvements de terrain Feu d'Ogliastro (été 2017)

Rapport final

BRGM/RP-67842-FR
Mars 2018

Étude réalisée dans le cadre des opérations
d'appuis aux politiques publiques du BRGM

Projet AP17BAS016

B. Colas, V. Landemaine, R. Vandromme, B. Vignerot

Vérificateur :

Nom : O. Cerdan

Fonction : Resp. Unité

Date : 06/04/2018

Signature :



Approbateur :

Nom : N. Frissant

Fonction: Directeur Corse

Date : 09/04/2018

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001

Mots-clés : INCENDIE, MOUVEMENT TERRAIN, EROSION, RUISSELLEMENT, EBOULEMENT, GESTION RISQUE, EXPERTISE, MODELE, CORSE, HAUTE CORSE, SISCO, OLCANI

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

B. Colas, V. Landemaine, R. Vandromme, B. Vigneron (2018) – Impact des incendies sur les phénomènes de mouvements de terrain. Feu d'Ogliastro (été 2017). BRGM/RP-67842-FR, 57 p., 35 fig., 1 ann.

SYNTHESE

Les incendies qui ont touché le nord de la Corse et en particulier le Cap Corse dans les secteurs des Communes de Sisco et d’Olcani, durant la période estivale entraînent une augmentation significative de la sensibilité des versants aux aléas hydrogravitaires. La DDTM de Haute-Corse a sollicité le BRGM pour évaluer, dans le cadre de sa mission d’appui aux politiques publiques, les impacts des incendies de l’été 2017 sur les phénomènes de mouvements de terrain en cas de précipitations soutenues. Le projet a été scindé en deux phases afin de répondre aux attentes des services de l’Etat :

- rapidement proposer à partir de diagnostics experts, appuyés par des visites de terrain, des mesures de réduction du risque dans les secteurs identifiés comme très sensibles et présentant une dangerosité potentielle en cas de précipitations notables ;
- élaborer une analyse semi-quantitative de l’impact des incendies sur les phénomènes hydrogravitaires à partir d’un modèle de ruissellement.

Les travaux ont porté sur les phénomènes :

- d’érosion des sols en abordant les problématiques de ruissellement aggravé par la perte du couvert végétal dans les zones incendiées : ravinement et coulées boueuses associées ;
- de glissements de terrain ;
- d’éboulements rocheux/chutes de blocs y.c. remobilisation de blocs en versant.

Au final des propositions d’action sont hiérarchisées sur l’ensemble de la zone impactée par les feux. Trois secteurs (« point noirs ») nécessitant des actions à court terme sont identifiés (prévention des populations, l’entretien d’ouvrages ou une gestion de trafic adaptée). Une hiérarchisation de l’impact des incendies au niveau des différents franchissements de voies de circulation (pistes, routes communales et routes départementales) est également fournie.

Par ailleurs, une cartographie du « sur-aléa » lié au feu en matière de ruissellement, débit de pointe aux franchissements d’ouvrages et de transport solide a été réalisée. Les résultats des simulations engagées, à partir du modèle WATERSED, montrent que l’impact relatif du feu est plus important pour un évènement décennal que centennal et est d’autant plus important que la superficie du bassin versant est faible.

En relatif, l’impact du feu peut atteindre près de 500% pour les débits de pointe selon les bassins versants pour des épisodes décennaux (franchissements au niveau de la RD 80 en aval des ruisseaux de Grotta Bianca et bassin versant du ruisseau de Marcelaia en rive gauche du Pietracorbara notamment). Globalement la synthèse aux exutoires à l’Est des zones brûlées (Pietracorbara, Grotta Bianca et Sisco) met en évidence un impact fort du feu sur les données hydrodynamiques, y compris pour des bassins versants de superficie importante, dans des proportions de 5 à 6 pour les transports solides et de +30% pour les débits de pointe.

Ces travaux illustrent l’importance de la prise en compte des incendies (et de façon plus générale de l’occupation du sol) en matière de prévention contre les phénomènes de mouvements de terrain mais également d’inondation. La pris en compte de ces résultats, et de développements futurs d’outils à identifier, devrait permettre d’améliorer la gestion des risques de façon globale, dans un contexte multi-aléa fréquemment rencontré en contexte méditerranéen.

Sommaire

1	INTRODUCTION	11
2	CONTEXTE GENERAL DU PROGRAMME.....	13
1.1	Objectif.....	13
1.2	Enjeux	15
1.3	Phénomènes considérés	15
1.3.1	Erosion et ruissellement.....	15
1.3.2	Glissements.....	15
1.3.3	Eboulements rocheux.....	16
3	IDENTIFICATION DES POINTS NOIRS (PHASE 1).....	19
3.1	Acquisition de données – Constats.....	19
3.2	Fiches de sites critiques & Recommandations	20
3.3	Importance des ouvrages et hiérarchisation du sur-aléa	26
3.4	Remarques complémentaires	31
4	GENERALISATION DE L’ANALYSE DE SUR-ALEA (PHASE 2).....	33
4.1.1	Collecte des données SIG.....	34
4.1.2	Expertise de terrain et paramétrisation	35
4.1.3	Données en entrée du modèle	39
4.1.4	Modélisation du ruissellement et de l’érosion des sols	41
5	CONCLUSION.....	51
6	BIBLIOGRAPHIE	53
7	ANNEXES.....	55

Liste des figures

Figure 1 – Zones incendiées « Ogliastro ».....	13
Figure 2 – Emprise géographique du programme (feu Ogliastro au Nord).....	14
Figure 3 – Ravinement / érosion (clichés 26/10/2017).....	15
Figure 4 – Grand Glissement (10/2017).....	16
Figure 5 – Barre rocheuse avec affleurements rocheux et zone de propagation brûlée (clichés 23/10/2017).....	17
Figure 6 – Taux d'érosion annuel (tonne / ha) selon la sévérité du feu (d'après Pausas et al., 2008).....	20
Figure 7 – Exemple de fiche descriptive.....	22
Figure 8 – Fiches de sites « points noirs » / Zone Ogliastro	23
Figure 9 – Carte des sites « points noirs » / Zone Ogliastro	25
Figure 10 – Proportion des zones incendiées au sein des bassins versants.....	26
Figure 11 – Comportement des bassins versant (schéma).....	27
Figure 12 – Index des franchissements répartis en quantiles (Ogliastro).....	29
Figure 13 – Cartographie de l'aléa « amiante » (BRGM/RP-58847-FR).....	32
Figure 14 – Evolution de l'apport en sédiments au cours du temps après un feu	33
Figure 15 – Etapes de pré-traitement nécessaires pour l'utilisation du modèle WaterSed.	34
Figure 16 – Cartographie de l'occupation des sols 2016	35
Figure 17 – Altération des roches (BRGM)	36
Figure 18 – Carte des sols	36
Figure 19 – Carte d'épaisseur pulvérulante immédiatement mobilisable (cm)	37
Figure 20 – Carte de pierrosité (indice croissant avec le % de pierres / note de 4 : rocher affleurant).....	37
Figure 21 – Etapes de traitement pour transformer les données SIG collectées en données utilisables dans le modèle WaterSed.	38
Figure 22 - Table de Curve Number (CN) selon l'occupation des sols des régions arides et semi-arides, selon le type de sol (4 classes A, B, C, D – Hydrologic Soil Groups) et selon la sévérité du feu (non-brûlé, faible, moyen, fort). Source USDA-NRCS	38
Figure 23 – Cartographie des sols simplifiée en 4 classes selon la nomenclature de la méthode Curve Number. Deux classes sont représentées sur le site d'étude : les classes A et B.....	39
Figure 24 - Cartographie de la capacité d'infiltration du sol (sans incendie) dérivé de la cartographie de l'occupation des sols 2016 et d'un système de reclassification expert.	40
Figure 25 - Cartographie de la capacité d'infiltration du sol (avec incendie) dérivé de la cartographie de l'occupation des sols 2016 et d'un système de reclassification expert.	40
Figure 26 – Calage des débits de pointe.....	41
Figure 27 – Exutoires retenus pour les synthèses	42
Figure 28 – Evolution des volumes ruisselés (événement centennal)	43
Figure 29 – Evolution du transport sédimentaire.....	44
Figure 30 – Augmentation du ruissellement.....	45
Figure 31 – Variation des débits de pointe	46
Figure 32 – Augmentation du transport sédimentaire	47
Figure 33 – Variation aux exutoires retenus.....	49
Figure 34 – Zones d'érosions concentrées	49
Figure 35 – Zones d'érosions concentrées (zoom)	50
Annexe 1 Fiches de synthèse	57

Liste des annexes

Annexe 1 Fiches de synthèse	57
-----------------------------------	----

1 Introduction

Les incendies qui ont touché le nord de la Corse durant la période estivale entraînent une augmentation significative de la sensibilité des versants aux aléas hydrogravitaires. La sécurité des biens et des personnes risque donc d'être impactée à l'approche de la saison automnale. De plus, les incendies étant potentiellement appelées à se répéter, compte tenu de possibles sécheresses de plus en plus sévères, il convient de mener des actions qui, non seulement peuvent parer aux dangers immédiats, mais également permettre de développer des politiques d'aménagement adaptées sur le plus long terme.

A ces égards, les services de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer de Haute Corse (DDTM2B) ont sollicité le BRGM pour engager un diagnostic de l'impact des feux de forêt constatés sur les phénomènes hydro-gravitaires. L'objectif du projet proposé est de rapidement pouvoir proposer des mesures de réduction du risque dans les secteurs identifiés comme sensibles à très court terme et d'évaluer les conséquences des modifications de l'occupation des sols sur le ruissellement des sols en cas de précipitations notables.

Deux feux majeurs se sont déclarés : le feu d’Ogliastro au Cap Corse et celui d’Olmeta au Sud-Ouest de Bastia. Des analyses similaires ont été développées et appliquées aux deux sites. Le présent rapport concerne spécifiquement le feu d’Ogliastro.

Cette étude a été engagée par le BRGM dans le cadre d'une convention de recherche et de développement partagés initiée en octobre 2017.

2 Contexte général du programme

1.1 OBJECTIF

L’objectif du projet proposé est d’établir, à l’échelle du site incendié d’Ogliastro (Figure 1 et Figure 2), une cartographie des impacts des incendies sur les phénomènes de mouvement de terrain (érosion, glissement et chute de blocs) et de proposer des solutions de gestion du risque associées (court et long terme) aux enjeux identifiés (routes, pistes, ouvrages, habitations...).



Figure 1 – Zones incendiées « Ogliastro »

Compte tenu de la superficie de la zone incendiée (plus de 1700 ha) et des délais réduits, la restitution des travaux a été séquencée :

- Phase 1 : première analyse sur les points noirs les plus flagrants avec propositions d’interventions / travaux / sécurisations / recommandations à faire aux communes concernées et aux services en charge de la gestion des espaces forestiers, ayant fait l’objet du rapport BRGM/RP-67411-FR¹ et d’une présentation devant le Préfet de Haute-Corse, des élus concernés et des représentants de la Collectivité de Corse le 22 janvier 2018 ;
- Phase 2 : analyse enrichissant la phase 1 par la mise en œuvre d’un premier modèle de transport solide à l’échelle des bassins versants concernés.

Il est à noter que si la phase 1 s’est voulue la plus précise possible, les difficultés d’accès à certains secteurs et la grande zone à couvrir (> 1700 ha) ne permettent pas de faire un

¹ B. Colas, B. Vigneron, V. Landemaine, R. Vandromme (2018) – Impact des incendies de l’été 2017 sur les phénomènes de mouvements de terrain. Rapport d’expertise BRGM/RP-67411-FR. 30 p., 17 ill., 1 ann

inventaire exhaustif des zones brûlées. Néanmoins, les zones à enjeux ont été systématiquement parcourues.

Le programme des travaux envisagés concerne les zones affectées directement par les incendies de l'été 2017 et les secteurs limitrophes pouvant être impactés par des mouvements de terrains. Le présent rapport intègre les résultats des phases 1 et 2 du programme pour le feu d'Ogliastro.

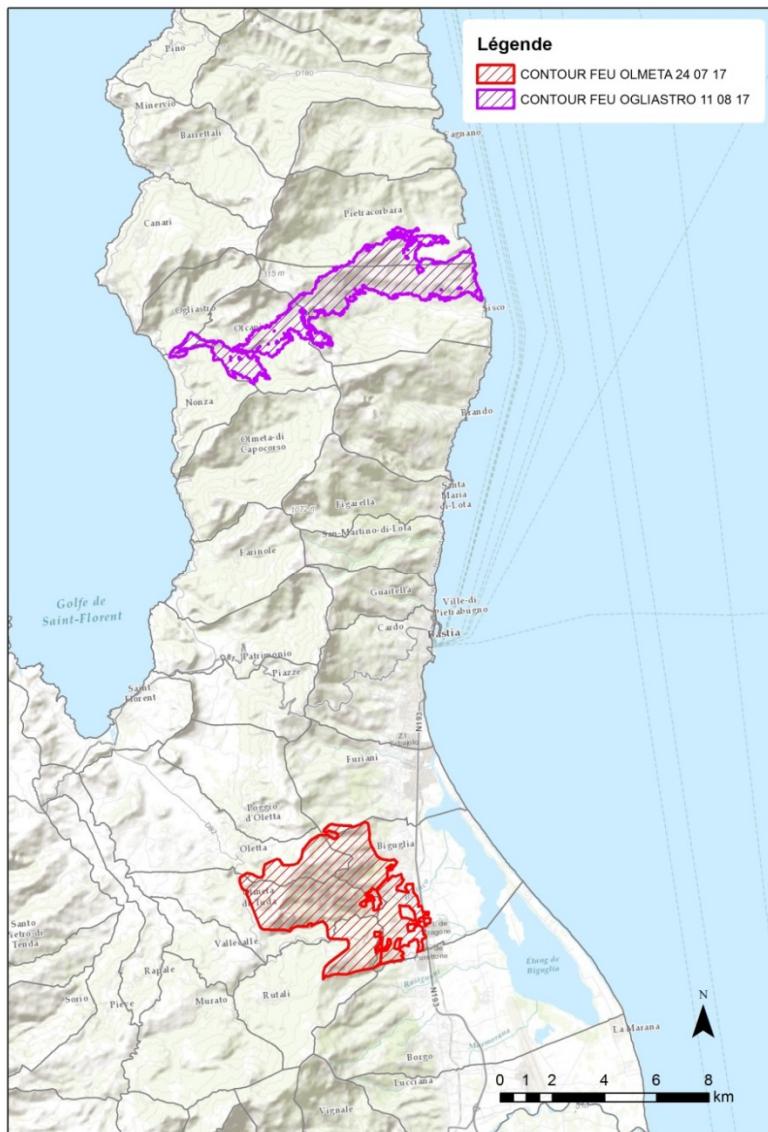


Figure 2 – Emprise géographique du programme (feu Ogliastro au Nord)

Les travaux ont porté sur les phénomènes:

- d'érosion des sols : ravinement et coulées boueuses – laves torrentielles associées ;
- de glissements de terrain ;
- d'éboulements rocheux/chutes de blocs y.c. remobilisation de blocs en versant.

L'unité élémentaire de travail est le bassin versant pour la problématique d'érosion, en étudiant les exutoires de collecte des eaux à partir de l'analyse morphologique et des ouvrages répertoriés par la DDTM, enrichis de ceux acquis pendant les campagnes de terrain. Pour les phénomènes d'éboulements et de glissements de terrain, l'inventaire est ponctuel.

1.2 ENJEUX

Le feu d’Ogliastro a progressé sur les territoires des communes de Nonza (à la marge), Ogliastro, Olcani, Sisco et Pietracorbara.

La démographie est très déséquilibrée, avec au maximum 100 habitants par commune à l’Ouest (Nonza 73, Ogliastro 104, Olcani 81) contre 1097 habitants à Sisco et 641 habitants à Pietracorbara, principalement au niveau des marines sur la côte. Les enjeux humains sont donc soit les hameaux isolés sous les zones brûlées, soit les marines potentiellement impactées par les coulées boueuses et inondations dues aux embâcles.

Les enjeux matériels sont principalement les routes départementales (RD80, RD32) et pistes (Piste DFCI du col St Jean) et les ouvrages hydrauliques pour passage inférieur (PI) associés, ainsi que les chemins de randonnée et chemins privés.

1.3 PHENOMENES CONSIDERES

1.3.1 Erosion et ruissellement

En cas de fortes pluies, les phénomènes d'érosion dans les bassins versants représentent sans aucun doute un des phénomènes les plus impactant en cas de transport solide massif, avec de possibles conséquences aggravées en cas de dysfonctionnement / débordement des ouvrages hydrauliques. Ces phénomènes sont diffus à l'échelle du territoire avec concentration in-fine des charriages au niveau des zones d'écoulements préférentiels. Les travaux se sont attachés :

- à identifier au niveau des zones brûlées, la nature et la géométrie des sols ;
- à caractériser leur potentiel de mobilisation ;
- à évaluer qualitativement l'impact de transports solides en cas de pluies orageuses.



Figure 3 – Ravinement / érosion (clichés 26/10/2017)

Ces phénomènes sont intimement liés au fonctionnement hydrologique des bassins versants et au critère de ruissellement en particulier, qui peut également avoir un impact direct sur le phénomène inondation.

1.3.2 Glissements

Les glissements sont des phénomènes ponctuels pouvant mobiliser des volumes importants. La propagation de ces masses glissées dans les versants et vers les talwegs représente un risque important. La question de l’aggravation de ces phénomènes de glissement par la

problématique incendies n'est pas triviale. En effet *a priori*, la disparition de végétation favorisant le ruissellement global, l'infiltration devrait s'en trouver réduite. *A contrario*, le phénomène d'évapotranspiration n'est plus actif, favorisant l'augmentation de degré de saturation des sols et diminuant de fait la résistance au cisaillement des terrains concernés en surface.

En revanche, en cas de mouvement actif ou à l'équilibre limite, ou dans des configurations locales concentrant les écoulements, les apports d'eau (moteur des glissements) peuvent se trouver localement augmentés favorisant l'activité du glissement et le départ potentiel de coulées boueuses (plus ou moins chargées en débris). A ce titre, les incendies pourraient potentiellement entraîner la déstabilisation de glissements de terrain « dormants » depuis une longue période.



Figure 4 – Grand Glissement (10/2017)

Les travaux se sont attachés, au voisinage des enjeux, à identifier des zones de glissements actifs, les zones sensibles au départ en masse et l'évolution potentielle en coulée.

1.3.3 Eboulements rocheux

La cartographie de l'aléa rocheux nécessite de définir les volumes susceptibles d'atteindre les enjeux. Ces volumes peuvent être issus de plusieurs types de scénarios : départ de volume unitaire se propageant vers l'enjeu, départ d'un volume important se fragmentant lors de sa chute et produisant des volumes plus faibles se propageant vers l'enjeu ou écroulements en masse avec propagation spécifique.

Les effets des incendies sont *a priori* de deux ordres :

- aggravation des conditions de départ (ouverture de fractures, augmentation de l'infiltration d'eau, érosion des terrains d'assise) au niveau des zones escarpées (impact modéré), et surtout au niveau des versants (remobilisation de blocs) ;

- modification des propagations : le couvert végétal peut jouer un rôle non négligeable dans la propagation (arrêt sur arbres, pertes d'énergie des blocs au franchissement de maquis), et ce d'autant plus que les volumes mobilisés sont faibles.



Figure 5 – Barre rocheuse avec affleurements rocheux et zone de propagation brûlée (clichés 23/10/2017)

Les travaux se sont attachés à identifier à proximité des zones à enjeux, les zones soumises potentiellement à éboulements rocheux en intégrant sensibilités de départ et une première approche des propagations le cas échéant.

3 Identification des points noirs (Phase 1)

La phase 1 du programme, a eu pour objet de fournir un avis technique – diagnostic, sur le sur-aléa mouvement de terrain lié aux incendies de l’été 2017. Les travaux sont basés sur une analyse experte des sites, à partir du parcours des zones incendiées (interventions de terrain pédestres et motorisées du 19/10 au 27/10/2017. L’acquisition de données s’est concentrée sur :

- la cartographie des sols (valorisée en phase 2 essentiellement) ;
- l’identification, la géolocalisation et la caractérisation sommaire des ouvrages hydrauliques de façon la plus complète possible au niveau des routes principales au moins (l’accès au franchissement des pistes en zone de montagne étant difficile en raison d’accès possibles uniquement en 4X4 notamment) ;
- l’identification des points noirs (secteurs problématiques) et les recommandations de gestion du risque.

Des entretiens ont été menés auprès :

- du SDIS 2B : typologie du feu et REX feux passés ;
- de la commune de Sisco (maire, SDIS2B, Gendarmerie, Cabinet du Préfet ; SIDPC) visite de site dans le cadre d’une réflexion sur le PCS à venir ;
- de la commune de Pietracorbara (maire) avec visite de site sur les différents problèmes recensés sur la commune en 2016 ;
- de la commune de Olcani (maire) avec visite de site sur les différents problèmes recensés sur la commune en 2016.

3.1 ACQUISITION DE DONNEES – CONSTATS

L’étape initiale aux deux phases repose sur la collecte d’informations et de données relatives aux phénomènes gravitaires étudiés. Ce travail s’est effectué à partir de :

- l’emprise des zones incendiées, actualisées par le SDIS 2B (Figure 2) ;
- les données relatives à l’occupation des sols (données Corine Land Cover, BDSols de l’ODARC²) ;
- les enjeux représentés par les emplacements des ouvrages hydrauliques traversant (PI : passage inférieur) et des ouvrages structurants des réseaux d’assainissement pluviaux (ouvrages de rétention/canaux/réseaux de canalisations) et les zones habitées (données issues des ortho-photos) ;
- à partir d’acquisitions spécifiques auprès des acteurs locaux.
- Il est apparu que la base de données des ouvrages de la DDTM2B n’étant pas complète, un inventaire des ouvrages a été mené.

² ODARC : Office du Développement Agricole et Rural de la Corse (www.odarc.fr/)

Les données relatives à la « sévérité » des feux, qui conditionnent l'impact potentiel sur le ravinement (Figure 6) sont transmises par le SDIS. Globalement, les incendies sont caractérisés par une « vitesse exceptionnelle » laissant présumer une sévérité globalement « modérée ». Localement ces indices de sévérité ont été qualifiés, *in-situ*, en fonction de l'état du couvert et de la tranche de sol jugée impactée par les flammes (racines de la végétation basse en particulier). Il est à noter qu'au moment des visites de terrain des repousses étaient déjà relevées confirmant un impact limité des incendies en termes d'épaisseur de sol.

