



Octobre 2023

## Rapport d'étude

### Diagnostic chute de blocs, propositions de sécurisation et mise à jour de la carte des aléas



entre lac et montagne

Commune de La Terrasse (38)



Agence RTM Alpes du Nord



**Établi par :**

Office National des Forêts  
 Agence RTM Alpes du Nord  
 Service de Restauration des Terrains en Montagne (RTM) de l'Isère  
 9 quai Créqui - Hôtel des administrations  
 38 026 GRENOBLE  
 Mail: [rtm.grenoble@onf.fr](mailto:rtm.grenoble@onf.fr)

<b>Date du dernier enregistrement</b>	<b>Désignation du document</b>	<b>Numéro de devis et id GED</b>	<b>Nombre de pages</b>
29/10/2023	Diagnostic chute de blocs, propositions de sécurisation et mise à jour de la carte des aléas	Devis : DEP-20-889102-00393169 GED : 2023-ONF-RTM 26/38ONF-RTM 73-0001	73

	<b>Nom Prénom</b>	<b>Fonction</b>
<b>Auteurs</b>	Rémi Loubet	Géologue RTM (départ. 73)
<b>Relu par</b>	Yannick Robert	Responsable du pôle expertise (départ. 38)
<b>Validé par</b>	Mathieu Schmitt	Adjoint au Chef de service Isère (départ. 38)

**Suivi des versions :**

<b>Version</b>	<b>Date</b>	<b>Observations</b>
V1.0	27/10/2023	Version diffusée au Maître d'Ouvrage

Photo de couverture : Vue du versant du Belvédère du Puy (Photographie ONF-RTM du 13/12/2021)

## Sommaire

SOMMAIRE .....	3
TABLE DES FIGURES .....	5
I PREAMBULE .....	8
I.1 Contexte et objectif .....	8
I.2 Périmètre d'étude.....	8
I.3 Données consultées .....	9
II METHODOLOGIE MISE EN ŒUVRE - SELON LA NOTE TECHNIQUE MEZAP-2022, POUR « LA CARACTERISATION DE L'ALEA ROCHEUX DANS LE CADRE D'UN PPRN OU D'UN PAC » .....	9
III INVENTAIRE DES DONNEES EXISTANTES.....	12
III.1 Historique des phénomènes de chutes de blocs .....	12
III.1.1 10 juin 1816.....	12
III.1.2 28 février 1999 .....	12
III.1.3 5 Février 2020.....	12
III.2 Le Plan de Prévention des Risques .....	14
III.3 Contexte géologique.....	16
III.4 Contexte géomorphologique .....	17
IV ACQUISITION DE DONNEES SPECIFIQUES - EXPERTISE DE TERRAIN.....	20
IV.1 Les zones de départ .....	20
IV.1.1 Corniches du Sans Bec.....	21
IV.1.2 Corniches du Belvédère du Puy.....	24
IV.1.3 Les zones de marno-calcaires.....	25
IV.2 Les zones de propagation .....	27
IV.3 Les zones d'enjeux.....	31
V SYNTHESE DES PHENOMENES CONNUS ET OBSERVES ET CARTE INFORMATIVE DES PHENOMENES .....	34
VI CHOIX DES ZONES DE DEPART ET DEFINITION DES SCENARII DE REFERENCE POUR CHACUNE D'ELLES .....	36
VII SYNTHESE ET PROPOSITION DES ALEAS DE REFERENCE .....	38

<b>VIII</b>	<b>PROBABILITES DE PROPAGATION POUR CHAQUE ALEA DE REFERENCE.....</b>	<b>41</b>
<b>VIII.1</b>	<b>Méthode mise en œuvre .....</b>	<b>41</b>
<b>VIII.2</b>	<b>Choix des profils par modélisation 3D.....</b>	<b>41</b>
VIII.2.1	Données d'entrées du modèle .....	41
VIII.2.2	Analyse des résultats.....	43
<b>VIII.3</b>	<b>Analyse par ligne d'énergie MEZAP 2D et 2.5D .....</b>	<b>45</b>
VIII.3.1	Profils 2D .....	45
VIII.3.2	Projection cartographique 2.5D .....	46
<b>VIII.4</b>	<b>Cartographie de la probabilité de propagation .....</b>	<b>49</b>
VIII.4.1	Cartographie de la probabilité de propagation sur le secteur du Sans Bec .....	50
VIII.4.2	Cartographie de la probabilité de propagation sur le secteur du Belvédère du Puy .....	51
<b>VIII.5</b>	<b>Cartographie de la probabilité d'atteinte.....</b>	<b>51</b>
VIII.5.1	Cartographie de la probabilité d'atteinte sur le secteur du Sans Bec .....	52
VIII.5.2	Cartographie de la probabilité d'atteinte sur le secteur du Belvédère du Puy .....	53
<b>IX</b>	<b>QUALIFICATION DU NIVEAU D'ALEA DE REFERENCE .....</b>	<b>53</b>
IX.1.1	Cartographie du niveau d'aléa résultant sur le secteur du Sans Bec .....	54
IX.1.2	Cartographie du niveau d'aléa résultant sur le secteur du Belvédère du Puy .....	55
<b>X</b>	<b>PROPOSITIONS DE PROTECTION.....</b>	<b>56</b>
<b>X.1</b>	<b>Principes stratégiques et choix du niveau de protection .....</b>	<b>56</b>
<b>X.2</b>	<b>Dimensionnement fonctionnel par modélisation 2D .....</b>	<b>58</b>
X.2.1	Méthode mise en œuvre .....	58
X.2.2	Analyse des résultats .....	59
<b>X.1</b>	<b>Scénarios de projet et stratégies proposées .....</b>	<b>66</b>
<b>X.2</b>	<b>Implantation et linéaire .....</b>	<b>67</b>
<b>X.3</b>	<b>Dispositions générales à respecter pour le dimensionnement des protections passives .....</b>	<b>69</b>
X.3.1	Principes et critères de dimensionnement des merlons pare-blocs .....	69
X.3.2	Principes et critères de dimensionnement des écrans pare-blocs.....	71
<b>X.4</b>	<b>Estimations financières.....</b>	<b>72</b>
X.4.1	Solution merlon pare-blocs .....	72
X.4.2	Solution écrans pare-blocs en versant.....	72
<b>XI</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>73</b>

*Sauf mention contraire, les illustrations du présent rapport sont toutes issues de l'agence RTM Alpes du Nord.*

## Table des figures

Figure 1 : Plan de situation et périmètre d'étude (en rouge) sur fond Scan25 IGN 2016.....	9
Figure 2 : Logigramme détaillé de la MEZAP (extrait du guide technique p 18).....	11
Figure 3 : Localisation de la zone départ du 5 Février et des couloirs de propagation sur fond Scan25 IGN 2016.....	13
Figure 4 : Vue de la zone de départ avant travaux (Photographie ONF-RTM).....	14
Figure 5 : Extrait du PPR chapitre IV, Titre II, approuvé en 2007.....	15
Figure 6 : Extrait de la carte des aléas présentant des zones P3, P2 et P1 sur la partie sud de la commune.....	16
Figure 7 : Coupe géologique simplifiée et modifiée à partir de la carte géologique (BRGM).....	17
Figure 8 : Interprétation géomorphologique du territoire de la commune (Vue en direction du Nord) - Fond Scan25 IGN drapé sur MNT RGE Alti 5m.....	18
Figure 9 : Carte des pentes en ° et périmètre d'étude sur fond Scan25 IGN.....	19
Figure 10 : Carte des pentes en ° et périmètre d'étude sur fond Scan25 IGN.....	20
Figure 11 : Repérage géographique des corniches du Sans Bec).....	21
Figure 12 : Corniches Nord, zone Nord, illustration du porte-à-faux (en rouge) et trace d'une rupture de surplomb. ....	22
Figure 13 : Corniches du Sans Bec, zone Sud, illustration des mécanismes de départ (en rouge) et localisation de la zone 2020 (en jaune) .....	23
Figure 14 : Repérage géographique des corniches du Belvédère du Puy.....	24
Figure 15 : Corniches du Belvédère du Puy, zone Nord, illustration des mécanismes de départ en dièdre (en rouge) et traces d'évènements (en jaune).....	24
Figure 16 : Corniches du Belvédère du Puy, zone Sud, illustration des mécanismes de départ banc sur banc (en rouge), rupture d'écaille et indices d'évènements (en jaune).....	25
Figure 17 : Illustration des structures tabulaire de marno-calcaires (ici sur le versant du Belvédère du Puy).....	26
Figure 18 : Repérage des marno-calcaires en amont de la RD29 .....	26
Figure 19 : Repérage des marno-calcaires sur le versant du Belvédère du Puy .....	27
Figure 20 : Exemples de zones de marno-calcaires (qui constituent également des zones de départs à partir de 50°).....	28
Figure 21 : Illustration d'une zone d'éboulis boisé et d'un replat favorisant les arrêts .....	29
Figure 22 : Exemple d'une zone de replat en amont du hameau de l'Evêché.....	29
Figure 23 : Cartes des pentes au niveau des zones de propagation sous la corniche Nord - Les terrains de marno-calcaires vont généralement apparaître avec les aplats jaunes et rouges (>40°), les éboulis avec les aplats orange (15->40°) et les replats des hameaux avec les aplats en turquoise. Les zones habitées exposées sont entourées d'une ellipse blanche.....	30
Figure 24 : Cartes des pentes au niveau des zones de propagation sous la corniche Sud - Les terrains de marno-calcaires vont généralement apparaître avec les aplats jaunes et rouges (>40°), les éboulis avec les aplats orange (15->40°) et les replats des hameaux avec les aplats en turquoise. Les zones habitées exposées sont entourées d'une ellipse blanche.....	30
Figure 25 : Vue du hameau de Montabon sous et repérage des blocs relevés par l'ONF-RTM sous la RD29 lors de l'évènement de février 2020.....	32
Figure 26 : Vue du hameau de Montabon sous la corniche Nord. Indications des angles $\beta$ .....	32
Figure 27 : Vue cartographique (scan 25 IGN) des enjeux habités sous la corniche Sud avec repérage des blocs remarquables .....	33
Figure 28 : Vue depuis le Belvédère du Puy des enjeux habités sous la corniche Sud. Indications des angles $\beta$ .....	34
Figure 29 : Carte informative des phénomènes chutes de blocs sur la commune de la Terrasse (Hachuré -> zones de départ ; Flèches rouges -> direction de la ligne de plus grande pente depuis les zones de départ ; Les points jaunes -> les blocs relevés les plus proches des enjeux habités ; En blanc -> les enjeux habités) .....	35
Figure 30 : Scénario A selon le guide technique MEZAP 2022.....	37