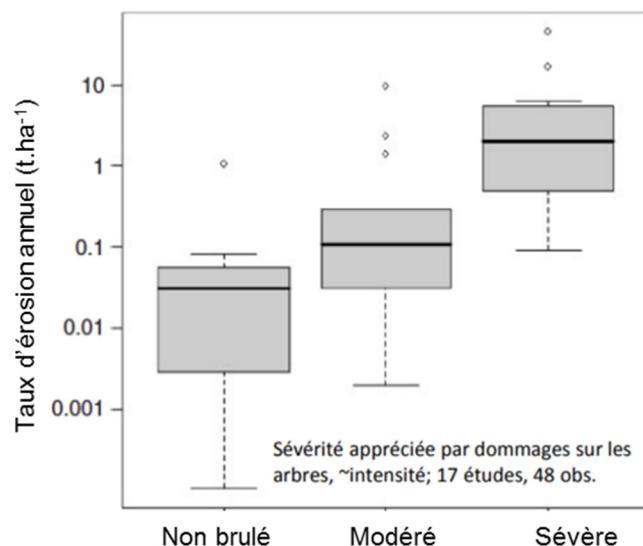


Figure 6 – Taux d'érosion annuel (tonne / ha) selon la sévérité du feu (d'après Pausas et al., 2008)

3.2 FICHES DE SITES CRITIQUES & RECOMMANDATIONS

A l'issue des visites de terrain, l'inventaire des points noirs fait l'objet des fiches synthétiques de site où sont présentées les informations descriptives suivantes :

- identification : secteur, type de phénomène observé / redouté, enjeux concernés et priorité de traitement ;
- situation avec carte sur fond scan25©IGN ;
- description du (des) phénomène(s) redouté(s) / observé(s) ;
- images de la zone concernée ;
- risque résiduel – et notamment en cas de pluie sévère (> pluie décennale);
- recommandations de gestion.

Un exemple de fiche est reporté Figure 7. Les priorités des gestions sont formulées suivant un indice expert tenant compte du potentiel de gravité sur l'enjeu, de l'imminence du phénomène et de la faisabilité des actions envisagées:

- P1 : priorité forte, action à engager au plus tôt ;
- P2 : priorité moyenne, action à engager de façon préférentielle ;
- P3 : priorité faible, action à engager dans la mesure du possible (enjeu modéré associé *a priori*).
- Des actions de sécurisation à court terme (prochains mois) et long terme (années à venir) sont proposées pour chaque points noirs identifiés

Les phénomènes appréhendés sont les suivants :

-  Chariage torrentiel : transport solide avec présence de blocs possible ;
-  Embâcle ouvrage / franchissements ; coulée boueuse : transport solide avec embâcle probable au niveau de franchissements, action à engager de façon préférentielle ;
-  Glissement de terrain associé ou non à un phénomène de coulée ;
-  Eboulement rocheux, remobilisation de blocs en versant.

Les recommandations de gestion à très court terme ou à plus long terme sont fonction des types de risque mis en évidence. Elles relèvent de :

- la prévention :
 - o information des populations ou des usagers, des collectivités, mise en œuvre de périmètres de sécurité et proposition d'évacuations préventives en cas de danger pressenti ;
 - o entretien des cours d'eau et des ouvrages de franchissement associés ;
- et de la protection :
 - o réalisation de diagnostics de risque détaillés pour la mise en œuvre d'ouvrages de protection ponctuels ;

et sont guidées par des méthodes relevant de l'expertise et des pratiques courantes de gestion du risque sur l'entretien des ouvrages notamment.

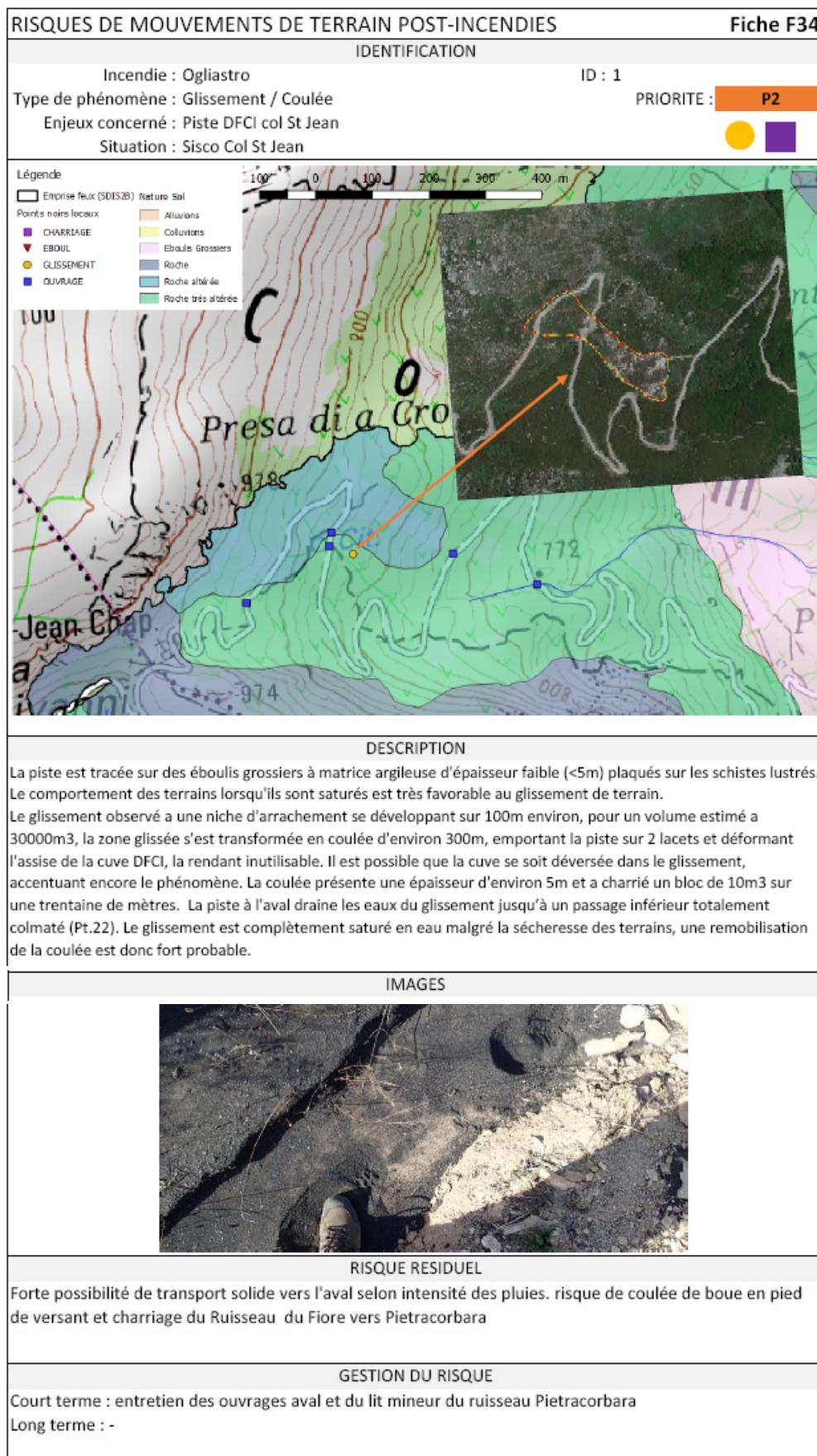


Figure 7 – Exemple de fiche descriptive

Sur le site incendié d'Ogliastro, 11 fiches sont constituées rassemblant 26 points sensibles, majoritairement en lien avec des ouvrages de franchissement. 3 secteurs méritent la mise en œuvre de mesures de gestion en raison de l'importance relative des phénomènes redoutés aux enjeux concernés.

TYPOLOGIE	IDENT	DESCRIPTION SIMPLIFIEE	FICHE	PRIORITE	ENJEU
OUVRAGE	9	Gué submersible temp STEP	F26	P1	Habitations, piste
	11	Charriage hyper concentré Pont génois			
	12	Charriage hyper concentré Pont RD80			
CHARRIAGE	13	Charriage hyper concentré	F27	P2	Habitation, déchetterie, centre de tir
	25	Charriage hyper concentré			
OUVRAGE	14	Ouvrage 0,5 x 1m surbaissé, ravine non entretenu	F28	P1	RC
CHARRIAGE	24	Ravinement Charriage hyper concentré	F29	P3	Piste DFCI
CHARRIAGE/ EBOULEMENT	4	Falaise démantelée amont de la RD32	F30	P2	D32 Sisco à Pietracorbara
	5	Dépôt/Transport de matériaux sur la RD32			
	6	Ecaille 10m3 surplomb de la RD32			
CHARRIAGE	8	Charriage hyper concentré amont habitations	F31	P1	Habitations Pietrapiana
GLISSEMENT/ EBOULEMENT	2	Glissement de peau 20m3 du talus le long de la piste	F32	P2	Piste DFCI col St Jean
	3	Glissement de 200m3 ayant emporté la piste			
	7	Falaise démantelée amont piste			
	15	Remobilisation de blocs en versant			
	16	Remobilisation de blocs en versant			
	17	Remobilisation d'éboulis vif			
OUVRAGE	18	D400 Ouvrage colmaté	F33	P3	Piste DFCI col St Jean
	19	Puit+D400 Ouvrage colmaté			
	20	Puit+D400 Ouvrage cassé			
	21	Puit+D400 Ouvrage cassé			
	22	D400 Ouvrage colmaté			
	26	Puit+D400 Ouvrage colmaté			
GLISSEMENT	1	Glissement + Coulée (env 30000m3) emportant la piste	F34	P2	Piste DFCI col St Jean
GLISSEMENT	10	Glissement + Coulée emportant la piste	F35	P2	Piste DFCI col St Jean
EBOULEMENT	23	Falaise souscavée amont chemin de randonnée	F36	P3	Chemin randonnée Olcani-Nonza

Figure 8 – Fiches de sites « points noirs » / Zone Ogliastro

Les fiches sont annexées, les reports cartographiques synthétiques sont en Figure 9.

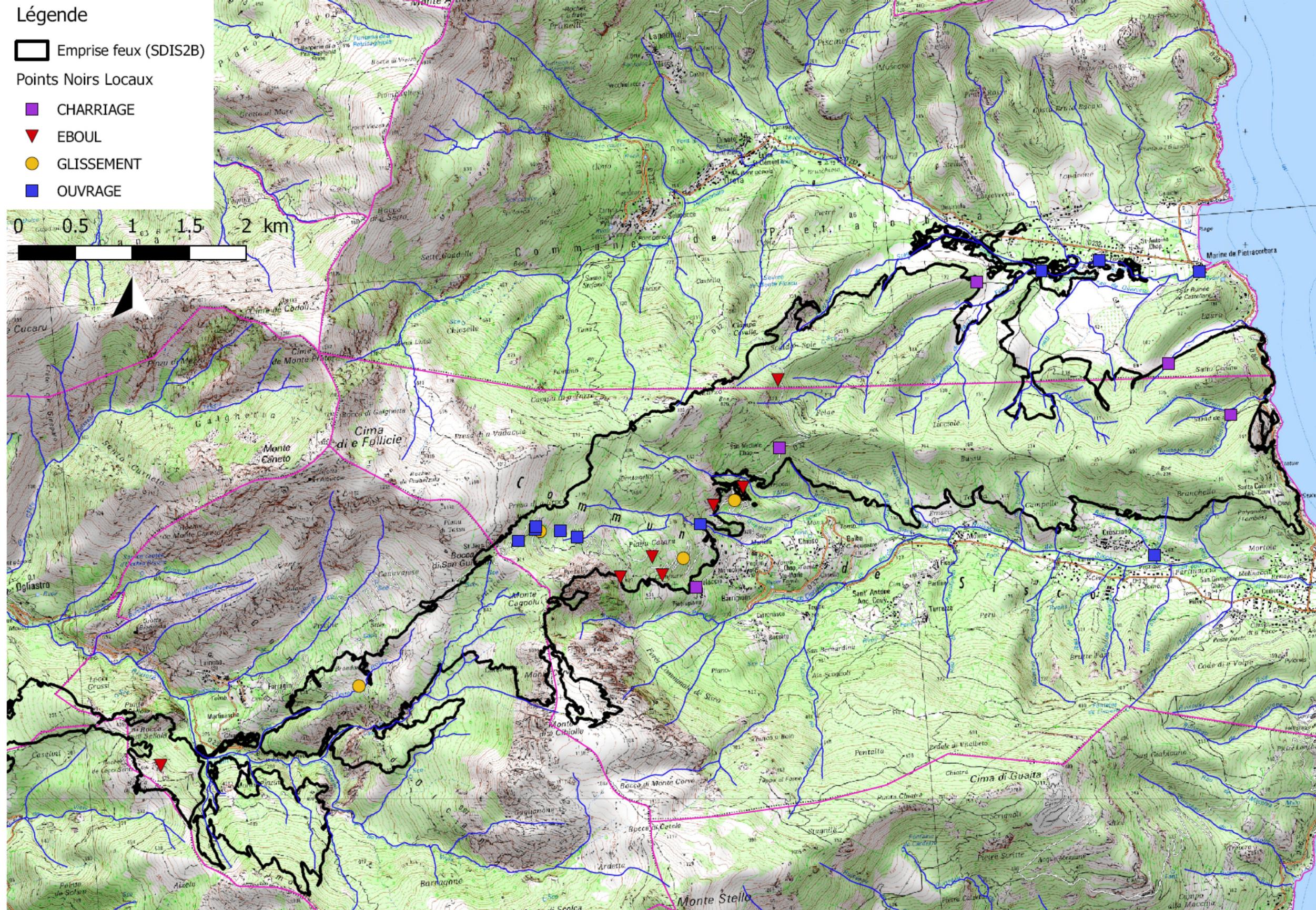


Figure 9 – Carte des sites « points noirs » / Zone Ogliastro

3.3 IMPORTANCE DES OUVRAGES ET HIERARCHISATION DU SUR-ALEA

Sur la base d'une analyse spécifique, l'ensemble des ouvrages répertoriés a été hiérarchisé en fonction des surfaces relatives drainées en zone incendiée.

Sur le secteur d'Ogliastro, 99 ouvrages sont finalement répertoriés (62 initialement pointés par la DDTM).

L'objectif de cette analyse (en première approche) est de déterminer un indice de sur-aléa « ruissellement / transport solide » pour chacun des ouvrages de franchissement en vue de les hiérarchiser et de prioriser les actions à mener.

Dans un premier temps, les bassins versants drainés pour chacun des ouvrages ont été délimités à partir de la BD ALTI 25m et leurs superficies respectives ont été calculées (AireBV). Dans un second temps, la superficie de terres brûlées (AireBVbrûlée) ainsi que la pente moyenne (S) du plus long chemin d'écoulement des eaux du bassin ont été calculées.

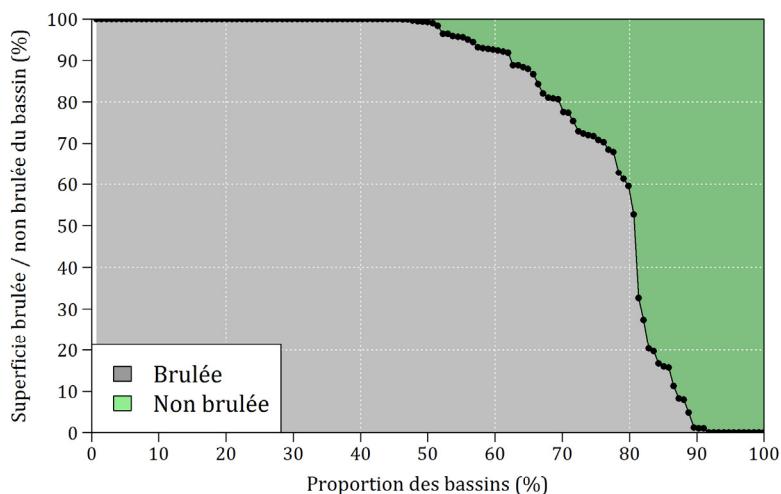


Figure 10 – Proportion des zones incendiées au sein des bassins versants

Pour estimer l'importance du transport de sédiment par le ruissellement au niveau des ouvrages, la loi du « stream power » de Bagnold³ (1966) a été utilisée. Cette loi permet d'estimer l'«érosion» en fonction notamment de l'aire drainée et de la pente. Il a donc été choisi de comparer cette valeur avant et après l'incendie.

Indice pré incendie :

$$Indice_{pré-incendie} = AireBV * S^2$$

Selon la bibliographie (USDA-NRCS, 2013), on considère que les surfaces brûlées sont environ 30 % plus ruisselantes que les surfaces non brûlées. Cette analyse est développée

³ Bagnold R.A. 1966. An approach to the sediment transport problem for general physics Geological Survey Professional Paper (U.S.), 442-I

en phase 2 en intégrant en particulier le fonctionnement hydrologique du bassin versant (longueur des drains, pente) et variation du ruissellement selon les terrains traversés.

Indice post incendie

$$Indice_{post-incident} = (AireBV + 0.3 AireBV_{brûlée}) * S^2$$

L’impact de l’incendie sur chaque ouvrage peut ainsi être évalué en faisant la différence entre ces deux indices. Les résultats ont été reclassés en 5 classes par quantile pour chaque zone (Classe 1 à 5, sur les feux d’Ogliastro Figure 12).

La cartographie des franchissements pour lesquels l’impact du feu est le plus important *a priori* – en terme de ruissellement, est reportée la Figure 12. Cette approche est indépendante de la taille ou de l’état des ouvrages de franchissement éventuellement présents.

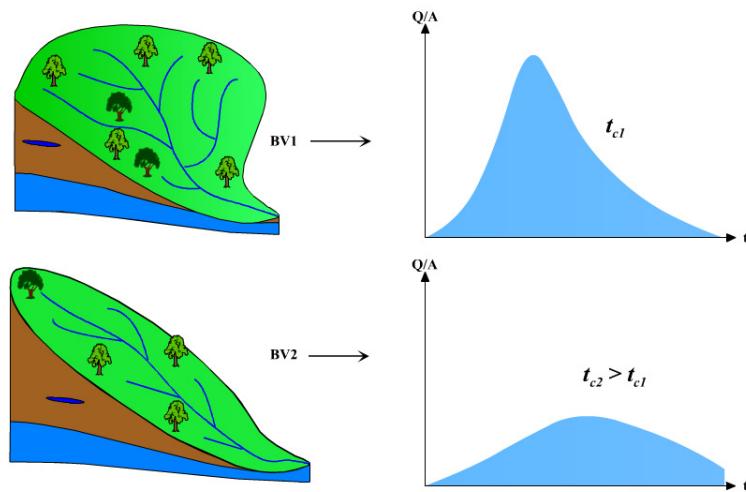


Figure 11 – Comportement des bassins versant (schéma)

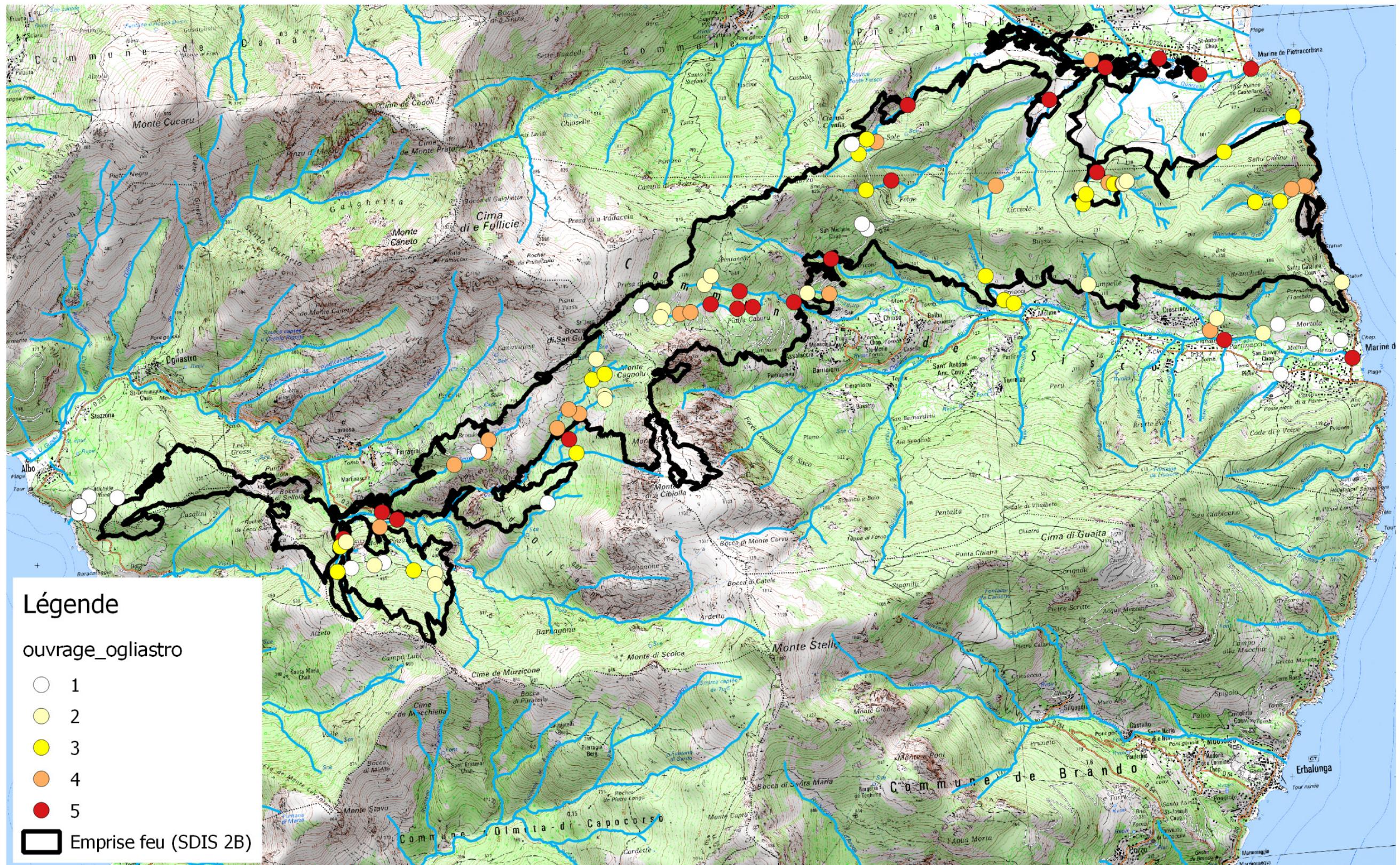


Figure 12 – Index des franchissements répartis en quantiles (Ogliastro)

3.4 REMARQUES COMPLEMENTAIRES

Les expertises engagées mettent en évidence des secteurs sensibles pour lesquels des recommandations sont formulées. La mise en œuvre des mesures n'exclut cependant pas les dommages potentiels en cas d'épisode pluvieux important. La mémoire des inondations d'Octobre 2016 rappelle la vulnérabilité des bassins versants parcourus, et ce, même en l'absence d'incendie récent.