Figure 31 : Scénario B selon le guide technique MEZAP 2022.....	37
Figure 32 : Carte récapitulative des aléas de références (AR) retenus (Hachuré -> zones de départ ; En blanc -> les enjeux habités).....	40
Figure 33 : Paramètres de sols utilisés dans le logiciel PlatRock3D®.....	41
Figure 34 : Carte de définition des sols et des zones de départ sur le secteur de la Crête du Sans Bec.....	42
Figure 35 : Carte de définition des sols et des zones de départ sur le secteur du Belvédère du Puy.....	42
Figure 36 : Représentation des profils choisis en fonction des passages de blocs (« crossing » PlatRock®) via le module 3D sur fond d’ombrage MNT RGE Alti sur le secteur de la Crête du Sans Bec. Dégradé de couleur du rouge (un passage) au blanc-bleu (multiple passages). Les blocs relevés dans le versant apparaissent en jaune. (Attention l’atteinte ou non des habitations n’était pas la vocation de cette simulation 3D).....	43
Figure 37 : Représentation des profils choisis en fonction des passages de blocs (« crossing » PlatRock®) via le module 3D sur fond d’ombrage MNT RGE Alti sur le secteur du Belvédère du Puy. Dégradé de couleur du rouge (un passage) au blanc-bleu (multiple passages). Les blocs relevés dans le versant apparaissent en jaune. (Attention l’atteinte ou non des habitations n’était pas la vocation de cette simulation 3D).....	44
Figure 38 : Résultats des valeurs de lignes d’énergie obtenues par la méthode de l’aire normalisée via l’utilisation du logiciel Pylong ©.....	46
Figure 39 : Projection 2.5D des lignes d’énergie pour les aléas de référence AR1 et AR2 modélisées par le logiciel Rollfree © sur le fond d’ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (1-> Hameau de Montabon).....	48
Figure 40 : Projection 2.5D des lignes d’énergie pour l’aléas de référence AR4 modélisées par le logiciel Rollfree © sur le fond d’ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (2->Hameau des Celliers, 3-> Habitation isolée dans l’épingle de la RD30, 4-> Hameau de l’Évêché, 5->Habitations isolées en amont du Château du Carré).....	48
Figure 41 : Cartographie de la probabilité de propagation selon les 6 niveaux de la MEZAP 2022 -Secteur du Sans Bec - sur le fond d’ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (1-> Hameau de Montabon).....	50
Figure 42 : Cartographie de la probabilité de propagation selon les 6 niveaux de la MEZAP 2022 -Secteur du Belvédère du Puy - sur le fond d’ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (2->Hameau des Celliers, 3-> Habitation isolée dans l’épingle de la RD30, 4-> Hameau de l’Évêché, 5->Habitations isolées en amont du Château du Carré)....	51
Figure 43 : Définition de la probabilité d’atteinte de l’aléa de référence en un point (en rouge les probabilités associées à la qualification de l’activité et de la propagation), figure issue de la note MEZAP 2022. ....	51
Figure 44 : Cartographie de la probabilité d’atteinte selon les 5 niveaux de la MEZAP 2022 -Secteur du Sans Bec - sur le fond d’ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (1-> Hameau de Montabon).....	52
Figure 45 : Cartographie de la probabilité d’atteinte selon les 5 niveaux de la MEZAP 2022 -Secteur du Belvédère du Puy - sur le fond d’ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (2->Hameau des Celliers, 3-> Habitation isolée dans l’épingle de la RD30, 4-> Hameau de l’Évêché, 5->Habitations isolées en amont du Château du Carré).....	53
Figure 46 : Définition du niveau d’aléa de référence par zone homogène, figure issue de la note MEZAP 2022. ....	54
Figure 47 : Cartographie du niveau d’aléa de référence selon les 5 niveaux de la MEZAP 2022 -Secteur du Sans Bec - sur le fond d’ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (1-> Hameau de Montabon).....	54
Figure 48 : Cartographie du niveau d’aléa de référence selon les 5 niveaux de la MEZAP 2022 -Secteur du Belvédère du Puy - sur le fond d’ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (2->Hameau des Celliers, 3-> Habitation isolée dans l’épingle de la RD30, 4-> Hameau de l’Évêché, 5->Habitations isolées en amont du Château du Carré).....	55
Figure 49 : Rappel de la localisation des zones B, C, et des profils retenus pour les aléas de référence 1 et 2. ....	58

Figure 50 : Proposition d'implantation sommaire du merlon pare-blocs sur fond d'orthophotographie IGN2015 et traces de passages Platrock3D® (attention cette simulation est qualitative pour l'extension latérale, les points d'arrêt ne peuvent pas être déterminants) .....68

Figure 51 : Proposition d'implantation sommaire des écrans pare-blocs perchés dans le versant sur fond d'orthophotographie IGN2015 et traces de passages Platrock3D® (attention cette simulation est qualitative pour l'extension latérale, les points d'arrêt ne peuvent pas être déterminants) .....68

Figure 52 : Superpositions des profils proposés pour le merlon en pied de versant. (Traits solide->terrain naturel ; tireté->profils recherchés).....69

Figure 53 : Emprise approximative du merlon en amont du hameau .....70

Figure 53 : Classification des écrans pare-blocs selon de l'EAD 340059-00-0106.....71

# I Préambule

## I.1 Contexte et objectif

Le présent rapport est le résultat d'une mission confiée à l'agence RTM des Alpes du Nord par la commune de la Terrasse, en date du 05/10/2020.

Elle consiste d'abord à établir un diagnostic des parois rocheuses, afin de pouvoir réaliser des modélisations trajectographiques qui serviront de base de réflexion pour proposer des mises à jour de la carte des aléas. Enfin, si elles s'avèrent pertinentes des parades de protections seront proposées.

Cette démarche a été engagée suite à l'éboulement du 5 Février 2020 survenu sur le versant en amont du Hameau de Montabon de la Terrasse.

Le site a fait l'objet de prospections terrain le 9 novembre 2021, et 13 décembre 2021 (visite hélicoptérée) par Bastien Auber (géologue, service RTM Isère) et Rémi Loubet (géologue, service RTM Savoie).

Le délai écoulé entre la commande et l'envoi d'un premier rendu a été conditionné par la livraison du MNT lidar national IGN, la commune ayant fait le choix de ne pas commander un MNT lidar spécifique en 2020).

## I.2 Périmètre d'étude

Le périmètre d'étude correspond au territoire communal.

Les aléas étudiés sont les « Chutes de pierres et blocs » classifiées « P » dans le PPR de 2007. Les phénomènes de glissement de terrain ne rentrent pas dans ce cadre.

Les enjeux étudiés sont les zones habitées. Les risques sur les voies circulées (communales, départementales ou autoroutières) ne seront pas pris en compte.