Au-delà de l'analyse, et d'après la cartographie départementale de l'aléa « amiante », il faut préciser que les terrains concernés par les incendies sont pour grande partie concernés par l'occurrence possible de minéraux amiantifères (roches ultrabasiques et basiques, Figure 13).

Concernant ces terrains, les résultats obtenus dans le rapport BRGM⁴ démontrent l'importance, en termes de sources susceptibles de libérer des fibres amiantifères, des faciès meubles blanchâtres associés à l'altération et à l'érosion des roches ultrabasiques et basiques. Ces faciès correspondent notamment à des niveaux blancs à forte concentration de fibre et à des « terres blanches » à microfibres, localisés en particulier sous le sol végétal. Ces niveaux très souvent amiantifères sont peu épais (quelques centimètres à quelques décimètres d'épaisseur) et sans véritable continuité cartographique. Ces niveaux n'ont jamais été cartographiés et ne sont donc pas représentés sur les documents cartographiques élaborés à l'échelle du département. Néanmoins, en raison de leur richesse en amiante et de leur caractère très friable, ces niveaux constituent des sources potentielles d'émission très importantes à partir du moment où le sol qui les recouvre est dégradé, que ce soit à la suite d'actions anthropiques ou de phénomènes naturels (incendies, inondations).

Localement ce phénomène n'a ni été constaté ni recherché sur le terrain (ce volet dépassant la mission fixée initialement), mais le facteur aggravant de l'incendie sur la concentration en microfibres est à retenir en cas de décapage possible lors de fortes pluies en attendant que la végétation ne repousse, comme attendu localement sur les bassins versant parcourus, de la couverture fine meuble mise à nue.

Il convient de rappeler que le potentiel de dissémination volatile de ces minéraux est d'autant plus diminué que les terrains sont saturés en eau. Lors d'épisodes pluvieux majeurs, on peut attendre un transport puis un dépôt de ces niveaux vers les zones d'épandage naturelles (fond de talweg, cône de déjection de torrents...) ou artificialisées (bassins d'orage, zones d'embâcles au voisinage des ouvrages notamment).

⁴ BRGM/RP-58847-FR : LAHONDRE et al., Cartographie de l'aléa amiante environnemental dans le département de la Haute-Corse. Rapport final

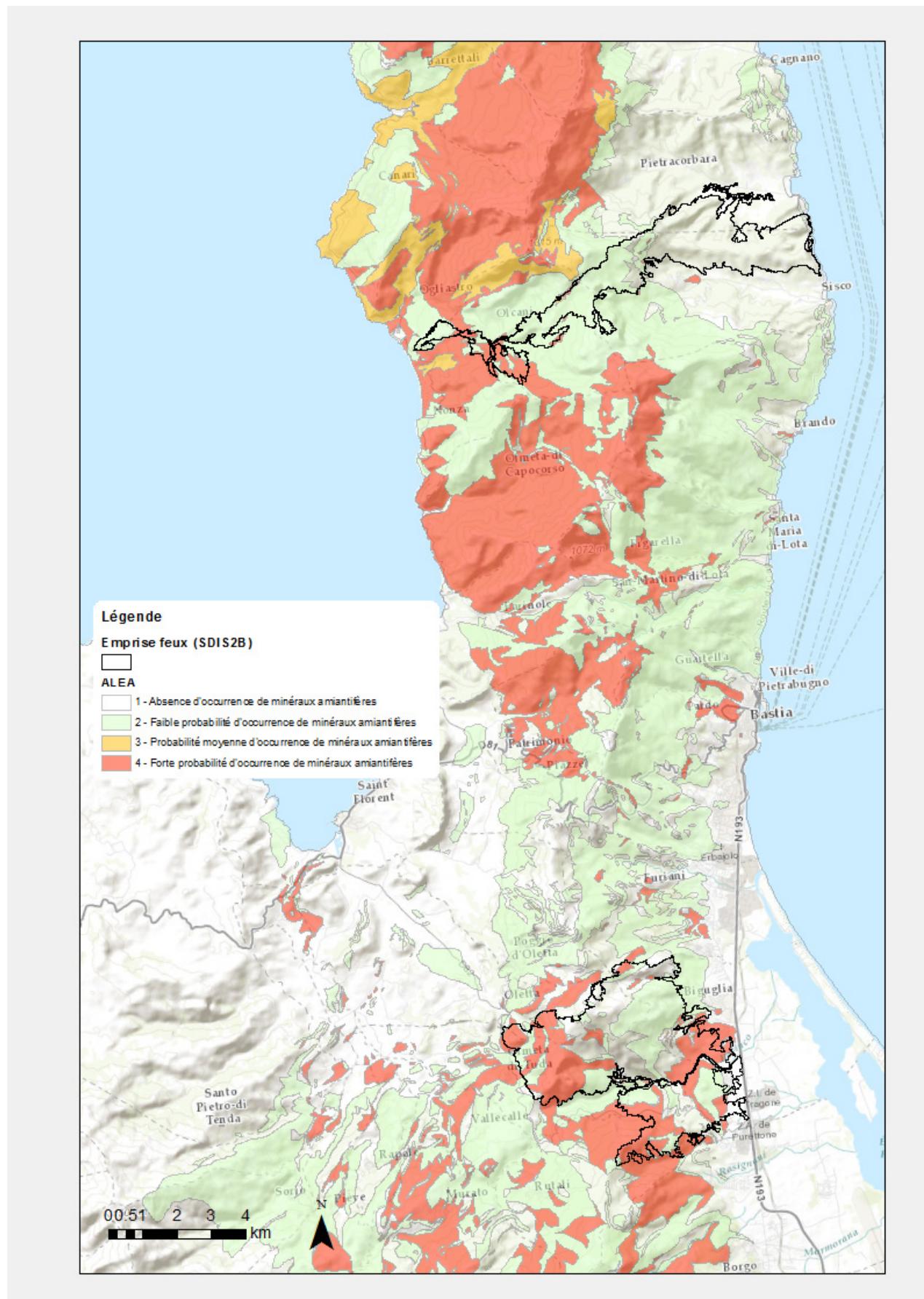


Figure 13 – Cartographie de l'aléa « amiante » (BRGM/RP-58847-FR)

4 Généralisation de l’analyse de sur-aléa (Phase 2)

L’analyse du sur-aléa lié aux feux est variable suivant les phénomènes considérés et les approches développées sont différentes. Compte tenu des observations faites lors des constats identifiant les zones sensibles, les travaux se sont concentrés sur les phénomènes d’inondation par ruissellement et coulées boueuses / charriage torrentiel associé. A ces égards, les zones incendiées ont fait l’objet d’une cartographie spécifique au regard des phénomènes d’érosion et de coulée-charriage torrentiel. Ces phénomènes sont intimement liés au fonctionnement hydrologique des bassins versants et au critère de ruissellement en particulier.

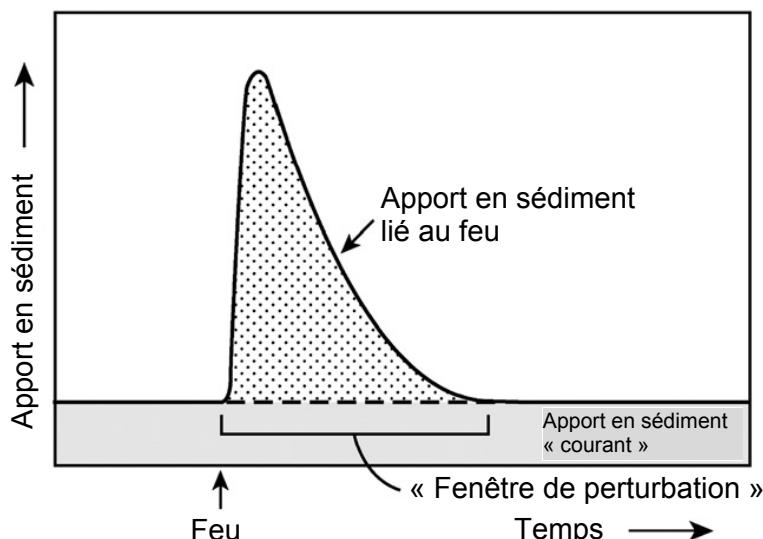
L’érosion hydrique dépend :

- de la pente sans proportionnalité (effets seuils pour certaines situations liées à la géologie, à la géomorphologie, au type de sol) ;
- du climat :
 - o soit directement par l’effet des pluies importantes, violentes et de forte variabilité ;
 - o soit indirectement par son effet sur la végétation qui a un effet protecteur lorsqu’elle couvre au moins 30 à 50% de la surface
- du sol : certains sols peu épais, peu argileux, peu humifères, à structure instable ou peu marquée sont nettement plus sensibles. La présence de cailloux en surface peut avoir un effet protecteur ;
- de l’utilisation du sol et du type de culture notamment.

L’impact des feux de forêt sur le ruissellement et la mobilisation de stocks solide a fait l’objet de nombreux travaux dont les principales conclusions peuvent se résumer comme suit :

- « une pluie de période de retour 10 ans sur zone incendiée équivaut à une crue de période de retour de 100 ou 200 ans » (Conodera et al. 2003)
- « les incendies augmentent plus fortement le ruissellement sur les petits bassins versants que sur les grands » (Stoof et al. 2011)
- « l’apport en sédiments augmente très rapidement avec les 1ères tempêtes quand le sol est vulnérable. Les apports diminuent ensuite à la reprise de la végétation. » (Shakesby, 2011)

Ce dernier point est illustré de façon sur la Figure 14 :



L’objectif est de modéliser les volumes ruisselés et les quantités de sédiments exportés pendant un événement pluvieux à partir du modèle WaterSed : modèle semi-dynamique distribué simulant le ruissellement et l’érosion des sols depuis l’échelle de la parcelle agricole à celle du bassin versant. Les différentes étapes de la chaîne de modélisation mise en place sont résumées sur la Figure 15.

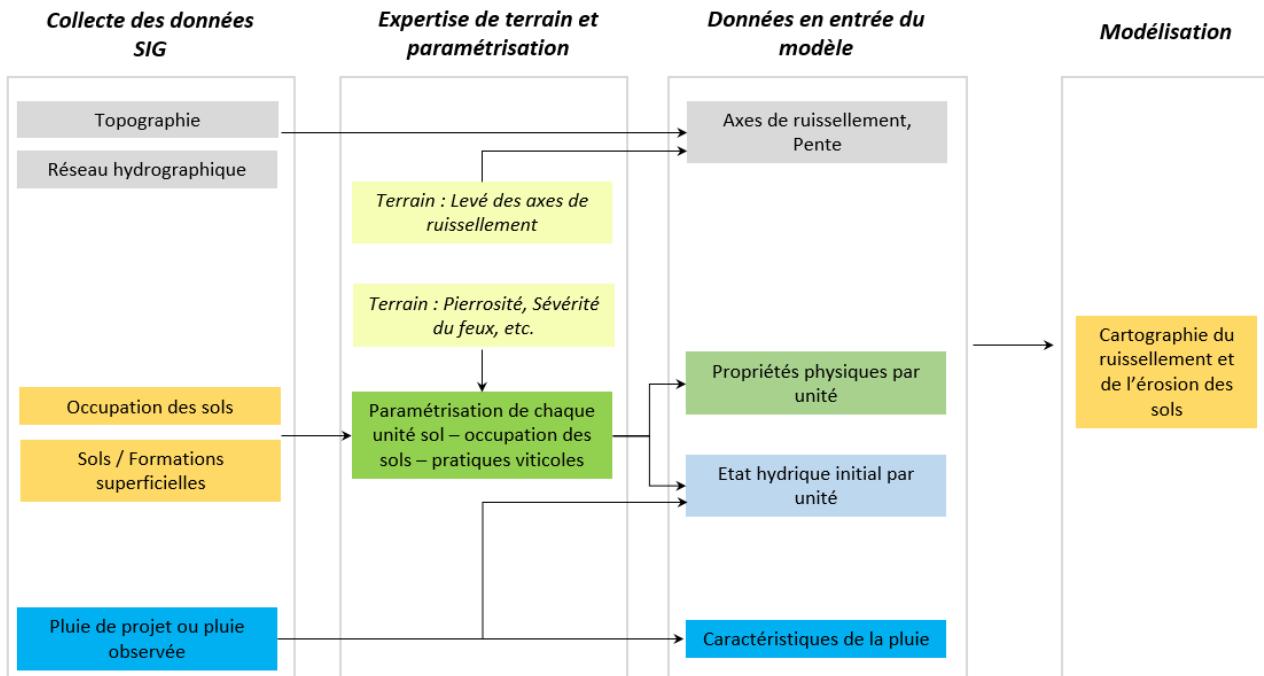


Figure 15 – Etapes de pré-traitement nécessaires pour l’utilisation du modèle WaterSed.

4.1.1 Collecte des données SIG

La construction des couches d’entrée des modélisations engagées a reposé sur :

- une carte des sols établie à partir de la carte géologique et des campagnes de terrain ;
- une carte d’occupation des sols à partir de la BD TOPO et de OSO 2016
- un modèle numérique de terrain issu de la BD ALTI 5m corrigé
- une cartographie des axes de ruissellement issu de la BD TOPO complété par les observations terrains

- *Cartographie de l’occupation des sols 2016*

La cartographie de l’occupation des sols 2016 est issue du croisement de la base de données BD TOPO de l’IGN et de la cartographie de l’occupation des sols OSO 2016 du laboratoire CESBIO (Figure 16).

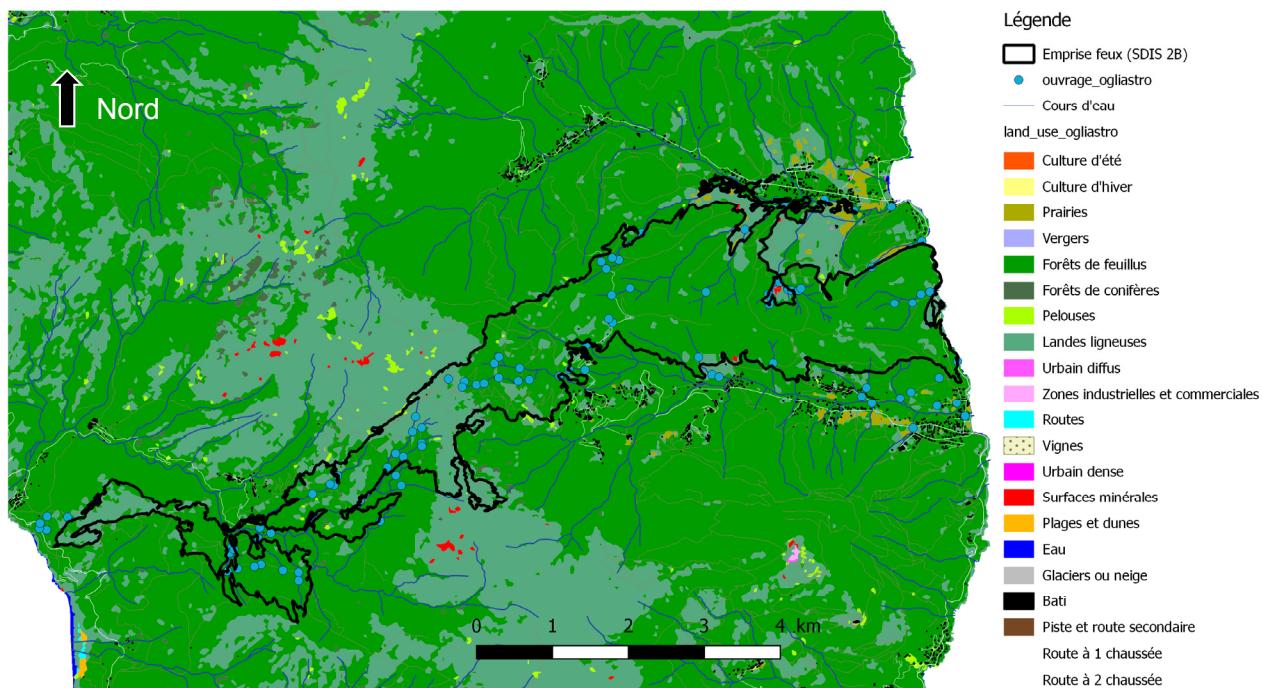


Figure 16 – Cartographie de l’occupation des sols 2016

La BD TOPO permet de construire les classes d’occupation des sols suivantes :

- Bâti
- Route à 1 chaussée
- Piste et route secondaire
- Route à 2 chaussée

La cartographie des sols OSO 2016 est obtenue par analyse des images satellites Sentinel-2. La nomenclature se décline en 17 classes d’occupation des sols. Dans le détail, cette cartographie fournit les classes d’occupation des sols suivantes :

- | | | |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| - Culture d'été | - Culture d'hiver | - Prairies |
| - Vergers | - Forêts de feuillus | - Forêts de conifères |
| - Pelouses | - Landes ligneuses | - Urbain diffus |
| - Zones industrielles | - Vigne | - Urbain dense |
| - Surfaces minérales | - Plages et dunes | - Eau |
| - Glaciers ou neige | | |

Les données utilisées permettent ainsi de produire une carte d’occupation à haute résolution, probablement très proche de l’occupation des sols de 2017.

4.1.2 Expertise de terrain et paramétrisation

- *Expertise de terrain*

Une cartographie des formations superficielles (Figure 18) a été réalisée pour les besoins de l’étude. Ces formations sont essentiellement constituées par du socle plus ou moins métamorphisées: basaltes et gabbros, gneiss, prasinites, serpentinites et sédiments métamorphisés : quartzite, cipolin, micaschistes et schistes lustrés.

Sur les deux zones incendiées, une hiérarchisation du degré d’altération a été proposée en 3 niveaux suivant les épaisseurs notées sur site et appuyée par photo-interprétation. Les altérations de ces faciès conduit systématiquement à des graves de type à sablo-argileuse (Gsa) à sableuse (Gs) ou argileuse (Ga) (Figure 17).

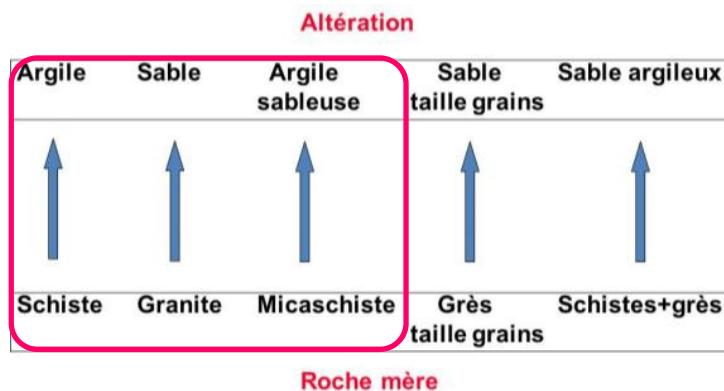


Figure 17 – Altération des roches (BRGM)

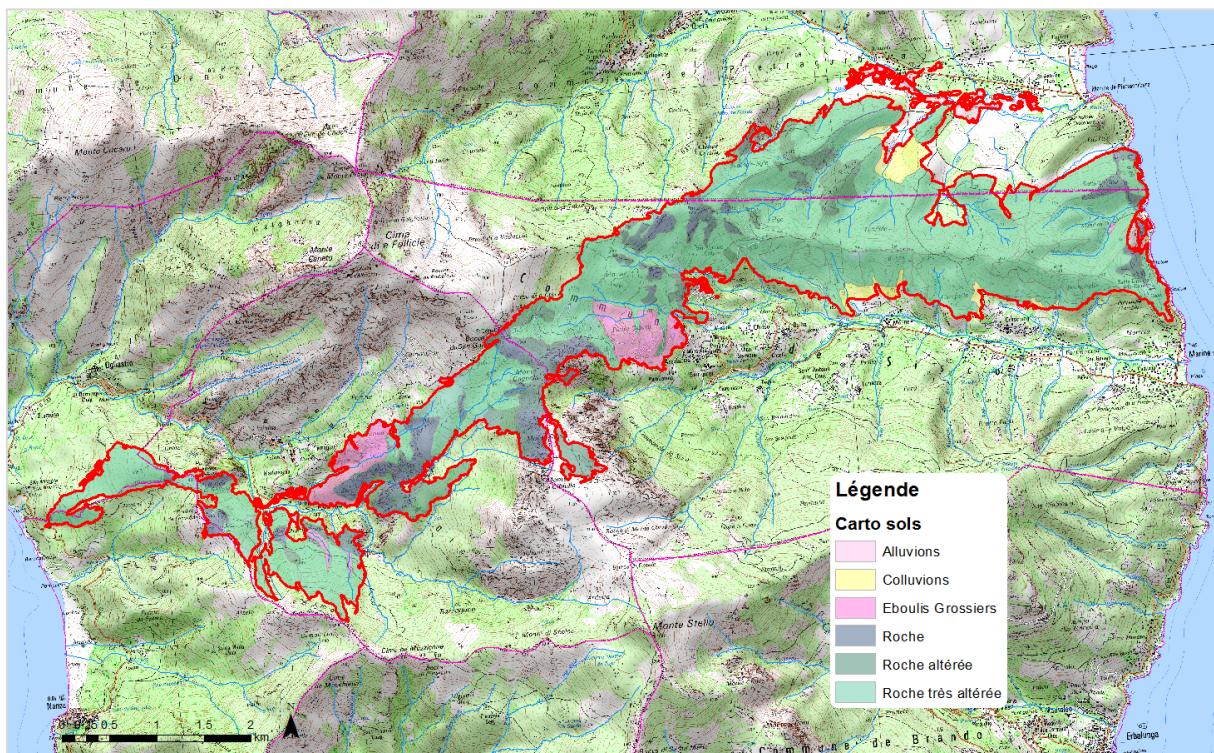


Figure 18 – Carte des sols

En complément, l'épaisseur (en cm) de matériau pulvérulent immédiatement mobilisable en cas de pluie intense est relevée par secteur, ainsi que la pierrosité des terrains sont cartographiées.