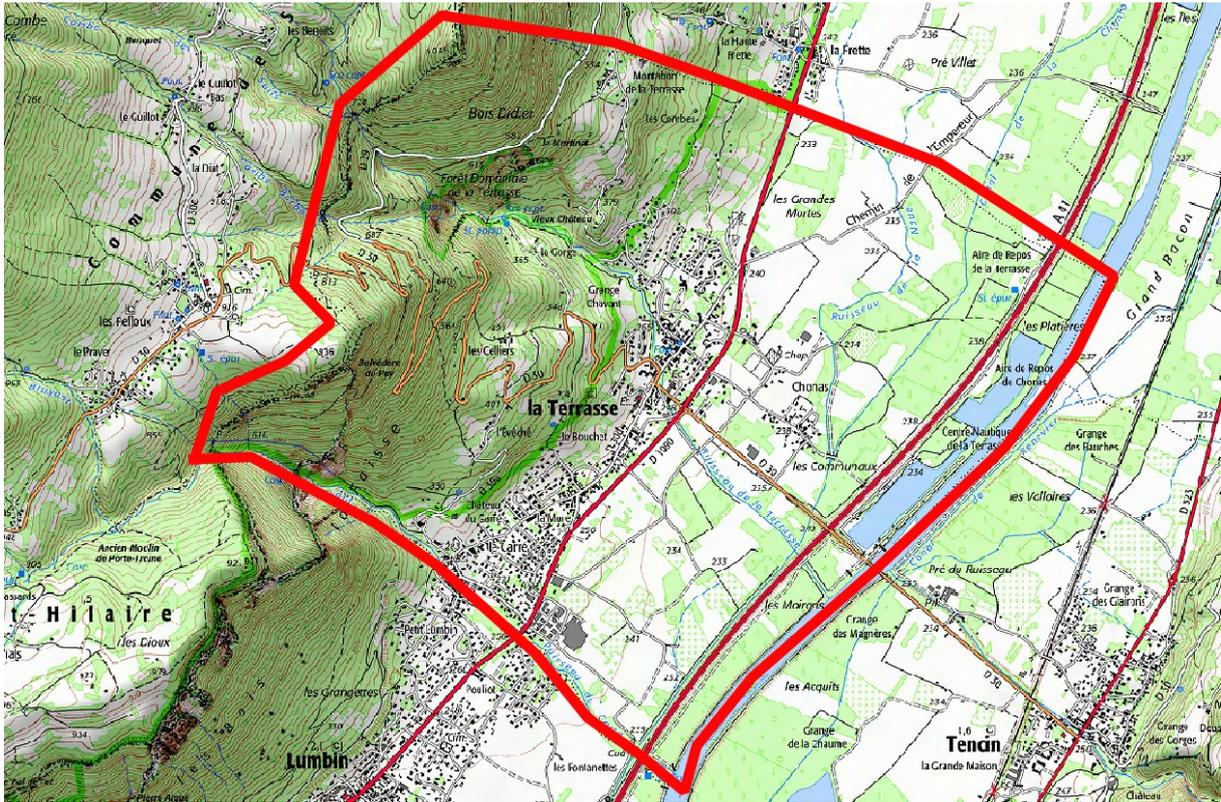


Figure 1 : Plan de situation et périmètre d'étude (en rouge) sur fond Scan25 IGN 2016

### 1.3 Données consultées

Les principaux documents consultés dans le cadre de cette étude sont rappelés ci-dessous :

- Cartes topographiques de l'IGN,
- Orthophotographies de l'IGN (versions jusqu'à 2020),
- RGE alti de l'IGN,
- Archives RTM (BDRTM, avis, dossiers travaux)
- Plan de Prévention des Risques de la commune de La Terrasse (2007)
- Rapport SAGE - référencé JB-RP9738-CR Intervention d'urgence du 5 et 6 février 2020
- Rapport SAGE - référencé JC-RP9738-CR Intervention d'urgence du 12 Février 2020
- Rapport SAGE - référencé JC-RP9738-CR Note PROJET
- Avis GEOLITHE - référencé 20-144-I-1 Avis sur les travaux de traitement de l'évènement du 5 Février 2020

## II Méthodologie mise en œuvre - selon la note technique MEZAP-2022, pour « la caractérisation de l'aléa rocheux dans le cadre d'un PPRn ou d'un PAC »

Cette note est élaborée par le groupe de travail MEZAP (Méthode d'Evaluation du Zonage de l'Aléa chutes de Pierres) initié par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR-MTE) qui s'est proposée de cadrer les méthodes d'élaboration des cartes d'aléa liées aux chutes de blocs. Les travaux engagés ont conduit à la proposition d'une note technique en 2013, diffusée en 2014, puis mise à jour en 2022.

Le groupe de travail 2021-22 était constitué des organismes suivants : BRGM, CEREMA, DDTM 06, DDT 38, DDT 73, DDT74, INERIS, INRAE, MTE/DGPR, ONF-RTM, Univ. G. Eiffel.

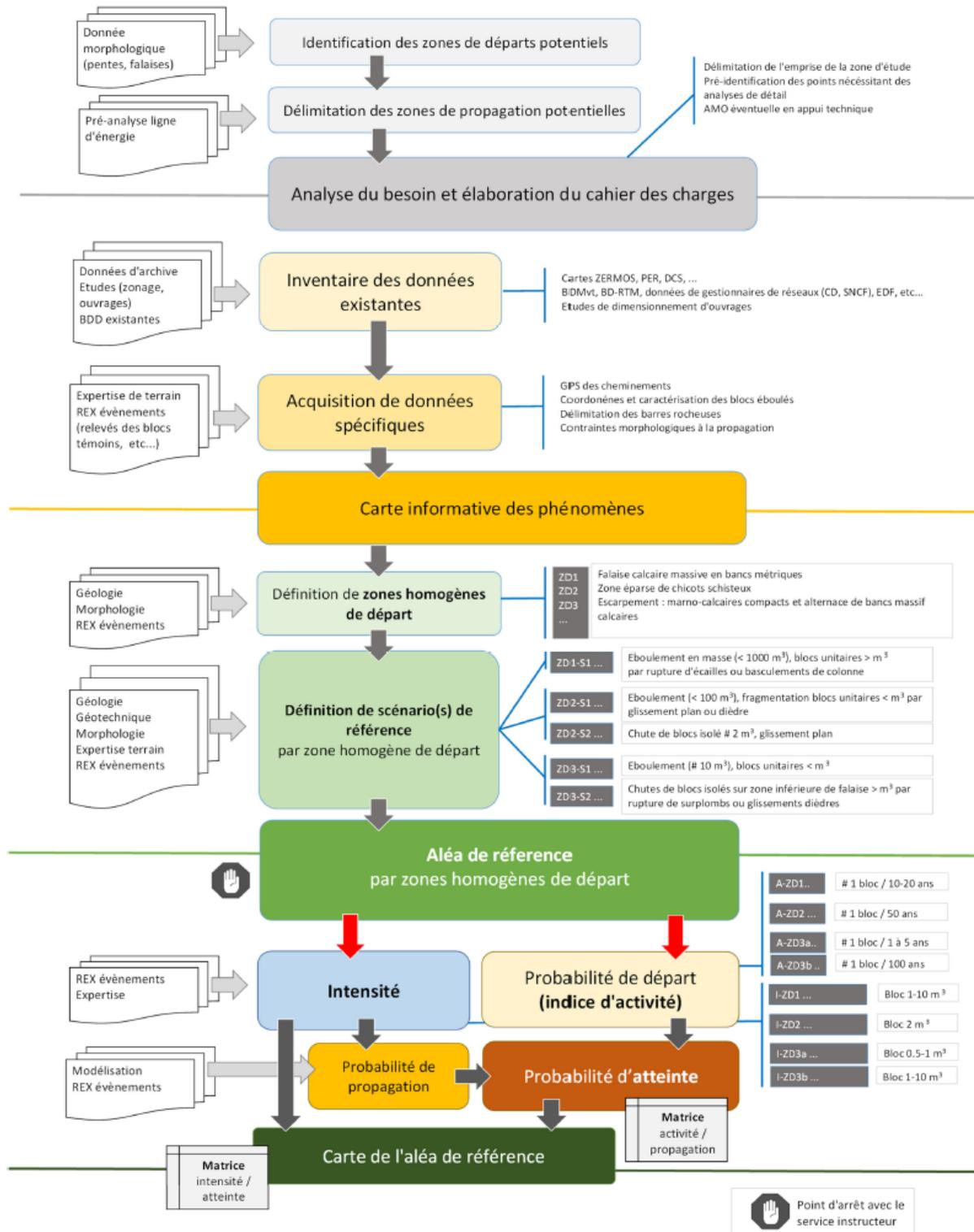
Le diagramme méthodologique MEZAP, suivi dans le cadre de cette étude, est représenté page suivante.

La note propose une méthode de cartographie de l'aléa rocheux, applicable et homogène pour toutes les configurations du territoire français. L'aléa rocheux couvre toute la gamme des phénomènes : de la pierre isolée jusqu'au phénomène de grande ampleur.

Ce document est le fruit des réflexions menées au sein du groupe de travail MEZAP2 et s'appuie notamment sur les documents suivants :

Guides méthodologiques :

- « Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn). Risques de mouvements de terrain » (1999) ;
- « Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulement rocheux » (LCPC, 2004) ;
- « Guide pratique versants rocheux » (Cerema-ENERIS ; 2014).



**Rappel de définitions**

Aléa : ..... Manifestation d'un phénomène ou évènement naturel (inondation, mouvement de terrain, séisme, avalanche, etc...) ou anthropique d'occurrence et d'intensité données

Aléa de référence : ..... Phénomène naturel servant de référence pour définir la réglementation du PPRn

Période de référence : ..... Durée pour laquelle sont évalués les aléas. Une période de référence de X ans signifie que la probabilité d'atteinte des enjeux par les instabilités est évaluée pour les X prochaines années

Scénario de référence : ..... (synonyme phénomène de référence) : Phénomène ou évènement retenu pour qualifier l'aléa de référence d'un PPRn

En grisé, pour exemple, les caractérisations attendues (non exhaustifs)	ZDx ..... Zone de départ x	A-ZDx ..... Activité retenue pour la zone de départ x
	ZDx-Sy ... Scénario y de ZDx	I-ZDx ..... Intensité retenue pour la zone de départ x

Figure 2 : Logigramme détaillé de la MEZAP (extrait du guide technique p 18)

## III Inventaire des données existantes

### III.1 Historique des phénomènes de chutes de blocs

#### III.1.1 10 juin 1816

Cet écoulement est difficile à localiser géographiquement : Il semble concerner la Crête du Sans Bec qui est donc localisée au-dessus du hameau de Montabon, mais les dégâts forestiers répertoriés concernent les sites du Bresson et de l'Enversin sur les communes du Touvet et de St Vincent de Mercuze. Il est probable qu'à l'époque le nom « Crête du Sans Bec » concernait toute la corniche calcaire qui s'étend au Nord jusqu'en amont du ruisseau de l'Enversin. Cet événement ne concerne donc pas le territoire communal.

Cependant, Il s'est produit dans des matériaux qui sont les mêmes que ceux qui dominent le hameau de Montabon. Cet événement bien qu'exceptionnel révèle ce que pourrait être un écoulement à caractère majeur sur la commune. (*Source Base de Données ONF-RTM*).

#### III.1.2 28 février 1999

Cet évènement s'est produit sur la corniche calcaire du belvédère du Puy. Le compartiment éboulé avait été estimé à 15m<sup>3</sup>. Deux blocs d'1 m<sup>3</sup> se sont propagés jusqu'au CD30, un l'a traversé et s'est arrêté 50m en contrebas.

Cet événement ne concerne pas l'enjeu « zone habitée », mais puisqu'il est bien renseigné, il nous aide dans le cadre de cette étude à évaluer les capacités de propagation du versant sur cette partie du territoire communal. (*Source Base de Données ONF-RTM et rapport RTM*).