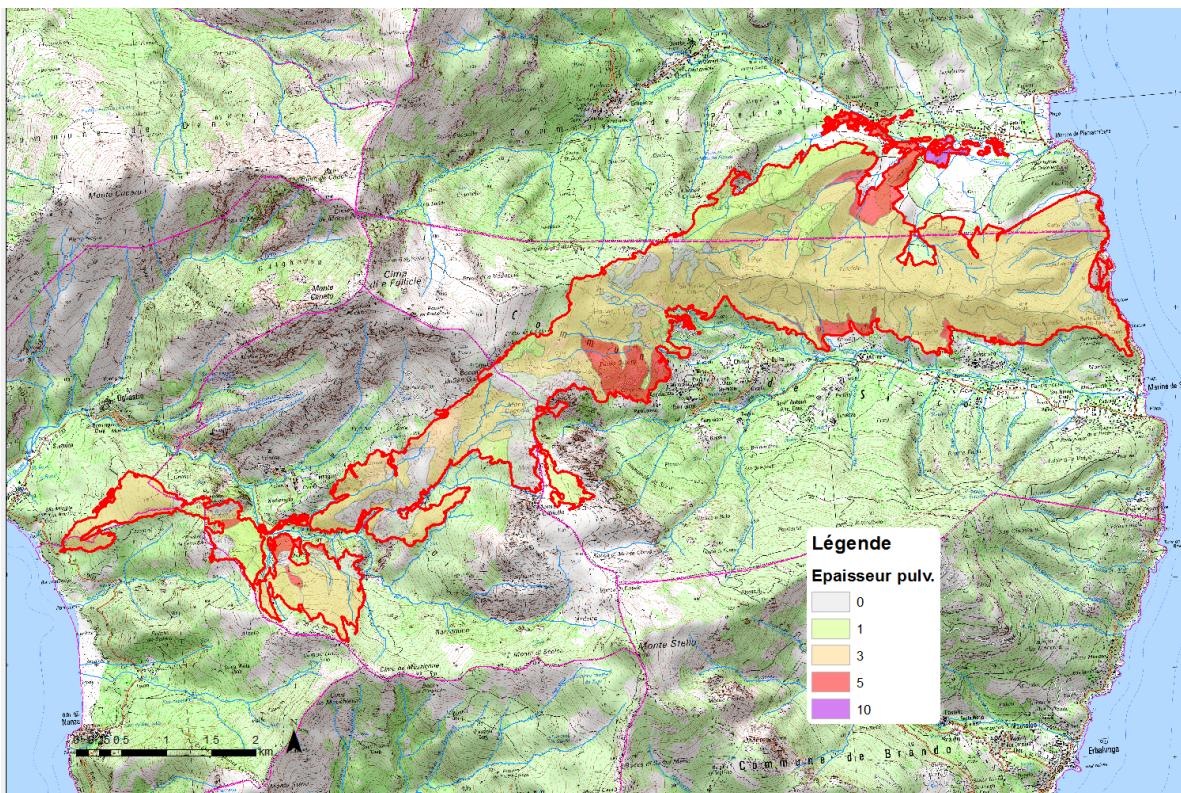


Figure 19 – Carte d'épaisseur pulvérulante immédiatement mobilisable (cm)

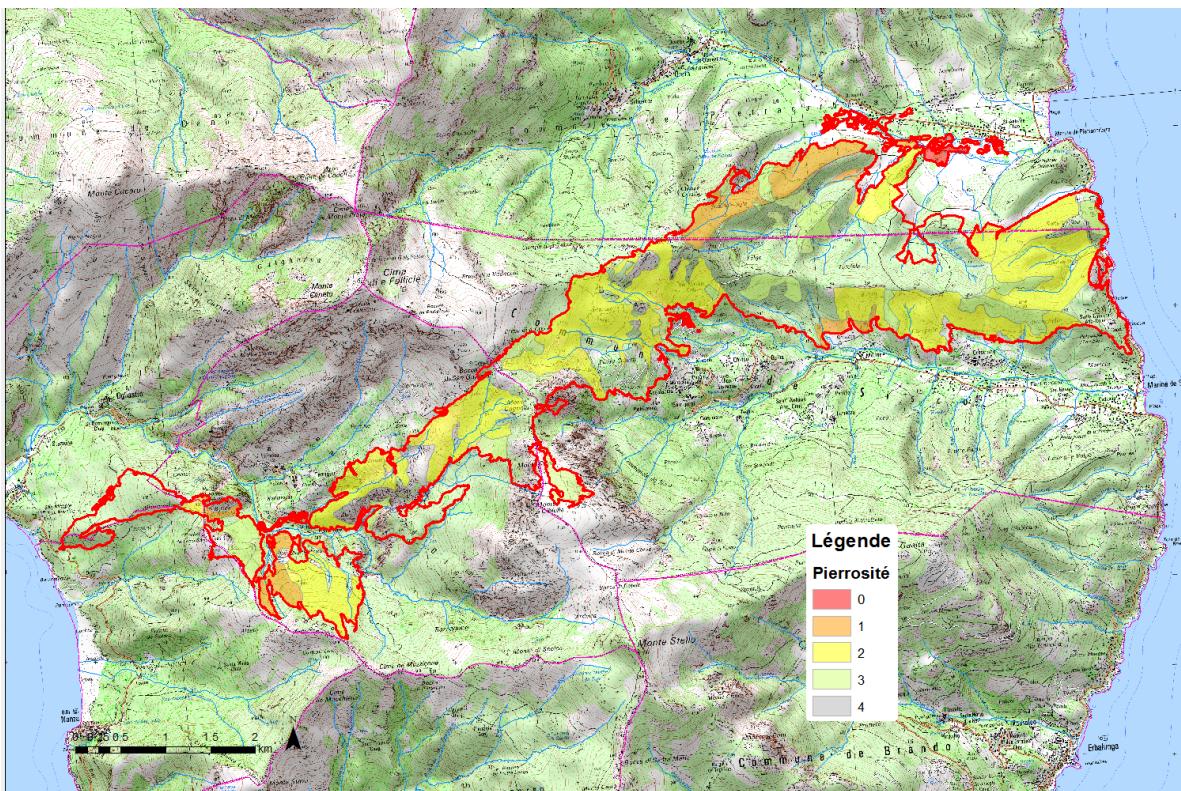


Figure 20 – Carte de pierrosité (indice croissant avec le % de pierres / note de 4 : rocher affleurant)

- *Paramétrisation des unités sol - occupation des sols*

La paramétrisation du modèle WaterSed est l’étape qui consiste à affecter à chaque couple sol / occupation des sols ses propriétés hydriques et érosives à partir d’un système de reclassification expert (Figure 21). Cette étape a été répétée deux fois, correspondant à un état initial (sans incendie) et un état projeté (avec incendie).

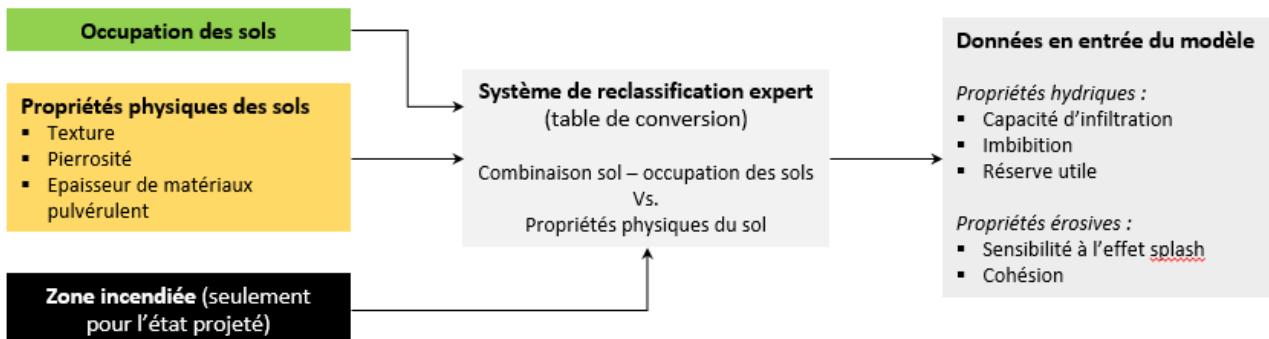


Figure 21 – Etapes de traitement pour transformer les données SIG collectées en données utilisables dans le modèle WaterSed.

Dans cette étude, le système de reclassification expert repose sur la méthode des Curve Number développé par l’USDA (United State Department of Agriculture), largement utilisé dans la littérature scientifique. L’intérêt de cette méthode est de proposer des tables de coefficients de ruissellement (Curve Number - CN) pour de très nombreuses combinaisons sol – occupation des sols.

Une table de CN a par exemple été développées spécifiquement pour l’occupation des sols des régions arides et semi-arides, pour différents types de sols et pour différentes classes de sévérité de l’incendie (USDA-NRC 2004) (Figure 22).

Cover Description	A HSG				B HSG				C HSG				D HSG			
	Unburned	Low	Moderate	High												
Herbaceous, pasture, alpine meadow, park	49	55	67	77	61*	68*	80	86	74*	81	88	89	82*	86*	92*	95
Oak-aspen—mountain brush mixture of oak brush, aspen, mountain mahogany, bitter brush, maple, and other brush	45*	52*	65	77	48	55	65	86	57	70*	80*	89	63	70	80	92
Ponderosa pine-juniper (grass under-story)	49*	57*	65	77	58	65	75	86	73	78*	83*	89	80	85	90	92
Sagebrush (grass under-story)	46*	54*	65	77	51	60	75	86	63	70	80*	89	70	75	85	92
Lodgepole pine forest	49*	57*	65	77	60	65	70	86	71	78*	83*	89	79	83*	87*	92
Bare soil	77	77	77	77	86	86	86	91	91	91	91	94	94	94	94	94
Wetland	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98

* Updated value based on Black Forest and West Fork Complex wildfires. Not as implemented in High Park analysis.

Figure 22 - Table de Curve Number (CN) selon l’occupation des sols des régions arides et semi-arides, selon le type de sol (4 classes A, B, C, D – Hydrologic Soil Groups) et selon la sévérité du feu (non-brûlé, faible, moyen, fort). Source USDA-NRCS

Afin de se conformer à la méthode des Curve Number, la cartographie des sols, couplée aux observations d’épaisseurs de matériaux et de pierrosité ont été transformé en 4 classes (Hydrologic Soil Groups, HSG) selon la nomenclature suivante :

- Groupe A : moins de 10 % d’argile et plus de 90 % de sable ou cailloux,
- Groupe B : 50 à 90 % de sables,
- Groupes C et D : moins de 50% de sable

La cartographie obtenue est présentée sur la Figure 23. La table de CN (Figure 22) détaille également la sévérité du feu en 4 classes. Dans le cas présent, le choix d’un feu de sévérité

« modérée » a été retenu en accord avec la typologie du feu – rapidité extrême de déplacement notamment – évoquée par le SDIS2B.

Au final, deux tables de CN ont été définies (avant et après incendie). Les valeurs de CN retenues correspondent au croisement de l’occupation des sols, du sol et de la sévérité du feu.

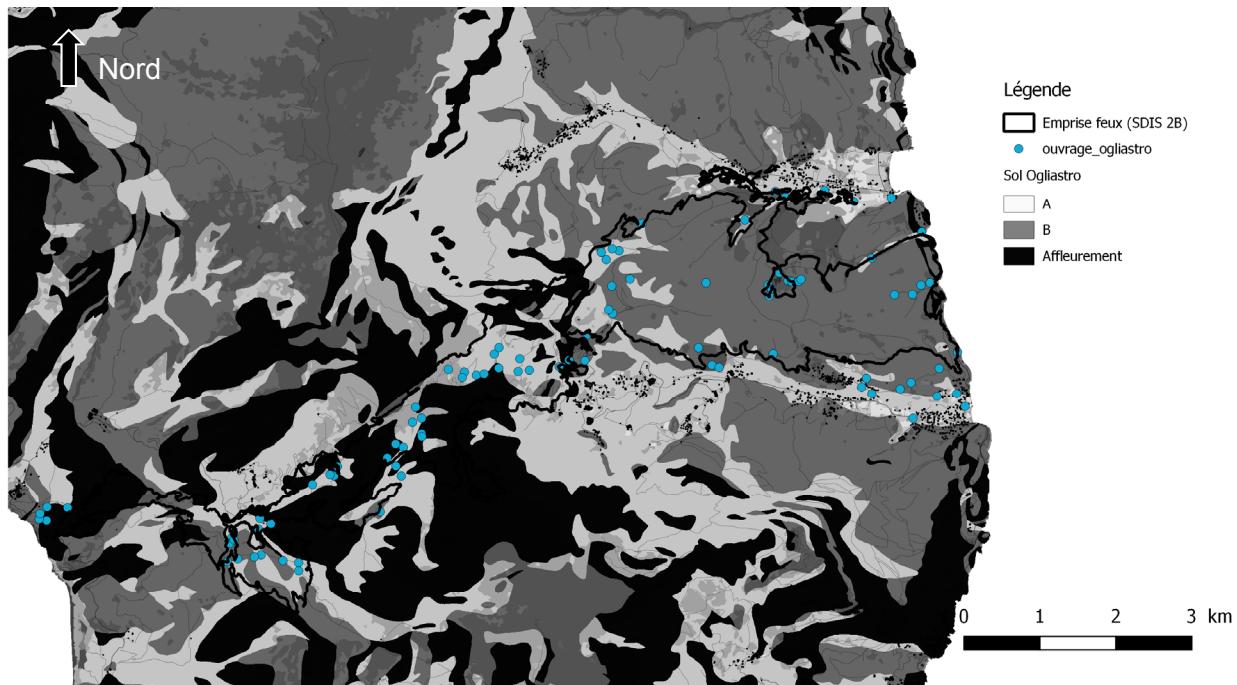


Figure 23 – Cartographie des sols simplifiée en 4 classes selon la nomenclature de la méthode Curve Number. Deux classes sont représentées sur le site d’étude : les classes A et B.

4.1.3 Données en entrée du modèle

A partir de ces valeurs de CN, les propriétés hydriques de chaque combinaison ont été déduites :

- Imbibition (mm) : perte initiale correspondant à l’humectation du sol et à l’interception de la pluie par la végétation ; dépendant de l’antécédent pluvieux
- Capacité d’infiltration (mm/h) : perte continu par infiltration de l’eau au sein de la porosité du sol
- Réserve utile (mm) : hauteur d’eau maximum équivalente à un remplissage total de la porosité du sol

Les propriétés érosives de chaque combinaison ont été déterminées à partir de la littérature scientifique :

- Concentration en potentielle en MES dans les eaux de ruissellement (g/l) : érosion en nappe provoquée par l’impact des gouttes de pluie à la surface du sol ;
- Cohésion (-) : coefficient adimensionnel variant entre 0 et 1 et décrivant la sensibilité du sol à l’arrachement en cas de ruissellement concentré

Cinq cartes de propriétés physiques sont donc produites pour l’état initial (sans incendie) et cinq cartes pour l’état projeté (avec incendie). Pour illustrer ce propos, la Figure 24 présentent la capacité d’infiltration du sol sans incendie et la Figure 25 la capacité d’infiltration du sol avec incendie.

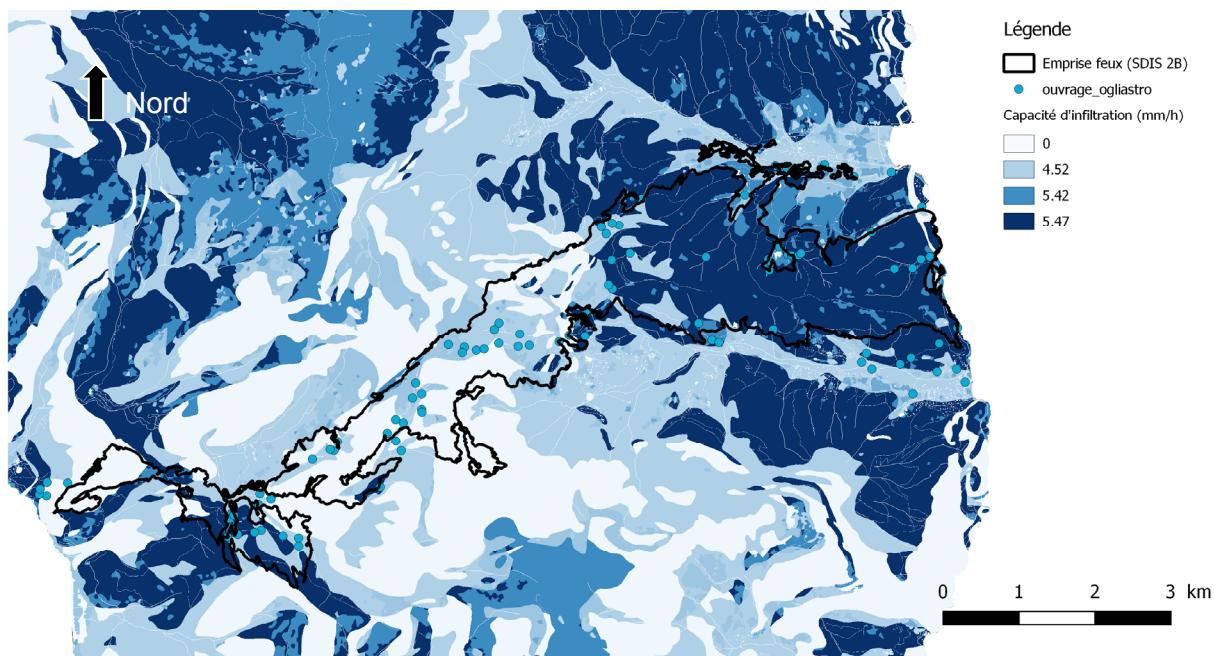


Figure 24 - Cartographie de la capacité d’infiltration du sol (sans incendie) dérivé de la cartographie de l’occupation des sols 2016 et d’un système de reclassification expert.

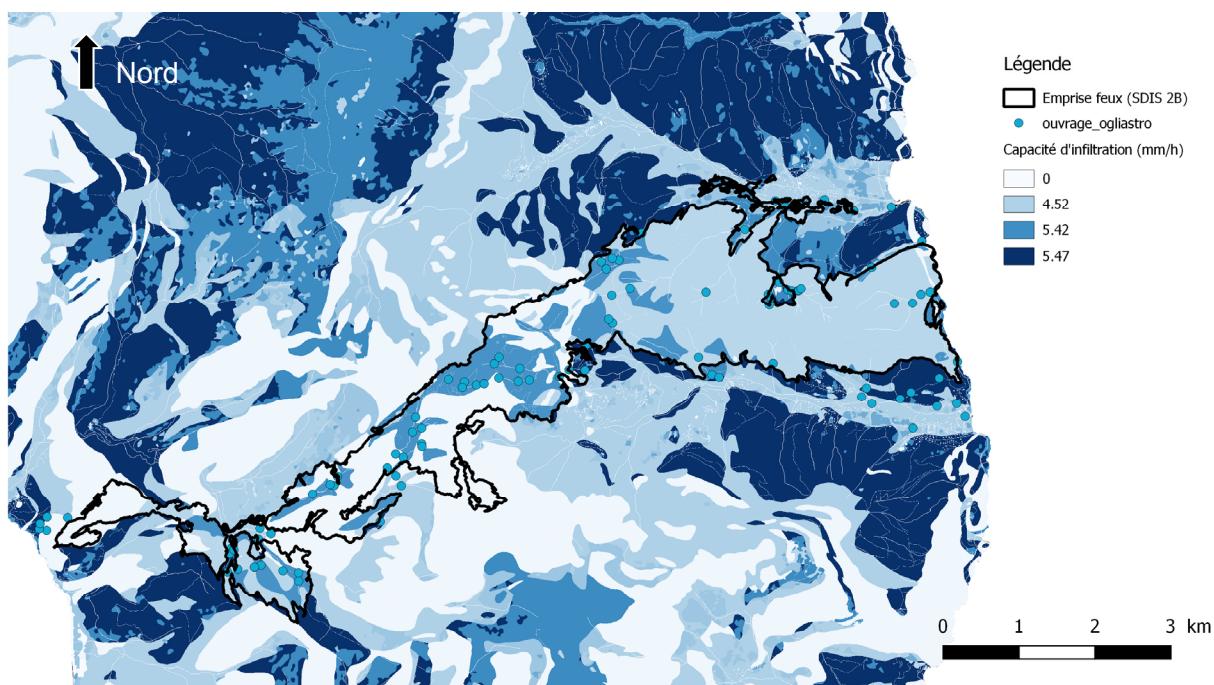


Figure 25 - Cartographie de la capacité d’infiltration du sol (avec incendie) dérivé de la cartographie de l’occupation des sols 2016 et d’un système de reclassification expert.

La fréquence et les caractéristiques des évènements pluviométriques retenues pour les simulations correspondent à celles des PPRI :

- Pluie centennale : 170 mm en 24h, avec une durée effective de 14h ;
- Pluie décennale : 115 mm en 24h avec une durée effective de 10h.

Ces pluies sont considérées comme homogènes sur l’ensemble du territoire d’étude. Dans le modèle WaterSed, deux couches sont nécessaires pour caractériser un évènement pluviométrique :

- Hauteur de pluie (mm) : lame d’eau précipitée

- Durée effective (min) : durée avec une intensité de pluie supérieure à 0 mm/h

Enfin, le modèle WaterSed propage le ruissellement à la surface du sol selon les lignes de plus grandes pentes et selon les axes de ruissellement inventoriés par la BD Topo ou décrit sur le terrain. Deux couches supplémentaires sont ainsi renseignées dans le modèle :

- Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) : altimétrie discrétisé en maille de 5m et corrigé hydrologiquement
- La largeur des axes de ruissellement

Au final, 9 cartes sont nécessaires pour effectuer une simulation : 2 pour décrire la topographie, 5 pour caractériser les propriétés du sol et de l’occupation et 2 pour caractériser l’évènement de pluie considéré.

4.1.4 Modélisation du ruissellement et de l’érosion des sols

- *Calibration du modèle*

La calibration du modèle WaterSed a été réalisée pour l’occupation des sols de l’état initial (sans incendie) et pour les évènements pluviométriques décrits ci-avant. Pour ces évènements, les PPRI fournissent des débits de pointe à l’exutoire de plusieurs bassins versants répartis sur les communes de Pietracorbara, Sico, Bevinco et Rasignani. Les paramètres du modèle ont ainsi été déterminés en minimisant l’écart entre débit de pointe observé et débit de pointe simulé par le modèle (Figure 26).

	Centennal (m ³ /s)			Décennal (m ³ /s)		
	PPRI	Modélisé	Ratio Mod / PPRI	PPRI	Modélisé	Ratio Mod / PPRI
Pietracorbara	228	142	62%	190	50	26%
Sisco	165	143	87%	80	60	75%
Bevinco	500	375	75%	-	190	-
Rasignani	133	82	62%	-	30	-

Figure 26 – Calage des débits de pointe

Il est important de noter que les débits de pointe simulés par le modèle WaterSed sont volontairement sous-estimés en raison de l’utilisation d’hydrogrammes triangulaires qui « étalent » les débits et atténuent les pics brutaux. Ceci étant, il faut retenir que les résultats de ces simulations restent principalement valables pour une valorisation en « relatif » dont le but est de hiérarchiser la dangerosité d’une situation par rapport à une autre. Avec le niveau de paramétrisation utilisé (qui n’inclue en particulier pas de campagnes de mesures des caractéristiques physiques des sols) et sans la disponibilité de mesures in-situ de ruissellement et d’érosion de référence, il apparaît délicat d’utiliser les résultats des simulations comme des valeurs absolues de référence quantifiée.

- *Application du modèle et analyse des résultats*

Une fois le modèle calibré, les différentes cartographies en sortie du modèle WaterSed ont été analysées suivant différents objets géographiques :

- à l’échelle de la zone incendiée : évaluation des volumes solides / ruisselés par pixel élémentaire (maille de 25 m x 25 m) dérivé du modèle numérique de terrain ;
- à l’échelle des ouvrages (points de franchissement) :
 - o augmentation du ruissellement

- variation des débits de pointe
- augmentation des transports sédimentaires
- au niveau des exutoires principaux point de référence : synthèse

Les résultats des modélisations montrent que l’impact du feu est plus important en proportion pour les événements décennaux que centennaux, ce qui est conforme à la bibliographie. Cependant, il reste bien évident qu’en absolu, un évènement centennal (même non brûlé) engendrera des débits de pointe plus importants qu’un évènement décennal avec bassins versants incendiés.

En relatif, l’impact du feu peut atteindre près de 500% pour les débits de pointe notamment selon les bassins versants pour des épisodes décennaux. Les secteurs les plus impactés de ce point de vue sont :

- les franchissements au niveau de la RD 80 en aval des ruisseaux de Grotta Bianca;
- le bassin versant du ruisseau de Marcelaia en rive gauche du Pietracorbara.

Sur les bassins, les transports solides attendus sont très variables mais globalement compris entre 10 et 30 fois supérieures à ceux observés en l’absence de feux et peuvent atteindre un facteur de 50 à 100 localement (ruisseau de Stagogne en particulier).

La synthèse aux exutoires à l’Est des zones brûlées (Pietracorbara, Grotta Bianca et Sisco) met en évidence un impact fort du feu sur les données hydrodynamiques, y compris pour des bassins versant de superficie importante.

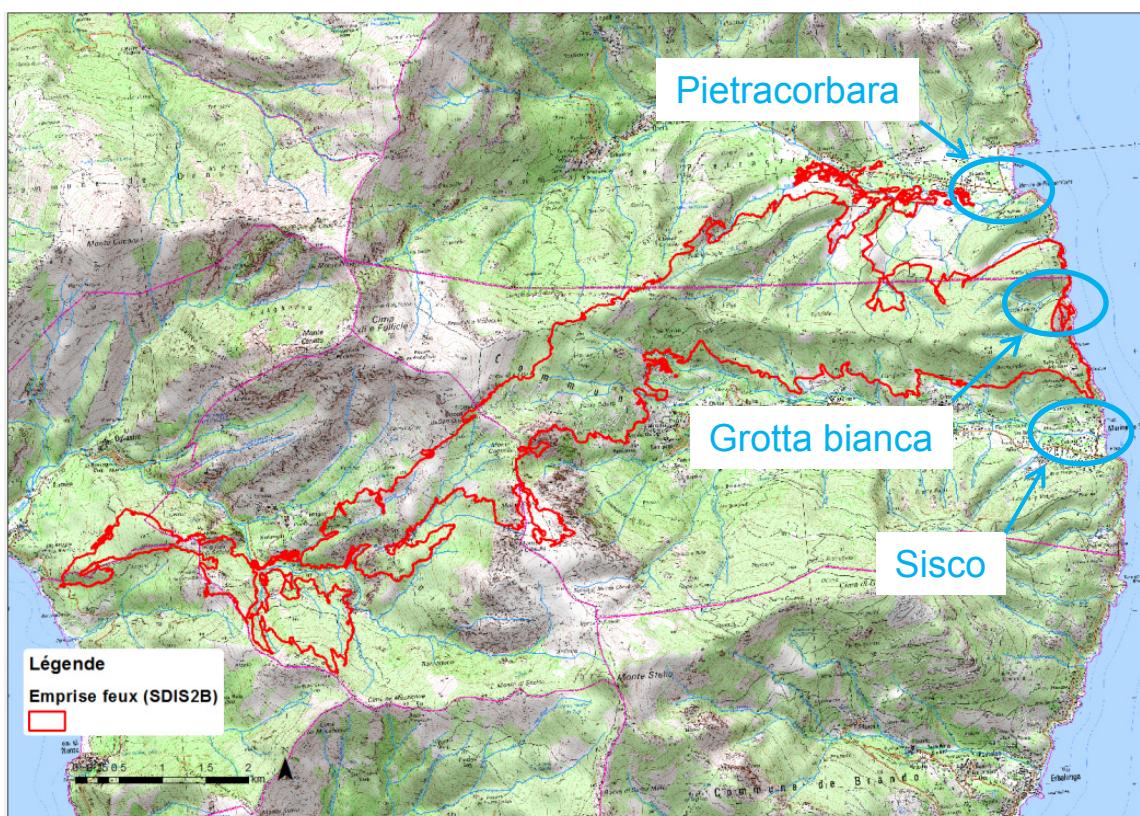


Figure 27 – Exutoires retenus pour les synthèses

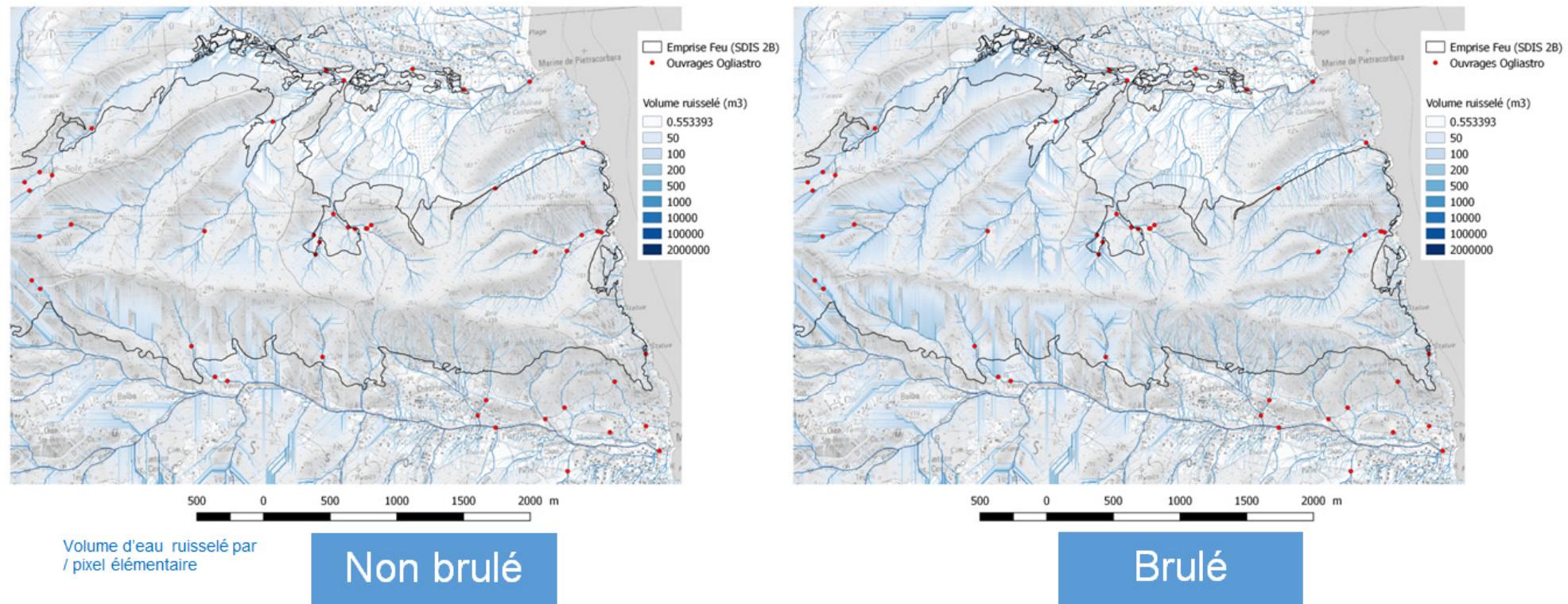


Figure 28 – Evolution des volumes ruisselés (événement centenal)

Impact des incendies sur les phénomènes de mouvements de terrain – Feu d’Ogliastro (été 2017)

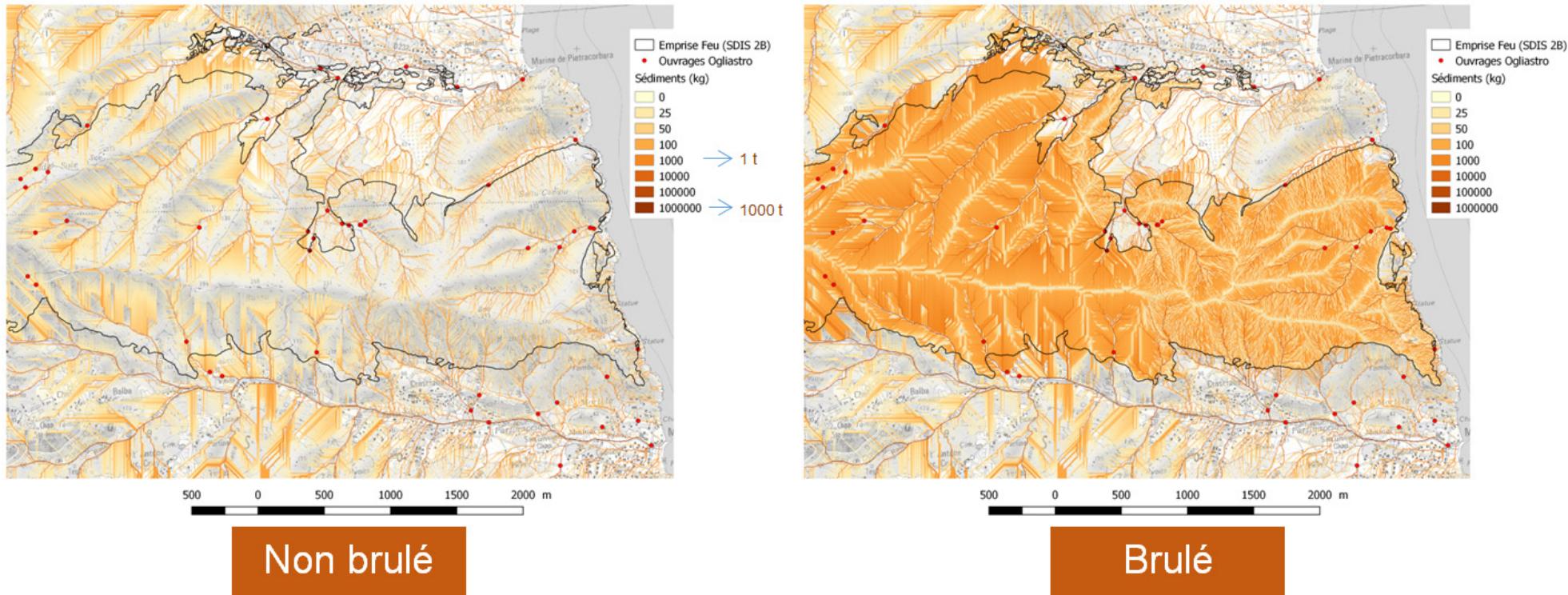


Figure 29 – Evolution du transport sédimentaire

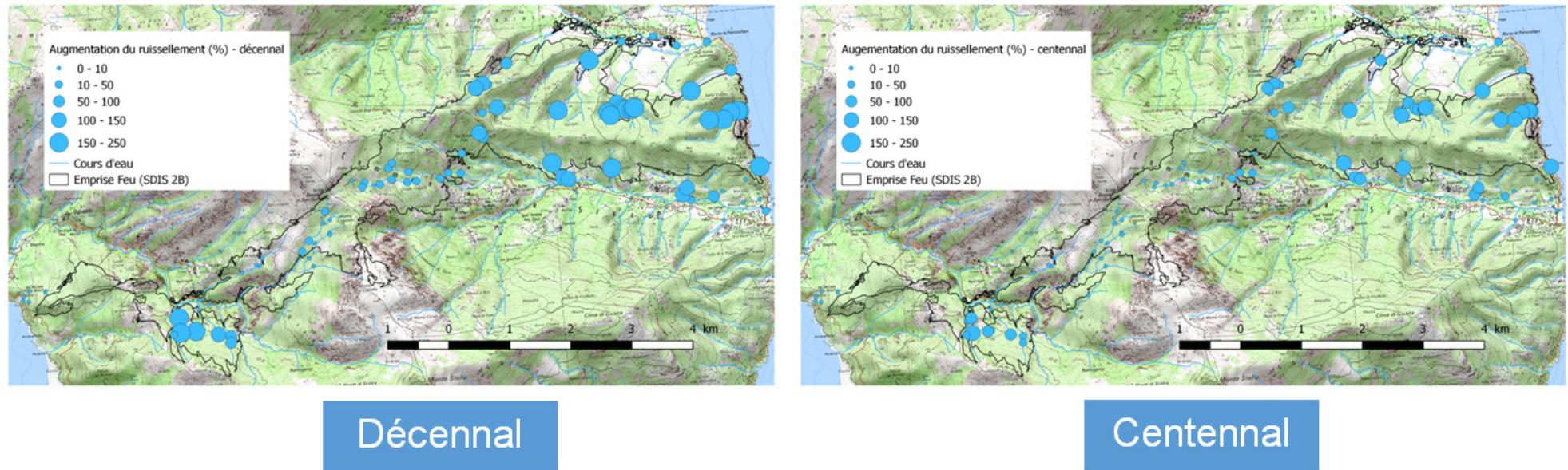


Figure 30 – Augmentation du ruissellement

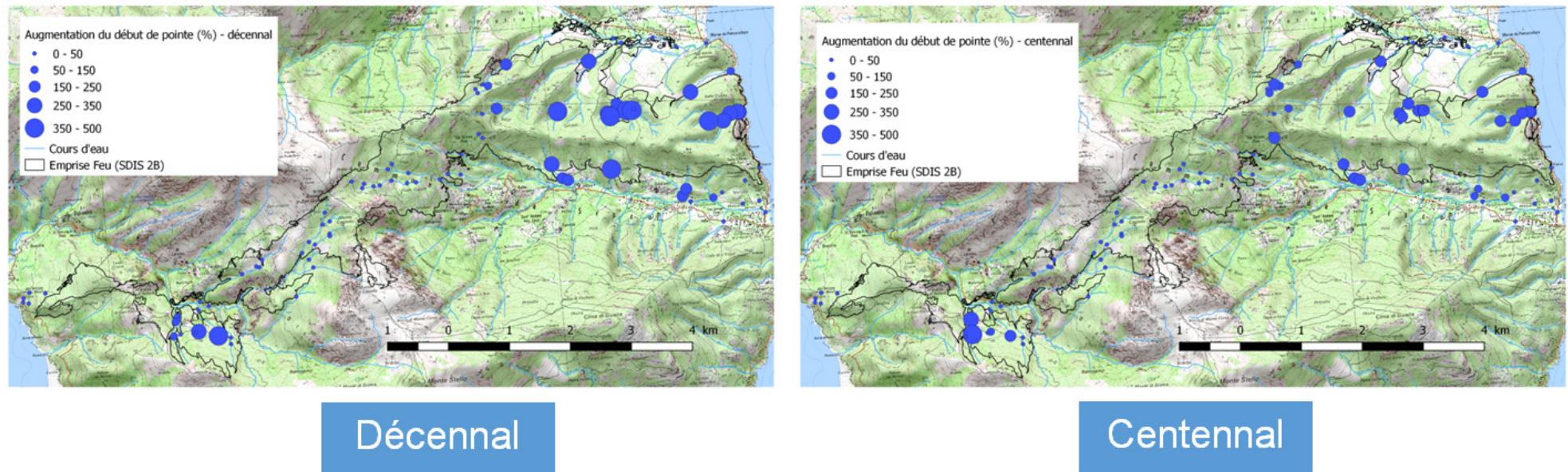


Figure 31 – Variation des débits de pointe

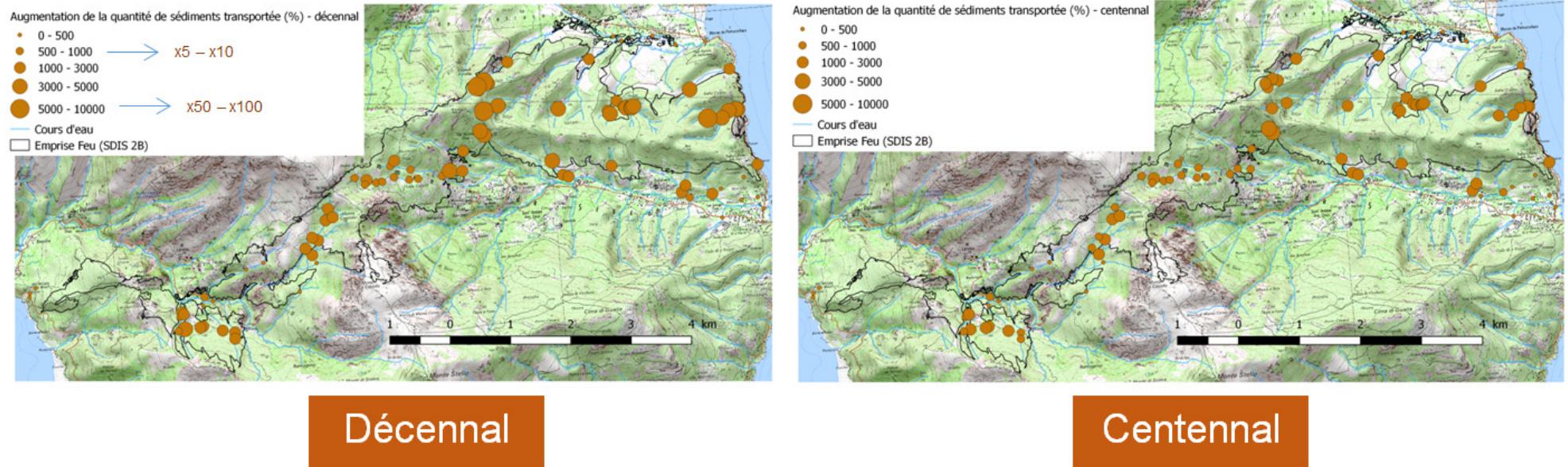


Figure 32 – Augmentation du transport sédimentaire

On relève en particulier pour ces bassins (Pietracorbara et Sisco) pour les épisodes décennaux :

- une augmentation de débit de pointe de 30% directement liée aux feux ;
- des transports solides multipliés par 5 à 6.

Pour le bassin de Grotta Bianca de taille plus réduite, les impacts sont très importants :

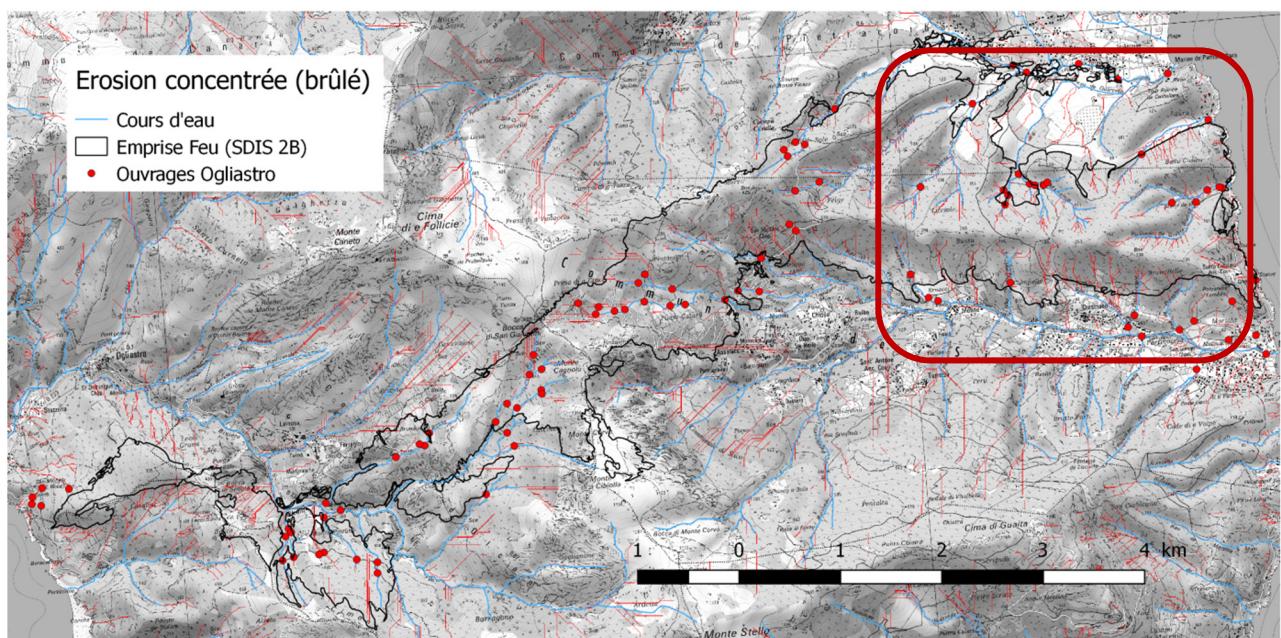
- une augmentation de débit de pointe de plus de 300% directement liée aux feux ;
- des transports solides multipliés par 30.