#### III.1.3 5 Février 2020

##### Description :

Un éboulement a eu lieu le 5 février dans la matinée, entre 9h et 10h du matin. Il a été découvert par des agents des routes du Conseil Départemental de l'Isère lors d'une patrouille. Sur la RD29, qui surplombe le hameau de Montabon, de multiples petits blocs et cailloux jonchaient le sol.

##### Zone de départ :

La zone de départ correspond à l'extrémité méridionale de la crête du Sans Bec. Le scénario retenu dans le rapport du BE SAGE correspond à la mise en mouvement d'une écaille rocheuse d'environ 100 m<sup>3</sup> qui était située sur une vire d'éboulis une quinzaine de mètres sous la ligne de crête. Sur cette vire se trouvaient plusieurs blocs issus d'un ancien éboulement, et qui étaient plus ou moins bien enchâssés dans la couverture d'éboulis.

Dans le détail, il a été distingué quatre blocs :

- bloc A : 8l x 2,8h x 2,5e = 56 m<sup>3</sup>

- bloc B : 4l x 3,3h x 1,5l = 25 m<sup>3</sup>

- bloc C : 5,5l x 1,7h x 3,3e = 30 m<sup>3</sup>

- bloc D : 7l x 5h x 3e = 105 m<sup>3</sup> Estimation à partir d'une photo ancienne

C'est le bloc D qui est parti emmenant avec lui quelques m<sup>3</sup> d'éboulis. Au cours de sa chute, il a impacté le bloc C, ce qui a provoqué le basculement de son extrémité nord mais l'extrémité sud du bloc n'a pas bougé.

##### Zone d'arrivée :

Il a été retrouvé trois blocs en aval immédiat de la route, ensuite quelques blocs se sont arrêtés dans le talweg le plus au Sud ou dans la pente au Nord. La majorité des blocs de grosse taille (un peu moins 1/2m<sup>3</sup>) retrouvés se trouvaient non loin de la lisière de forêt. Tous les blocs ont été arrêtés par de la végétation, branchages, arbres morts au sol ou arbres vivants.

Le volume des blocs disséminés était variable. La plupart des blocs étaient de petit volume (une dizaine de litre) et correspondaient à des éclats suite à des rebonds. Les blocs de plus grosse taille de 0.3 à 0.6m<sup>3</sup> sont majoritairement arrivés non loin de la lisière de forêt. Les blocs qui ont été repérés en aval de la route semblaient « bien posés » et ne présentaient pas de risque évident de remobilisation menaçant les habitations à l'aval.

L'emprise de la zone impactée au niveau de la route départementale était de 90m environ.

Il a été observé que l'effondrement rocheux s'est principalement concentré dans des ravines et qu'il a impacté une grande partie des arbres au niveau de ces ravines créant des couloirs relativement lisses et sans obstacles. La forêt ne constituerait donc plus une protection aussi efficace en cas de nouvel événement dans ce secteur.

Les blocs retrouvés les plus éloignés de la zone de départ se trouvaient à environ 60m des habitations.

### **Travaux engagés à la suite de cet évènement :**

Une campagne de purge a été effectuée pour nettoyer le versant et pétarder les blocs les plus instables. Le bloc C a fait l'objet d'un minage. Pendant cette phase quatre habitations du hameau de Montabon ont été évacuées, et bien sûr la RD29 est restée fermée. Un bloc issu du minage a terminé sa course dans une protection grillagée provisoire installée juste en amont des habitations. Les compartiments B et C ont été confortés par du câblage et la mise en œuvre de filets plaqués.

Cet évènement constitue l'évènement de référence puisque c'est celui où les blocs se sont le plus rapprochés des enjeux habités.



Figure 3 : Localisation de la zone départ du 5 Février et des couloirs de propagation sur fond Scan25 IGN 2016



Figure 4 : Vue de la zone de départ avant travaux (Photographie ONF-RTM)

(Source Base de Données ONF-RTM et rapport RTM).

### III.2 Le Plan de Prévention des Risques

La commune possède un Plan de Prévention de Risques, approuvé en 2007. L'aléa « mouvement de terrain - chute de pierres et blocs » qui nous concerne dans le cadre de cette étude fait l'objet d'un paragraphe du chapitre IV du titre II. Il y est défini plusieurs types de zones : les zones rouges RP, où les constructions sont interdites et les zones bleues Bp où les constructions sont autorisés sous conditions.

Prescriptions			Recommandations	<b>PROJETS NOUVEAUX - Chapitre IV</b>	
Règles d'urbanisme	Règles de construction	Autres règles		<b>Mouvements de terrain</b> Chutes de pierres et de blocs	
				Service spécialiste du risque : RTM	
				<b>RP (zone rouge)</b>	
				<b>Construction</b>	
x				- <b>Interdit</b> (exceptions : voir dispositions réglementaires - Titre I).	
	x			<b>Aires de stationnement (collectif ou privé) associé aux constructions</b>	
				- <b>Interdit</b> , sauf protection à positionner et dimensionner par une étude trajectographique préalable	
				<b>Camping caravanage</b>	
x		x		- <b>Interdit</b>	
				<b>Bp (zone bleue)</b>	
				<b>Construction</b>	
x				- <b>Autorisé</b> ,	
	x	x		- si ERP : appliquer dispositions réglementaires du Titre I - Article 5	
			x	réalisation d'une étude de danger dans les 2 ans suivant l'approbation du PPR	
				- Privilégier les regroupements de bâtiments se protégeant mutuellement et protégeant les zones de circulation ou de stationnement	
x	x			- Adaptation de la construction à l'impact des blocs avec notamment :	
				- protection ou renforcement des façades exposées (y compris ouvertures)	
				- accès et ouvertures principales sur les façades non exposées ; en cas d'impossibilité, les protéger	
				- intégration dans la mesure du possible des locaux techniques du côté des façades exposées	
			x	- Etude de diagnostic de chutes de blocs (cf. Fiche-conseils n° 6)	
				<b>Aires de stationnement (collectif ou privé) associé aux constructions</b>	
	x			- <b>Autorisé</b> , avec protection à assurer contre l'impact des blocs	
				<b>Camping caravanage</b>	
x		x		- <b>Interdit</b>	

Figure 5 : Extrait du PPR chapitre IV, Titre II, approuvé en 2007

Cette définition des zones se base sur la carte des aléas qui doit faire l'objet d'une analyse dans le cadre de la présente étude. Les aléas « chutes de pierres et blocs » correspondent à un zonage en trois classes : P1, P2 et P3 par classe d'intensité du plus faible ou plus fort.