DECENNAL		Pietracorbara		Grotta Bianca		Sisco	
		Volume	Ratio (Br - Non Br) / (Non Br)	Volume	Ratio (Br - Non Br) / (Non Br)	Volume	Ratio (Br - Non Br) / (Non Br)
Volume ruisselé (10 ³ m ³)	Non brûlé	552	+ 21%	15	+ 168%	604	+ 14%
	Brûlé	669		40		691	
Débit de pointe (m ³ /s)	Non brûlé	49	+ 35%	3	+ 321%	59	+ 23%
	Brûlé	67		12		73	
Quantité de sédiments (t)	Non brûlé	341	× 5.4	11	× 32.6	248	× 5.9
	Brûlé	1 855		355		1 458	

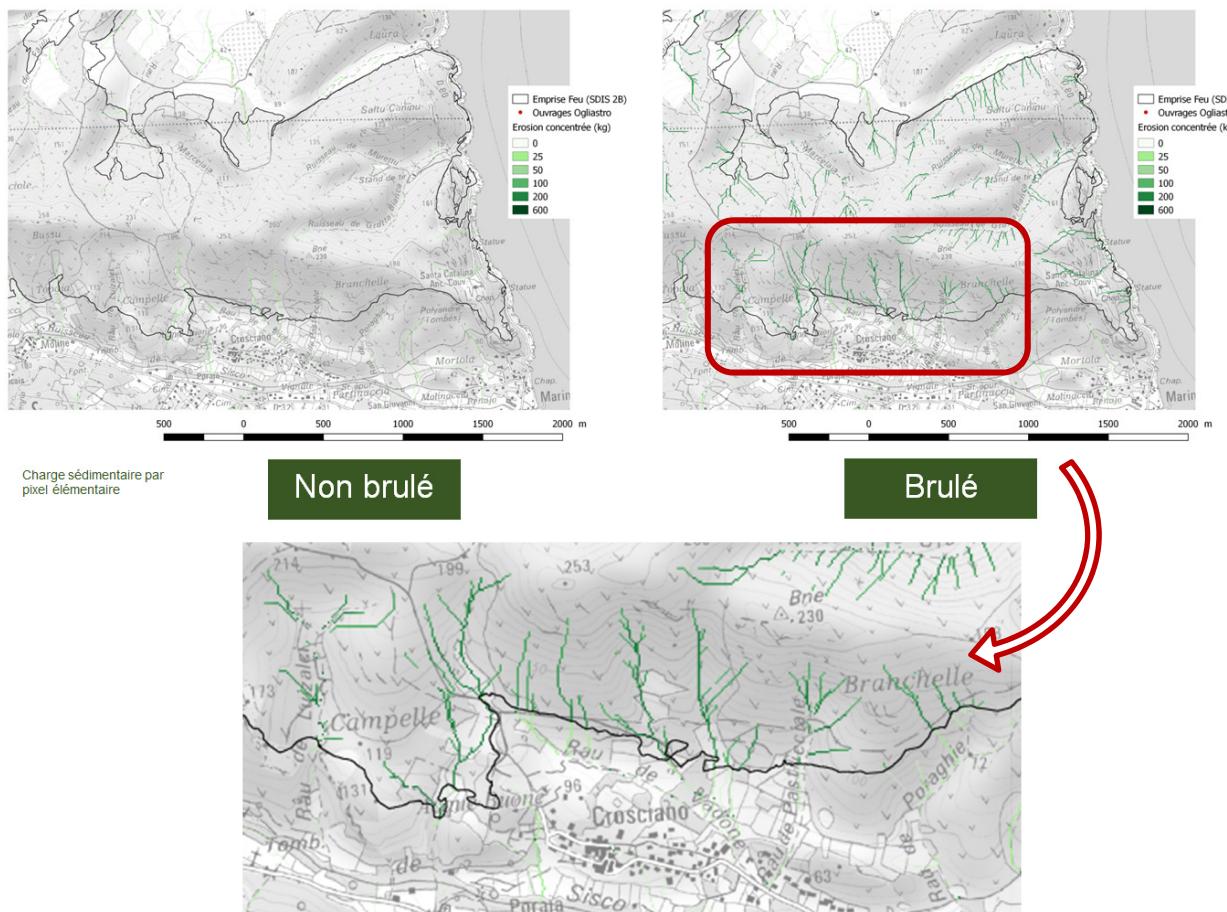
CENTENNIAL		Ogliastro			
		Pietracorbara		Grotta Bianca	
Volume ruisselé (10 ³ m ³)	Débit de pointe (m ³ /s)	Non brûlé	Brûlé	Non brûlé	Brûlé
Volume ruisselé (10 ³ m ³)	Non brûlé	1 313	+ 12%	35	+ 101%
	Brûlé	1 476		70	
Débit de pointe (m ³ /s)	Non brûlé	142	+ 21%	8	+ 187%
	Brûlé	171		24	
Quantité des sédiments (t)	Non brûlé	993	× 3.8	33	× 20.0
	Brûlé	3 735		665	

Figure 33 – Variation aux exutoires retenus

En parallèle, une analyse des zones d’érosion concentrées (création ou approfondissement attendu de ravine) a été ébauchée pour une occupation du sol non brûlée et brûlée. Cette analyse met en évidence les drains préférentiels susceptibles de concentrer les écoulements (Figure 34).



Un zoom sur le secteur du bassin de Grotta Bianca (Figure 35) renseigne sur les ordres de grandeur de charge solide liée à ces écoulements concentrés, à l'échelle des pixels élémentaires. Plus que ces valeurs c'est la différence remarquée entre les conditions pré et post-incendies qui est à retenir et l'identification selon les secteurs des drains favorisant cette érosion concentrée.



5 Conclusion

Les résultats des travaux ont permis de proposer :

- une identification des points noirs (sites potentiellement problématiques) les plus marquants : 11 fiches constituées rassemblant 26 points sensibles, majoritairement en lien avec des ouvrages de franchissement, avec des propositions d’action hiérarchisées en terme de priorité d’action ;
- 3 secteurs (« point noirs ») à priorité forte d’intervention identifiée :
 - o pour charriage à proximité des habitations avec ou sans embâcle des ouvrages nécessitant des actions à court terme comme la prévention des populations ou l’entretien d’ouvrages notamment ;
- une hiérarchisation de l’impact des incendies au niveau des différents franchissements de voies de circulation (pistes, routes communales et routes départementales).

Une cartographie du « sur-aléa » lié au feu en matière de ruissellement, débit de pointe aux franchissements d’ouvrages et de transport solide a été réalisée. Les résultats des simulations engagées à partir du modèle WaterSed montrent que l’impact relatif du feu est plus important pour un évènement décennal que centennal et est d’autant plus important que la superficie du bassin versant est faible.

En relatif (avant / après incendies), l’impact du feu pourrait, selon les simulations, engendrer une augmentation des débits de pointe près de 500% selon les bassins versants et pour des épisodes décennaux. Les secteurs les plus impactés de ce point de vue sont :

- les franchissements au niveau de la RD 80 en aval des ruisseaux de Grotta Bianca;
- le bassin versant du ruisseau de Marcelaia en rive gauche du Pietracorbara.

En terme de transport solide, des augmentations d’un facteur 10 à 30 sont attendues globalement et peuvent atteindre un facteur 50 à 100 localement (ruisseau de Stagogne en particulier). La synthèse aux exutoires à l’Est des zones brûlées (Pietracorbara, Grotta Bianca et Sisco) met en évidence un impact fort du feu sur les données hydrodynamiques, y compris pour des bassins versant de superficie importante, dans des proportions de 5 à 6 pour les transports solides et de +30% pour les débits de pointe.

Ces travaux illustrent l’importance de la prise en compte des incendies (et de façon plus générale de l’occupation du sol) en matière de prévention contre les phénomènes de mouvements de terrain mais également d’inondation. A cet égard, en cas de pluie importante affectant ces sites dégradés, des visites de sites seraient à engager afin de :

- garantir l’inventaire des phénomènes au regard d’un épisode pluvieux important ;
- procéder à un retour d’expérience en termes de dommages / désordres ;
- relever, le cas échéant, des facteurs aggravants éventuels sur les zones ciblées (masses résiduelles...).

6 Bibliographie

Conedera, M., Peter, L., Marxer, P., Forster, F., Rickenmann, D., Re, L. (2003): Consequences of forest fires on the hydrogeological response of mountain catchments: a case study of the Riale Buffaga, Ticino, Switzerland. *Earth Surface Processes and Landforms* 28, 117–129.

Pausas J.G., Joan Llovet, Anselm Rodrigo and Ramon Vallejo. Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? – A review. (2008) *International Journal of Wildland Fire* 17(6) 713-723
<https://doi.org/10.1071/WF07151>

Stoof R., R.W. Vervoort, J. Iwema, E. van den Elsen, A. J. D. Ferreira, and C. J. Ritsema (2011). Hydrological response of a small catchment burned by experimental fire. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 267–285.

Shakesby, R.A. (2011): Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: Review and future research directions. *Earth-Science Reviews*, 105, 71-100.

USDA-NRCS (U.S. Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service), 2004. NRCS National Engineering Handbook, Part 630 Hydrology, Chapter 10, Estimation of direct runoff from storm rainfall. Accessed in April 2013.

7 Annexes

Annexe 1

Fiches de synthèse

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 9, 11, 12

Type de phénomène : Embâcle, inondations

PRIORITE : P1

Enjeux concerné : Habitations, piste

Situation : Marine Pietracorbara



Légende

Emprise feux (SDIS2B) Nature Sol

Points noirs locaux

Alluvions

Colluvions

Eboulis Grossiers

Roche

Roche altérée

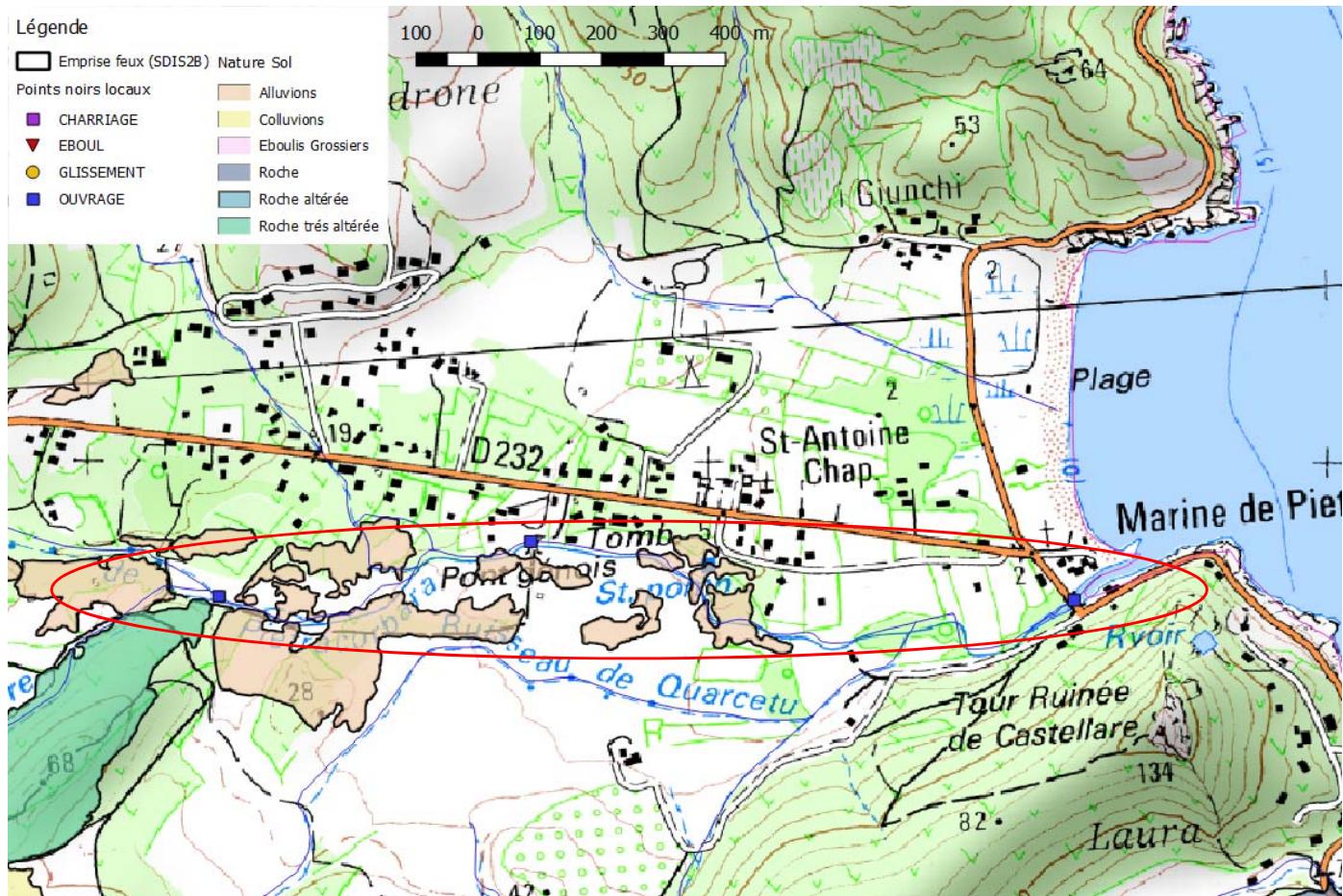
Roche très altérée

CHARRIAGE

EBOUL

GLISSEMENT

OUVRAGE



DESCRIPTION

Ruisseau de Pietracorbara traversant le passage inférieur de la STEP, l'ouvrage temporaire STEP, le pont génois, le pont de la RD 80. le ruisseau n'est pas entretenu sur toute la longueur soit 1200m env., beaucoup de matériaux (fines, végétaux, ordures) sont dans le lit mineur. Zone brûlée drainée importante.

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 9, 11, 12

Type de phénomène : Embâcle, inondations

PRIORITE : P1

Enjeux concerné : Habitations, piste



Situation : Marine Pietracorbara

IMAGES



RISQUE RESIDUEL

Possibilité de transport solide très important vers l'aval selon intensité des pluies. En cas d'embâcle, risque de coulée boueuse sur les habitations.

GESTION DU RISQUE

Court terme : enlèvement de l'ouvrage temporaire, entretien des ouvrages et du lit mineur du ruisseau

Moyen à long terme : entretien des ouvrages et du lit mineur du ruisseau. Vérifier la compatibilité des travaux d'aménagement du lit avec les recommandations / prescriptions du PPRI en cours. Prise en compte de la thématique des transports solides dans l'aménagement du cours d'eau vis-à-vis du phénomène inondation stricto-sensu.

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 13, 25

Type de phénomène : Embacle, Charriage

PRIORITE : P2

Enjeux concerné : Habitation, déchetterie, centre de tir

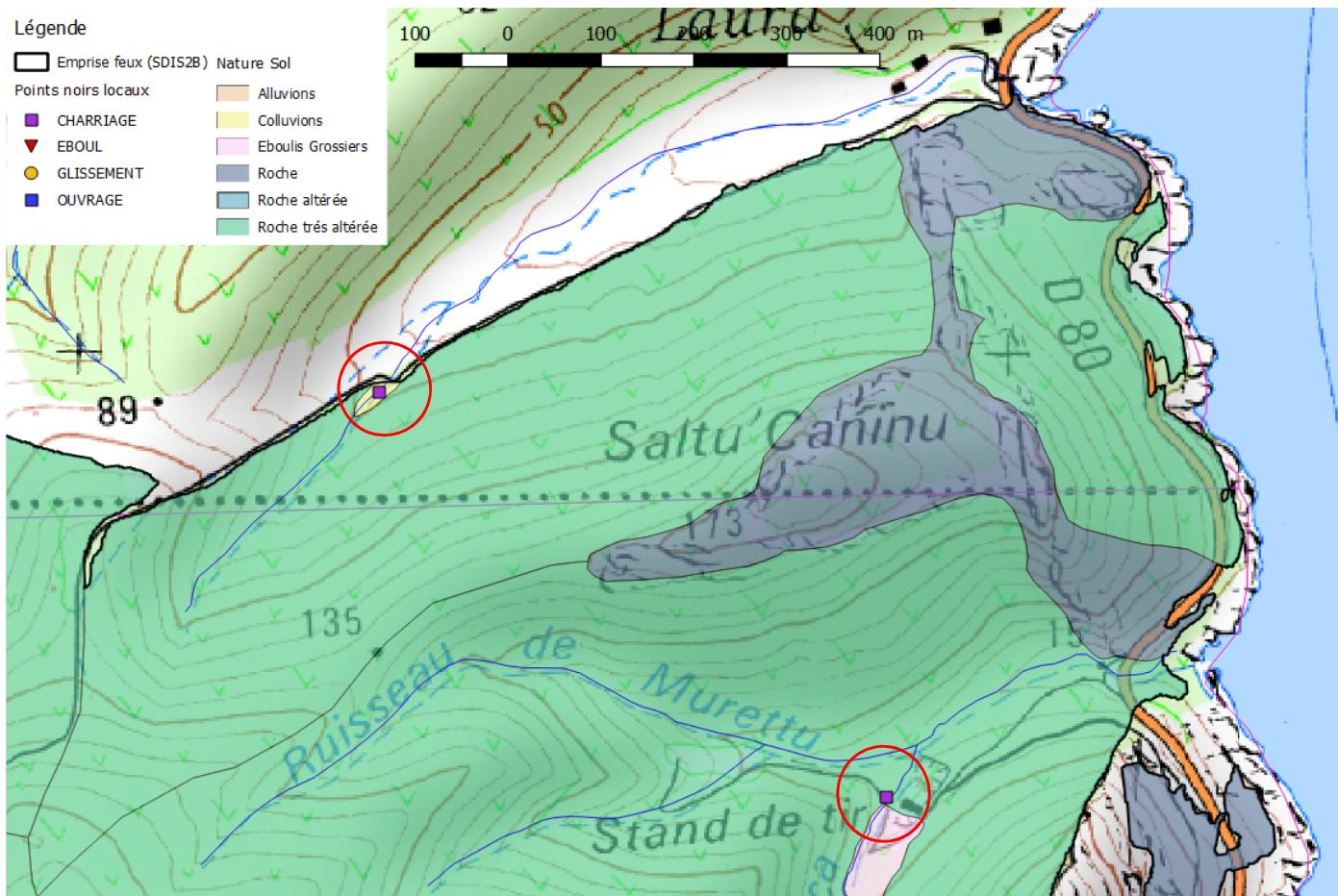
Situation : Saltu Caninu Nord et Sud



Légende

Emprise feux (SDIS2B) Nature Sol
Points noirs locaux
CHARRIAGE
EBOUL
GLISSEMENT
OUVRAGE

Alluvions
Colluvions
Eboulis Grossiers
Roche
Roche altérée
Roche très altérée



DESCRIPTION

Ruisseau Grotta Bianca traversant le passage inférieur du stand de tir. Ruisseau Saltu Caninu Nord debouchant sur une zone habitée, passage à gué de la piste en amont. Beaucoup de matériaux (fines et cendres) dans les thalwegs. Zone brûlée drainée importante (100% grotta bianca, 50% ruisseau nord)

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 13, 25

Type de phénomène : Embacle, Charriage

PRIORITE : P2

Enjeux concerné : Habitation, déchetterie, centre de tir

Situation : Saltu Caninu Nord et Sud



IMAGES



RISQUE RESIDUEL

Possibilité de transport solide très important vers l'aval selon intensité des pluies. En cas d'embacle, risque de coulée boueuse proche de l'habitation, la déchetterie

GESTION DU RISQUE

Court terme : entretien des ouvrages (passage inférieur du centre de tir) et du lit mineur des ruisseaux

Long terme : -

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 14

Type de phénomène : Embâcle

PRIORITE : P1

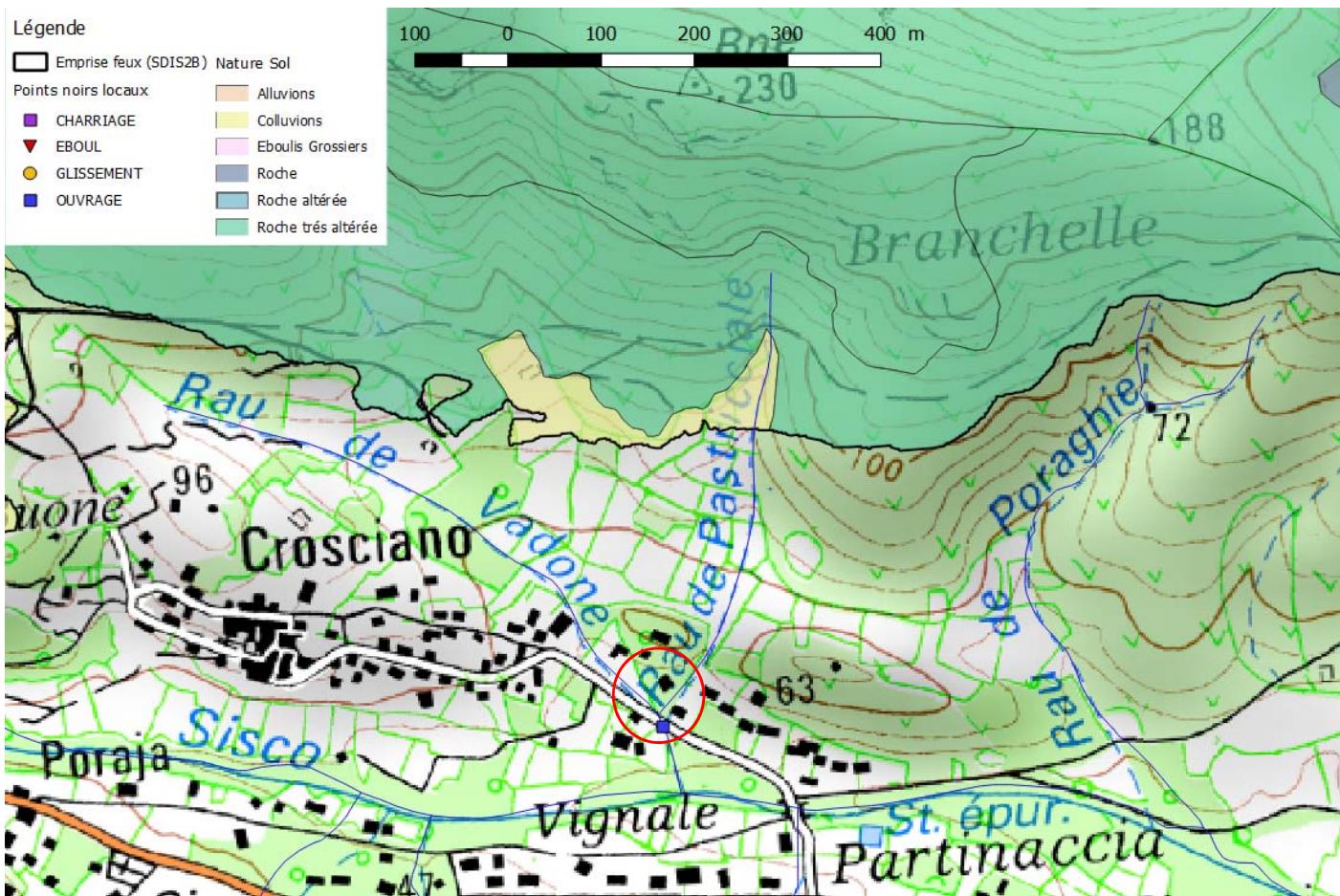
Enjeux concerné : RC

Situation : Sisco (Crosciano)



Légende

Emprise feux (SDIS2B) Nature Sol	
Points noirs locaux	Alluvions
CHARRIAGE	Colluvions
EBOUL	Eboulis Grossiers
GLISSEMENT	Roche
OUVRAGE	Roche altérée
	Roche très altérée



DESCRIPTION

Ruisseaux de Vadone et de Pastriccielle traversant le passage inférieur (PI) sous la route. Zone brûlée sur le haut du Bassin versant. Beaucoup de matériaux (ordures) et de végétaux dans les lits mineur avant et dans le PI. PI surbaissé (0,5m haut)

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 14

Type de phénomène : Embacle

PRIORITE : P1

Enjeux concerné : RC



Situation : Sisco (Crosciano)

IMAGES



RISQUE RESIDUEL

Possibilité de transport solide vers l'aval selon intensité des pluies. En cas d'embacle à cause des végétaux et ordures, risque de divagation des eaux sur la route proche des habitations

GESTION DU RISQUE

Court terme : entretien des ouvrages et du lit mineur des deux ruisseaux

Long terme : -

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 24

Type de phénomène : Charriage

PRIORITE : **P3**

Enjeux concerné : Piste DFCI

Situation : Pietracorbara Vallon du Fiore

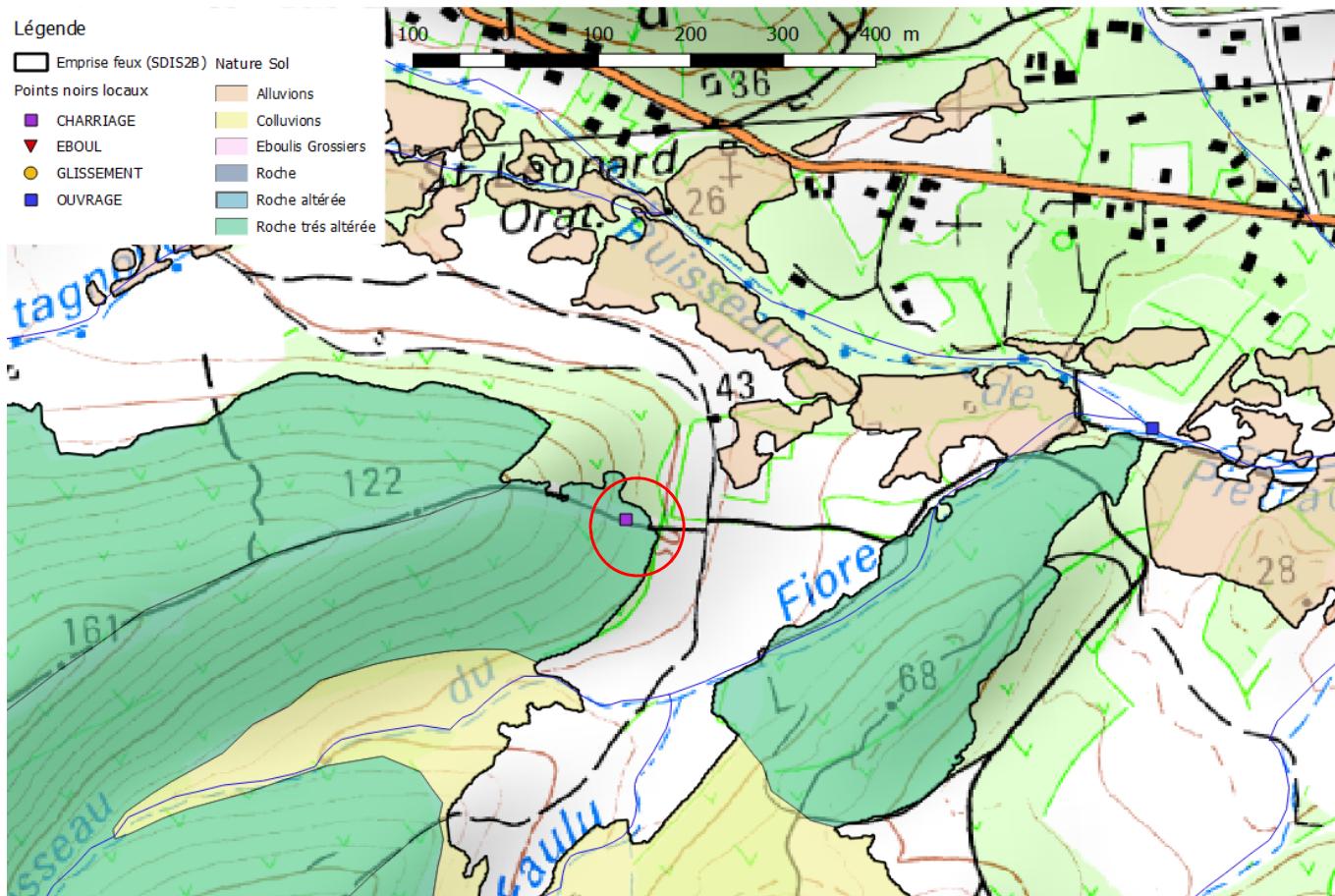


Légende

Emprise feux (SDIS2B) Nature Sol
Points noirs locaux
CHARRIAGE
EBOUL
GLISSEMENT
OUVRAGE

Legend:

- Alluvions
- Colluvions
- Eboulis Grossiers
- Roche
- Roche altérée
- Roche très altérée



DESCRIPTION

Piste DFCI en crete de refief, montant selon la plus grande pente. Zone brûlée sur les deux versants. Grosse ravine sur la piste datant de 2016. Beaucoup de materiaux (fines, cendres) plaqués en pied de pente.

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 24

Type de phénomène : Charriage

PRIORITE : P3

Enjeux concerné : Piste DFCI

Situation : Pietracorbara Vallon du Fiore



IMAGES



RISQUE RESIDUEL

Forte possibilité de transport solide vers l'aval selon intensité des pluies. risque de coulée de boue en pied de versant et charriage du Ruisseau du Fiore vers Pietracorbara

GESTION DU RISQUE

Court terme : entretien des ouvrages aval et du lit mineur du ruisseau Pietracorbara

Long terme : -

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 4, 5, 6

Type de phénomène : Charriage / Eboulement rocheux

PRIORITE : P2

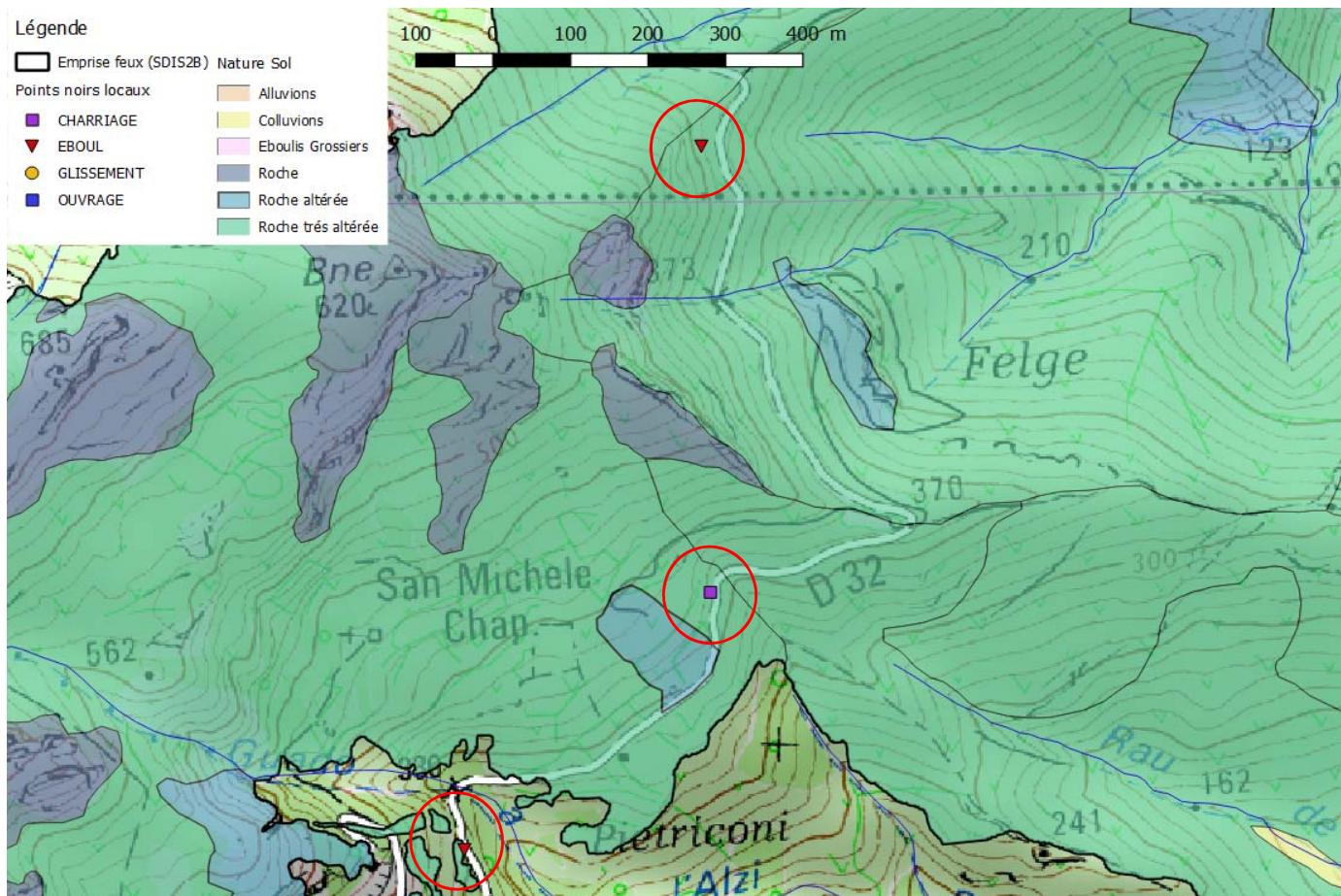
Enjeux concerné : D32 Sisco à Pietracorbara



Situation : Sisco direction Pietracorbara

Légende

Emprise feux (SDIS2B)	Nature Sol
Points noirs locaux	Alluvions
CHARRIAGE	Colluvions
EBOUL	Eboulis Grossiers
GLISSEMENT	Roche
OUVRAGE	Roche altérée
	Roche très altérée



DESCRIPTION

Pt 5 amont ruisseau prunetto: Charriage important sur la chaussée sur 20 m. Pt 4 et 6: Versant rocheux en amont direct de la RD32. Zones partiellement démantelées avec risque d'éboulement et de remobilisation de blocs éboulés (Pt6 écaille rocheuse décollée de la paroi). Atteintes possibles à la RD. Blocs de taille variable > m3.

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 4, 5, 6

Type de phénomène : Charriage / Eboulement rocheux

PRIORITE : P2

Enjeux concerné : D32 Sisco à Pietracorbara



Situation : Sisco direction Pietracorbara



IMAGES



RISQUE RESIDUEL

Atteinte RD32 de blocs rocheux en cas d'épisode pluvieux intense.

Transport solide important sur la route à l'amont du ruisseau prunetto. (analyse plus détaillée à venir sur les transports solide et le sur-aléa lié aux incendies).

GESTION DU RISQUE

Court terme : prévention, information des usagers et riverains en période pluvieuse

Long terme : protection de RD (a priori écrans de filets) sur la base d'un diagnostic géotechnique local, réflexion quant au déclassement de la RD en piste afin de diminuer sa vulnérabilité.

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 8

Type de phénomène : Charriage

PRIORITE : P1

Enjeux concerné : Habitations Pietrapiana

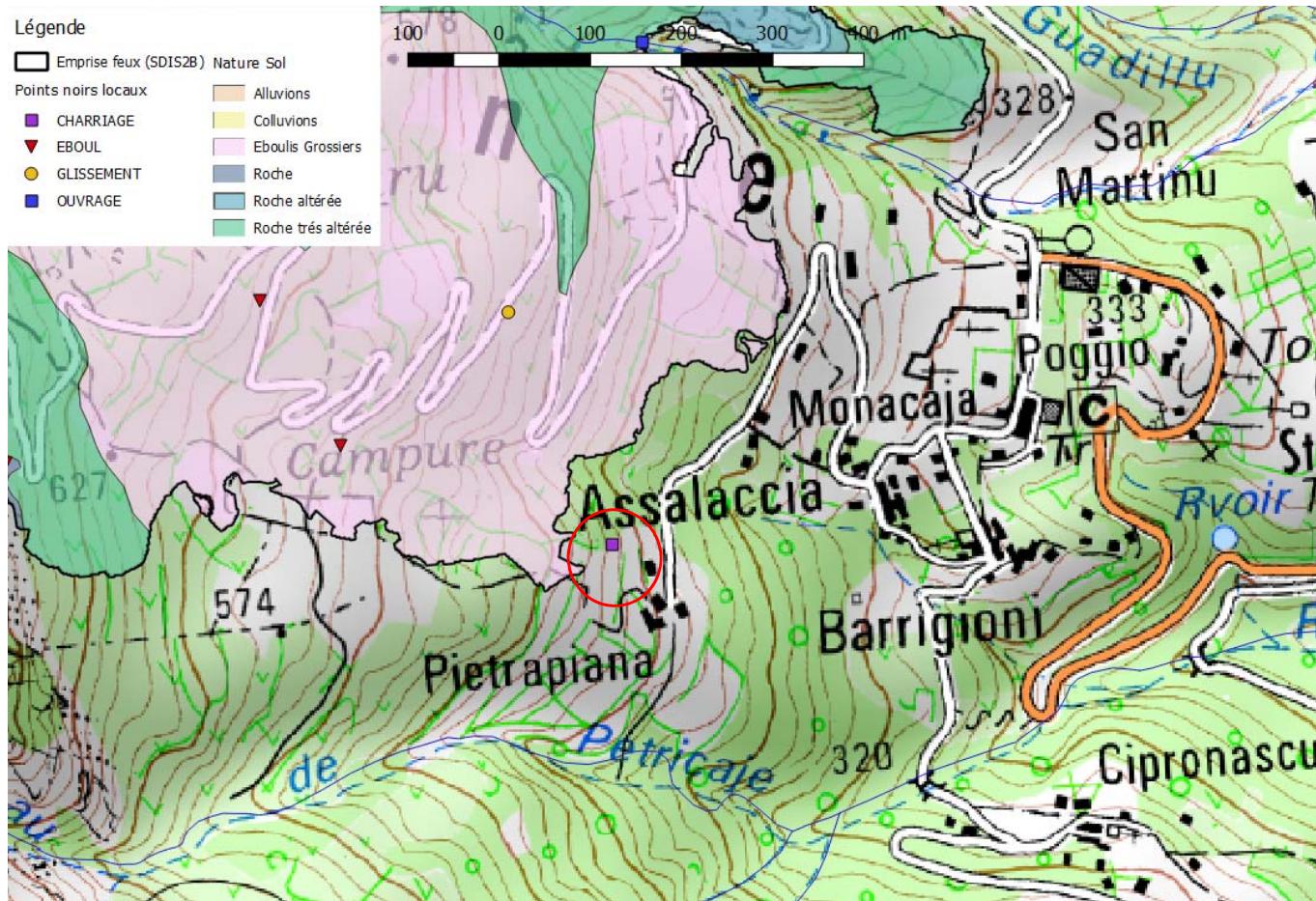
Situation : Sisco (Pietrapiana)



Légende

Emprise feux (SDIS2B) Nature Sol
Points noirs locaux
CHARRIAGE
EBOUL
GLISSEMENT
OUVRAGE

Alluvions
Colluvions
Eboulis Grossiers
Roche
Roche altérée
Roche très altérée



DESCRIPTION

Pt 8 amont hameau Pietrapiana: mise a nu de terrasses anciennes, pierres seches desolidarisées en amont des habitations, pas de collecte des eaux de ruissellement venant de Campure. Sources présentes dans le talus.

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 8

Type de phénomène : Charriage

PRIORITE : P1

Enjeux concerné : Habitations Pietrapiana



Situation : Sisco (Pietrapiana)

IMAGES



RISQUE RESIDUEL

Transport solide important vers les habitations du hameau de Pietrapiana en cas de fortes précipitations, terrain très humide et sources perennes (analyse plus détaillée à venir sur les transports solide et le sur-aléa lié aux incendies).

GESTION DU RISQUE

Court terme : prévention, information des riverains en période pluvieuse

Long terme : travaux de prévention du risque sur la base d'un diagnostic local. Mise en place de solutions de gestion des eaux de surface (canalisation / évacuation hors emprise des zones soumises à enjeux) et des eaux souterraines identifiées en amont des habitations.

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 2, 3, 7, 15, 16, 17

Type de phénomène : Glissement / Eboulement

PRIORITE : P2

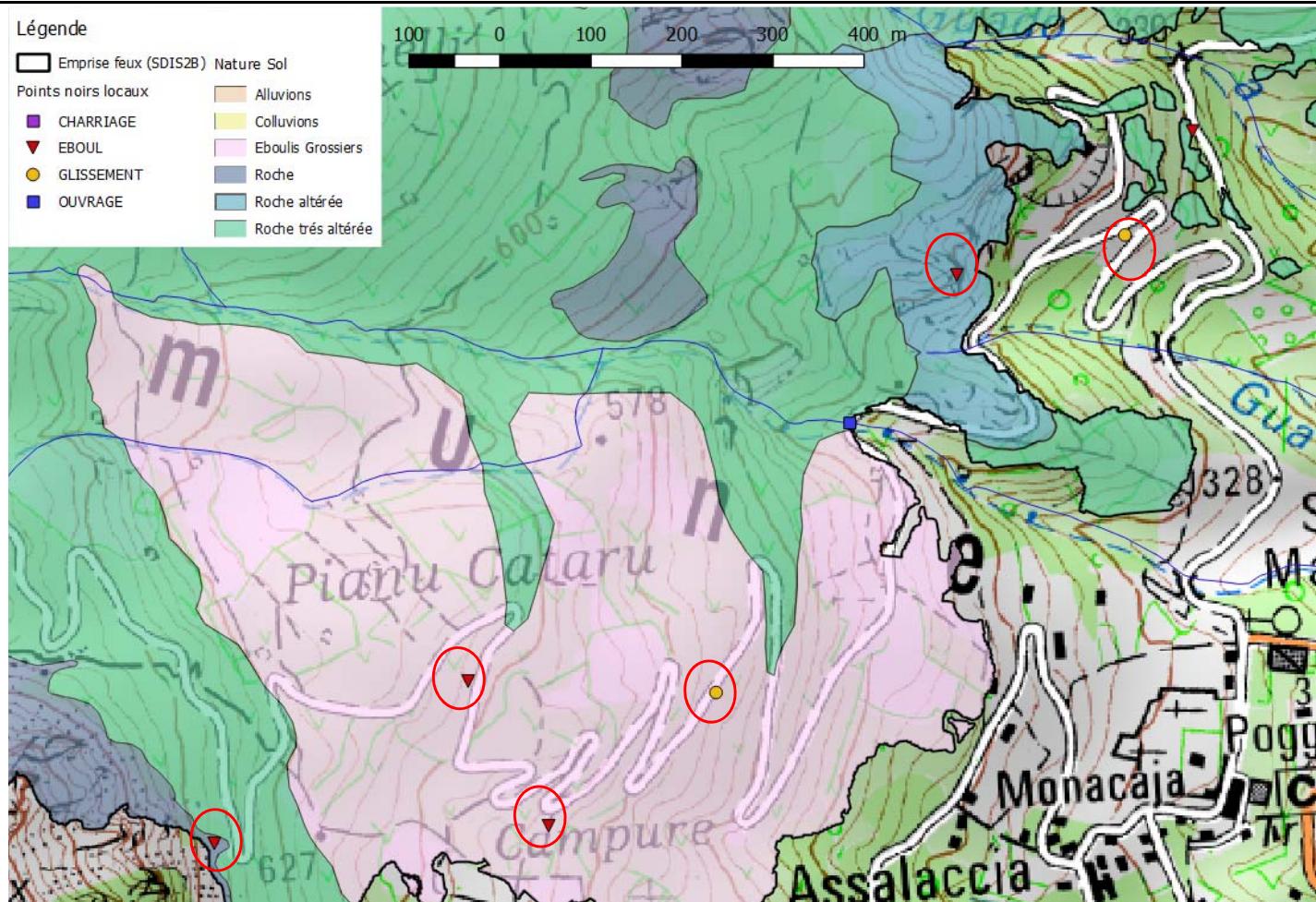
Enjeux concerné : Piste DFCI col St Jean

Situation : Sisco (Pietrapiana)



Légende

Emprise feux (SDIS2B)	Nature Sol
Points noirs locaux	Alluvions
CHARRIAGE	Colluvions
EBOUL	Éboulis Grossiers
GLISSEMENT	Roche
OUVRAGE	Roche altérée
	Roche très altérée



DESCRIPTION

La piste est tracée sur des éboulis grossiers à matrice argileuse variable d'épaisseur variable plaqués sur les schistes lustrés. Le comportement des terrains lorsqu'ils sont saturés est très favorable au Glissement (Pt 2 : Glissement de peau dans les éboulis tombés sur la piste en 2016; Pt 3, Glissement de 200m³ ayant emporté la piste en 2016). De plus les blocs encastrés de taille métrique sont aisement remobilisés. La piste passe le long des éboulis vif du Pinzalone, dont la zone d'arrêt atteint la piste.

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 2, 3 ,7, 15, 16, 17

Type de phénomène : Glissement / Eboulement

PRIORITE : P2

Enjeux concerné : Piste DFCI col St Jean



Situation : Sisco (Pietrapiana)

IMAGES

Pt 17



Pt 16



Pt 2



Pt 2



Pt 3



Pt 15



RISQUE RESIDUEL

Les glissements anciens peuvent se réactiver et des nouveaux glissements se produire dans les talus à l'équilibre le long de la piste, pouvant emporter ou obstruer la piste. Aussi, des blocs peuvent être remobilisés à la faveur de glissement de peau ou d'érosion superficielle. De plus les blocs retenus par la végétation dans les éboulis vifs peuvent être remobilisés et de nouveaux blocs peuvent avoir une distance d'arrêt atteignant la piste.

GESTION DU RISQUE

Court terme : prévention, information des usagers en période pluvieuse

Long terme : surveillance des glissements répertoriés.