Les zones boisées de la commune ne font pas l'objet d'un classement « forêts à fonction protection ».

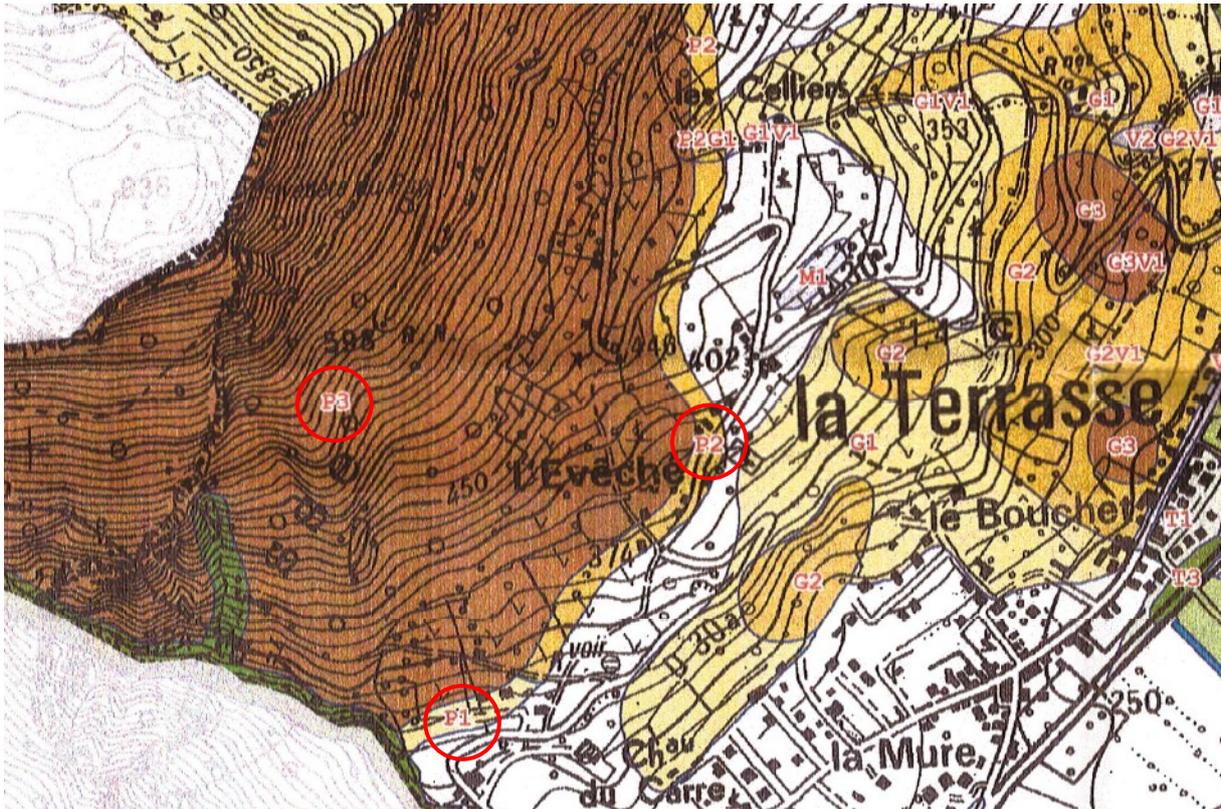


Figure 6 : Extrait de la carte des aléas présentant des zones P3, P2 et P1 sur la partie sud de la commune

### III.3 Contexte géologique

La commune est localisée sur la bordure orientale du Massif de la Chartreuse. Ce massif subalpin a une structure sédimentaire typique.

Le territoire communal est formé de roches déposées au Jurassique et recouverte par des formations quaternaires. La stratification est d'orientation générale NE-SW avec un pendage variant de 20° à 45° vers le NW.

Le secteur est parcouru par des failles d'orientation N 45° à N 65°.

Ainsi nous pouvons observer une série sédimentaire parfaite entre les terrains les plus anciens à l'aval, et les terrains les plus récents, à l'amont, en bord du Plateau des Petites Roches :

- Les schistes argileux qui s'étalent du pied des versant jusqu'aux Hameaux de Celliers, La Gorge et Montabon
- Les marno-calcaire et marnes du Kimméridgien qui constituent les bassins rocheux médians
- Les calcaires blancs du Tithonique qui forment la corniche calcaire sommitale quasi continue entre le plateau et le territoire de la commune.

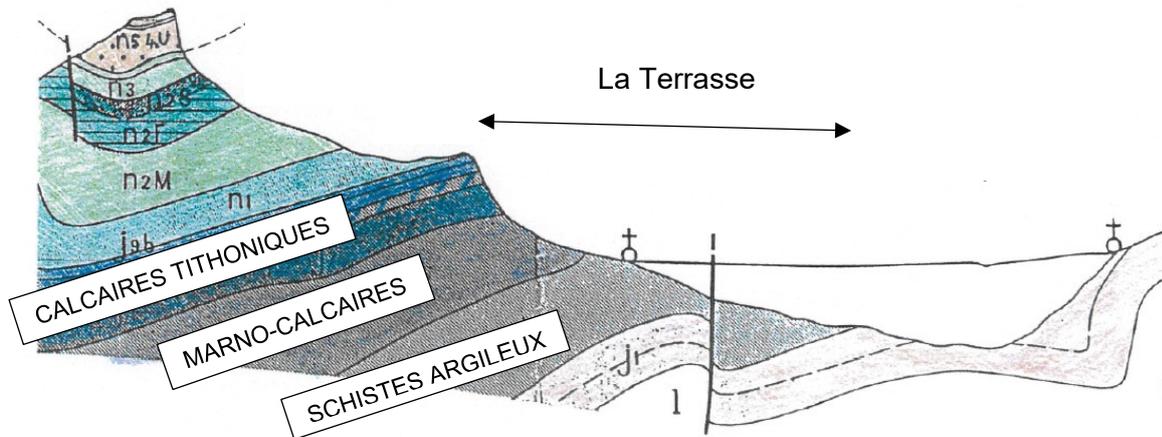


Figure 7 : Coupe géologique simplifiée et modifiée à partir de la carte géologique (BRGM)