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 18, 19, 20, 21, 22, 26

Type de phénomène : Embâcle / Coulée

PRIORITE : **P3**

Enjeux concerné : Piste DFCI col St Jean

Situation : Sisco Col Saint Jean



Légende

Emprise feux (SDIS2B) Nature Sol

Points noirs locaux

Alluvions

CHARRIAGE

Colluvions

EBOUL

Ebolis Grossiers

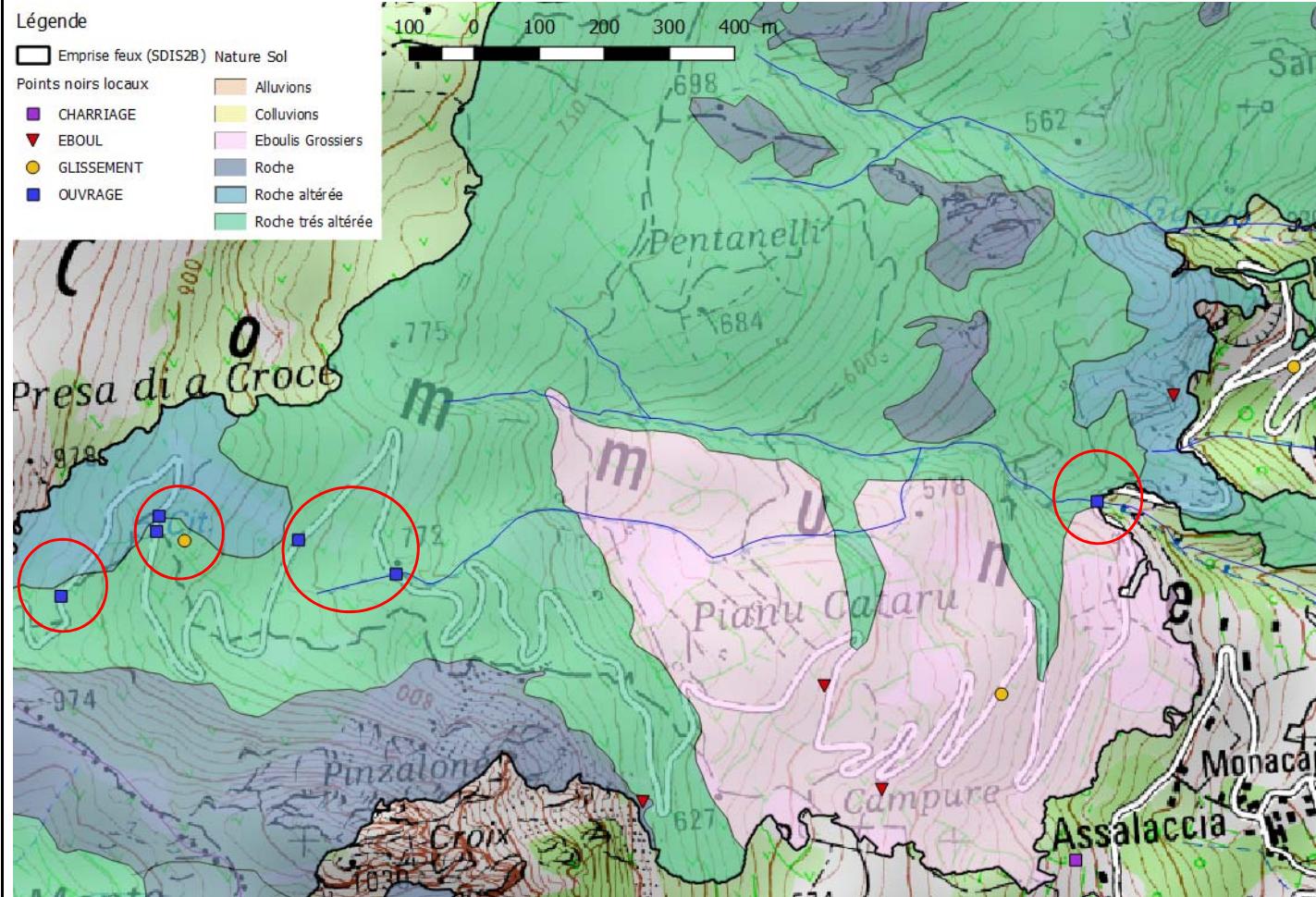
GLISSEMENT

Roche

Roche altérée

OUVRAGE

Roche très altérée



DESCRIPTION

Versant rocheux le long de la Piste DFCI. Les incendies ont totalement ravagé la végétation basse et arbustive mettant au jour des pierriers (roche très altérée). Le drainage des versants est assuré par des ravines localement encaissées se comportant comme de véritables torrents. Stigmates de ravinements et d'embâcles formés en 2016 sur la piste. Les passages inférieurs sous la piste sont en général en très mauvais état (cassés, colmatés). Les embâcles, le ravinement et le charriage sont à anticiper.

Les incendies accentuent le ruissellement et aggravent la possibilité d'alimentation de ces torrents en matière solide (analyse de flux à venir cf. fiches "ouvrages").

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 18, 19, 20, 21, 22, 26

Type de phénomène : Embâcle / Coulée

PRIORITE : P3

Enjeux concerné : Piste DFCI col St Jean



Situation : Sisco Col Saint Jean

IMAGES



RISQUE RESIDUEL

Ravinement et destruction locale de la piste probable en cas de précipitations intenses. Transport solide important vers le hameau de Sisco en cas de fortes précipitations, sans que des enjeux n'aient été identifiés en partie basse du versant (analyse plus détaillée à venir sur les transports solide et le sur-aléa lié aux incendies).

GESTION DU RISQUE

Court terme : prévention, information des riverains en période pluvieuse

Long terme : entretien / réfection de la piste et des ouvrages

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 1

Type de phénomène : Glissement / Coulée

PRIORITE : P2

Enjeux concerné : Piste DFCI col St Jean



Situation : Sisco Col St Jean

Légende

Emprise feux (SDIS2B) Nature Sol

Points noirs locaux

CHARRIAGE

EBOUL

GLISSEMENT

OUVRAGE

Alluvions

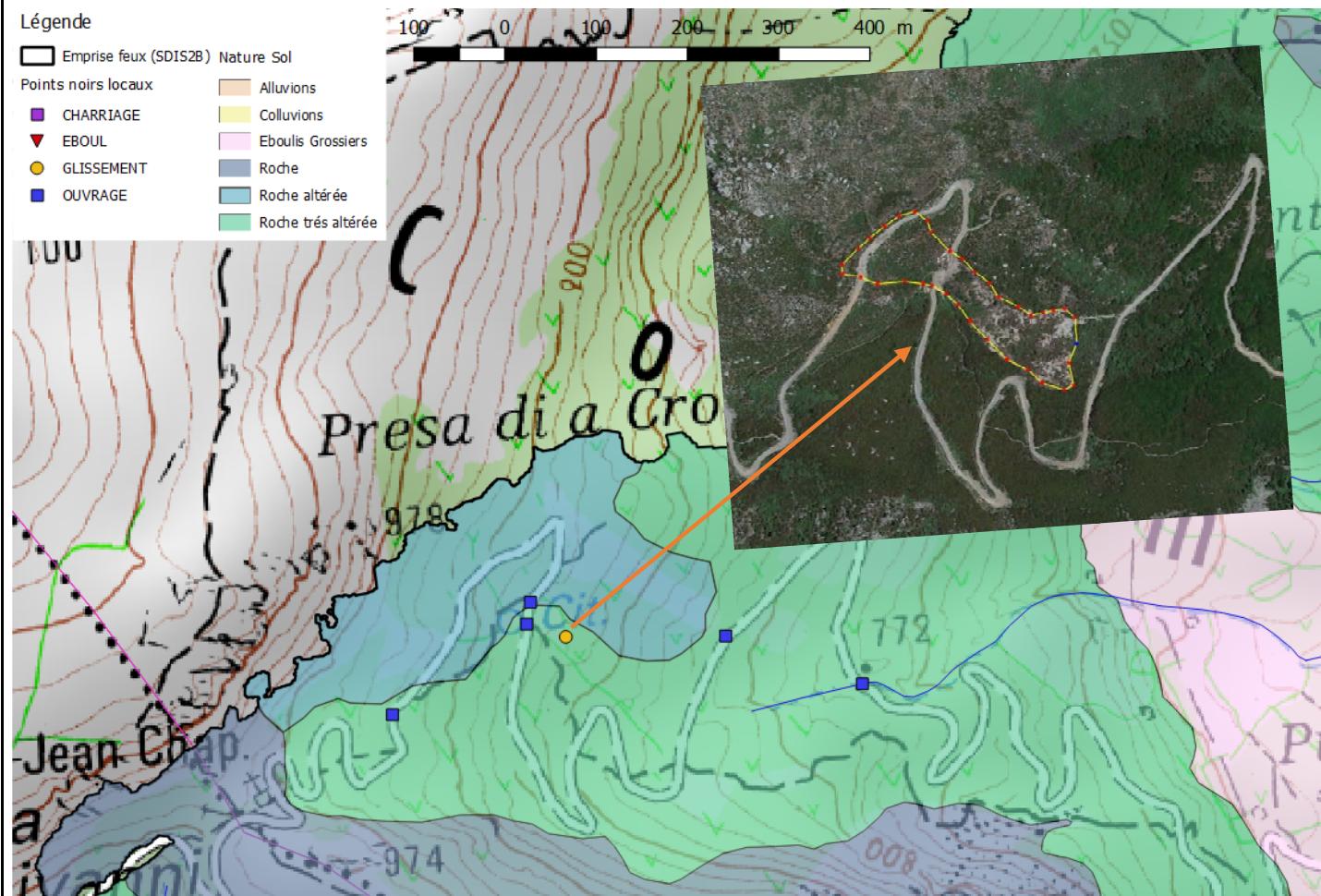
Colluvions

Eboulis Grossiers

Roche

Roche altérée

Roche très altérée



DESCRIPTION

La piste est tracée sur des éboulis grossiers à matrice argileuse d'épaisseur faible (<5m) plaqués sur les schistes lustrés. Le comportement des terrains lorsqu'ils sont saturés est très favorable au glissement de terrain.

Le glissement observé a une niche d'arrachement se développant sur 100m environ, pour un volume estimé à 30000m³, la zone glissée s'est transformée en coulée d'environ 300m, emportant la piste sur 2 lacets et déformant l'assise de la cuve DFCI, la rendant inutilisable. Il est possible que la cuve se soit deversée dans le glissement, accentuant encore le phénomène. La coulée présente une épaisseur d'environ 5m et a charrié un bloc de 10m³ sur une trentaine de mètres. La piste à l'aval draine les eaux du glissement jusqu'à un passage inférieur totalement colmaté (Pt.22). Le glissement est complètement saturé en eau malgré la sécheresse des terrains, une remobilisation de la coulée est donc fort probable.

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 1

Type de phénomène : Glissement / Coulée

PRIORITE : P2

Enjeux concerné : Piste DFCI col St Jean



Situation : Sisco Col St Jean



IMAGES



RISQUE RESIDUEL

Le glissement et la coulée peuvent se réactiver et des nouveaux glissements se produire dans le talus pouvant emporter ou obstruer la piste. Aussi, des blocs peuvent être remobilisés à la faveur de glissement de peau ou d'érosion superficielle. Un transport par charriage sur une distance est probable à la faveur de pluies importantes dans le glissement.

GESTION DU RISQUE

Court terme : prévention, information des riverains en période pluvieuse

Long terme : surveillance du glissement

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 10

Type de phénomène : Glissement / Coulée

PRIORITE : P2

Enjeux concerné : Piste DFCI col St Jean



Situation : Olcani Col St Jean



Légende

Emprise feux (SDIS2B) Nature Sol

Points noirs locaux

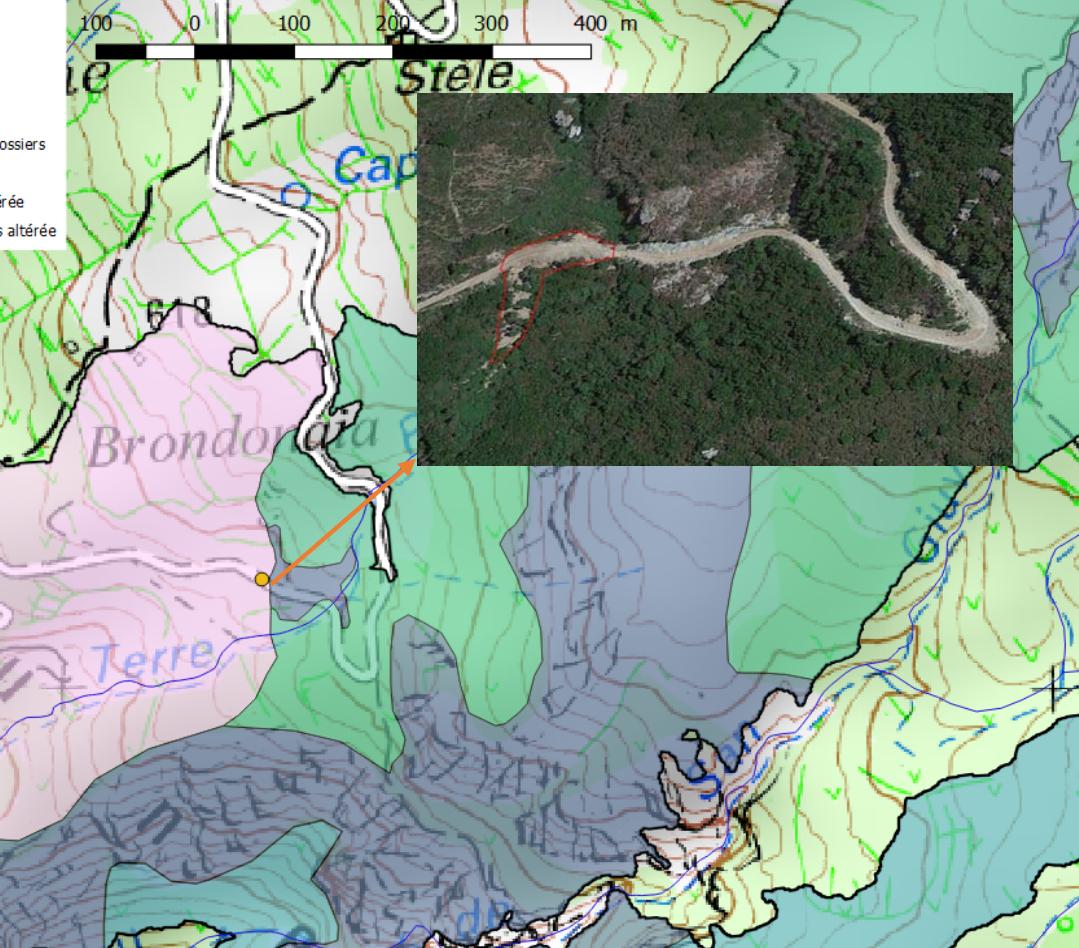
Alluvions

CHARRIAGE

EBOUL

GLISSEMENT

OUVRAGE



DESCRIPTION

La piste est tracée sur des éboulis grossiers à matrice argileuse d'épaisseur faible (<5m) et passe ensuite sur un éperon rocheux de Serpentinite. Les eaux descendant du thalweg de Terre Rosse devrait passer en passage inférieur sous la piste. Lors de fortes précipitations, une embâcle se forme et le ravinement est intense sur et le long de la piste sur 20 m, puis l'eau s'infiltre dans les éboulis et emporte un tronçon de piste dans le thalweg suivant. Le comportement des terrains (éboulis sur roche imperméable) lorsqu'ils sont saturés est très favorable au glissement de terrain.

Le glissement observé se développe sur environ 50m, la zone glissée s'est transformée en coulée d'environ 4m, emportant la piste sur une faible épaisseur (<2m), la rendant inutilisable. Le glissement n'est pas actif du à la sécheresse des terrains, cependant une remobilisation de la coulée est possible lors des épisodes de pluie intense.

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 10

Type de phénomène : Glissement / Coulée

PRIORITE : P2

Enjeux concerné : Piste DFCI col St Jean

Situation : Olcani Col St Jean



IMAGES



RISQUE RESIDUEL

Le tracé de la piste étant repris depuis 2016 sans modification du passage inférieur, le ravinement le long de l'éperon rocheux peut emporter ou obstruer la piste une fois encore. Un transport par charriage sur une distance plus importante est probable à la faveur de ruissements aggravés par les incendies.

GESTION DU RISQUE

Court terme : prévention, information des riverains en période pluvieuse, nettoyage du passage inférieur.

Long terme : modification du drain du thalweg de Terre Rosse sous la piste

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 23

Type de phénomène : Eboulement, chute de bloc

PRIORITE : P3

Enjeux concerné : Chemin randonnée Olcani-Nonza

Situation : Olcani



Légende

Emprise feux (SDIS2B) Nature Sol

Points noirs locaux

Alluvions

CHARRIAGE

EBOUL

GLISSEMENT

OUVRAGE

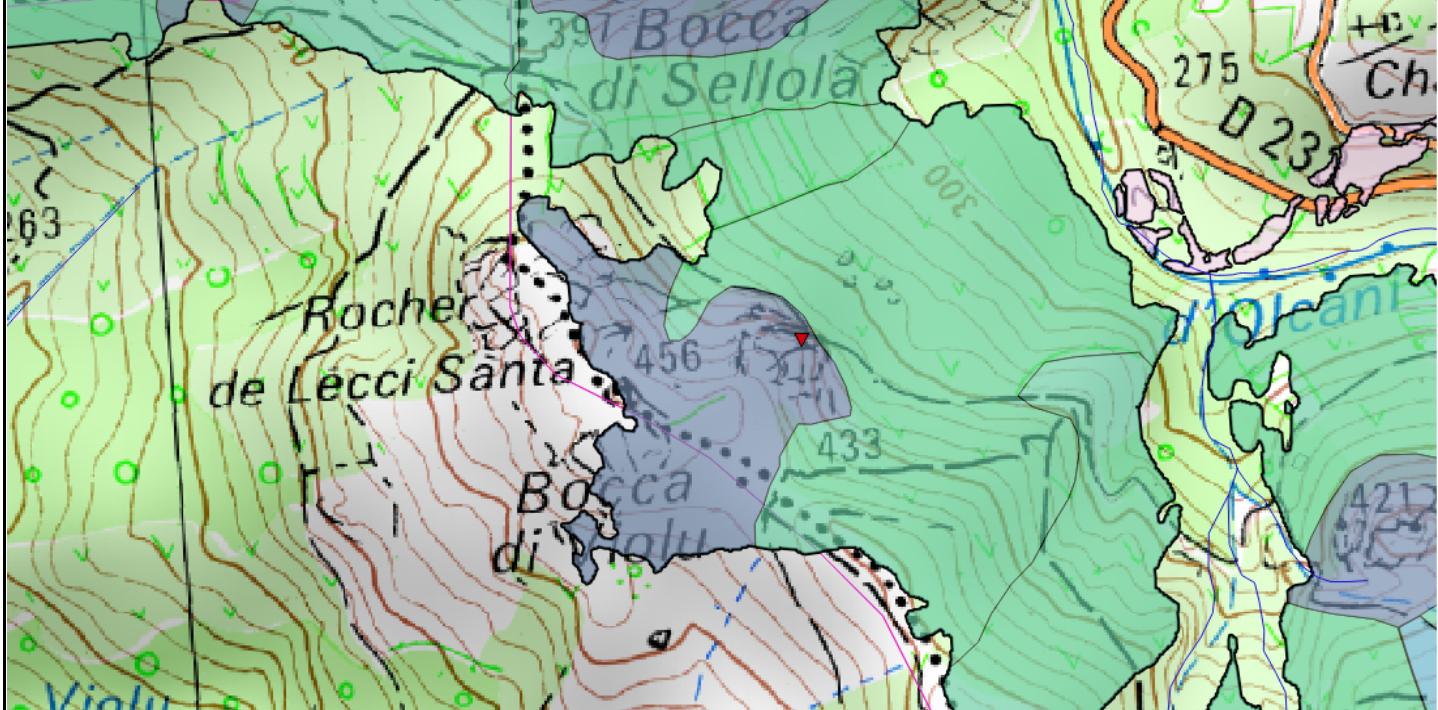
Colluvions

Ebolis Grossiers

Roche

Roche altérée

Roche très altérée



DESCRIPTION

Le chemin de randonnée menant à Bocca di Sellola passe en pied de falaise de prasinite, on retrouve les falaises similaires au niveau de la Punta di Sellola. Zones localement démantelées avec des surplomb importants, risque d'éboulement faible, blocs de taille variable, possibilité de blocs de plusieurs m³ (intensité de phénomène forte).

IDENTIFICATION

Incendie : Ogliastro

ID : 23

Type de phénomène : Eboulement, chute de bloc

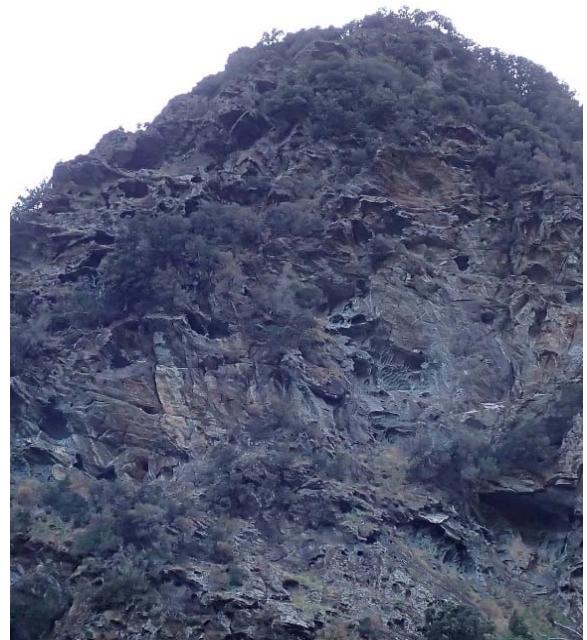
PRIORITE : **P3**

Enjeux concerné : Chemin randonnée Olcani-Nonza



Situation : Olcani

IMAGES



RISQUE RESIDUEL

Atteinte du sentier par des blocs rocheux en cas d'épisode pluvieux intense. Risque pour les usagers avéré. Il est à noter que pour ce phénomène, l'incendie ne constitue pas nécessairement un facteur aggravant au déclenchement des instabilités.

GESTION DU RISQUE

Court terme : prévention, information des randonneurs en période pluvieuse

Long terme : -



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction régionale Corse
Immeuble Agostini
Zone industrielle de Furiani
20600 – Bastia – France
Tél. : 04 95 58 04 33