### III.4 Contexte géomorphologique

La corniche calcaire du Tithonique malgré son aspect massif a été fortement plissée et fracturée pendant l'orogénèse alpine, affaiblissant ainsi sa compacité originelle. Elle est donc sujette aux éboulements qui viennent ensuite recouvrir les pentes en aval formant des paquets glissés et des zones d'éboulis qui recouvrent les calcaires marneux. Cette corniche est aussi entaillée par une faille de direction N 65° qui stoppe la continuité de cet escarpement au niveau du hameau des Pelloux (commune de Plateau des Petites Roches) adoucissant la pente et permettant de relier La Terrasse au Plateau des Petites Roches.

Cette rupture permet le passage des affluents du ruisseau de la Terrasse. Il est à l'origine de la création du grand cône de déjection sur lequel repose le cœur du village de La Terrasse. Ce cône vient mourir sur les terrains alluviaux de la plaine de l'Isère.

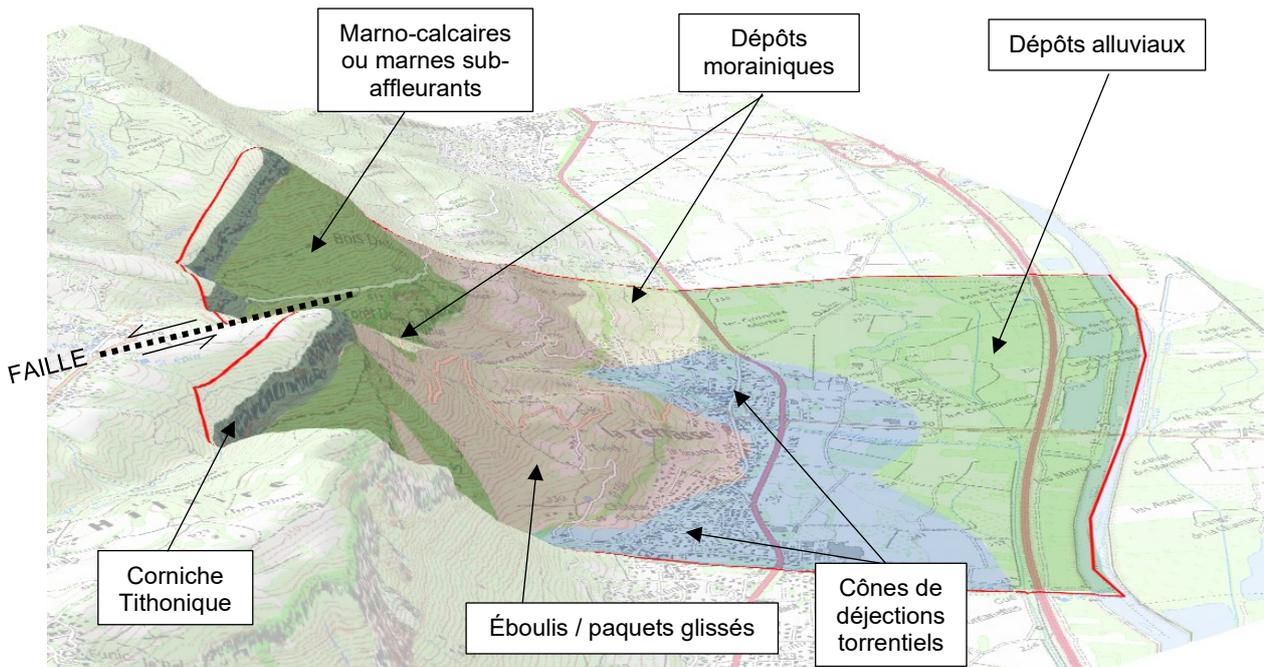


Figure 8 : Interprétation géomorphologique du territoire de la commune (Vue en direction du Nord) - Fond Scan25 IGN drapé sur MNT RGE Alti 5m

La figure suivante représente la topographie du versant. Cette carte des pentes est établie à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) issues du relevé lidar HD de l'IGN. L'analyse du MNT permet d'observer les pentes du versant et donc d'identifier :

- Les zones les plus raides, supérieures à  $50^\circ$  qui sont les zones de départ préférentielles. Sur le territoire de la commune, il s'agit :
  - Des corniches calcaires du Tithonique
  - Des escarpements des marno-calcaire qui apparaissent sur trois zones du Nord au Sud :
    - En amont de la RD29 et du hameau de Montabon
    - Dans la forêt domaniale qui correspond à la zone des Gorges du Ruisseau de la Terrasse
    - Dans le versant qui domine le Château du Carré
- Les zones de terrain comprise entre  $40$  et  $50^\circ$  qui sont aussi propices au départ et à la remobilisation de blocs. Elles sont aussi des zones de propagation et d'accélération des blocs. Sur La Terrasse cela correspond aux affleurements de marno-calcaires étendus, c'est-à-dire sur des zones souvent dénudées de végétation, où le rocher est sub-affleurant.
- Les zones  $<15^\circ$  qui sont les zones de décélération conduisant lorsqu'elles sont marquées à l'arrêt des blocs. Ici, cela correspond aux zones d'éboulis qui reposent sur les schistes argileux au niveau des hameau de Montabon, des Celliers et de l'Evêché.

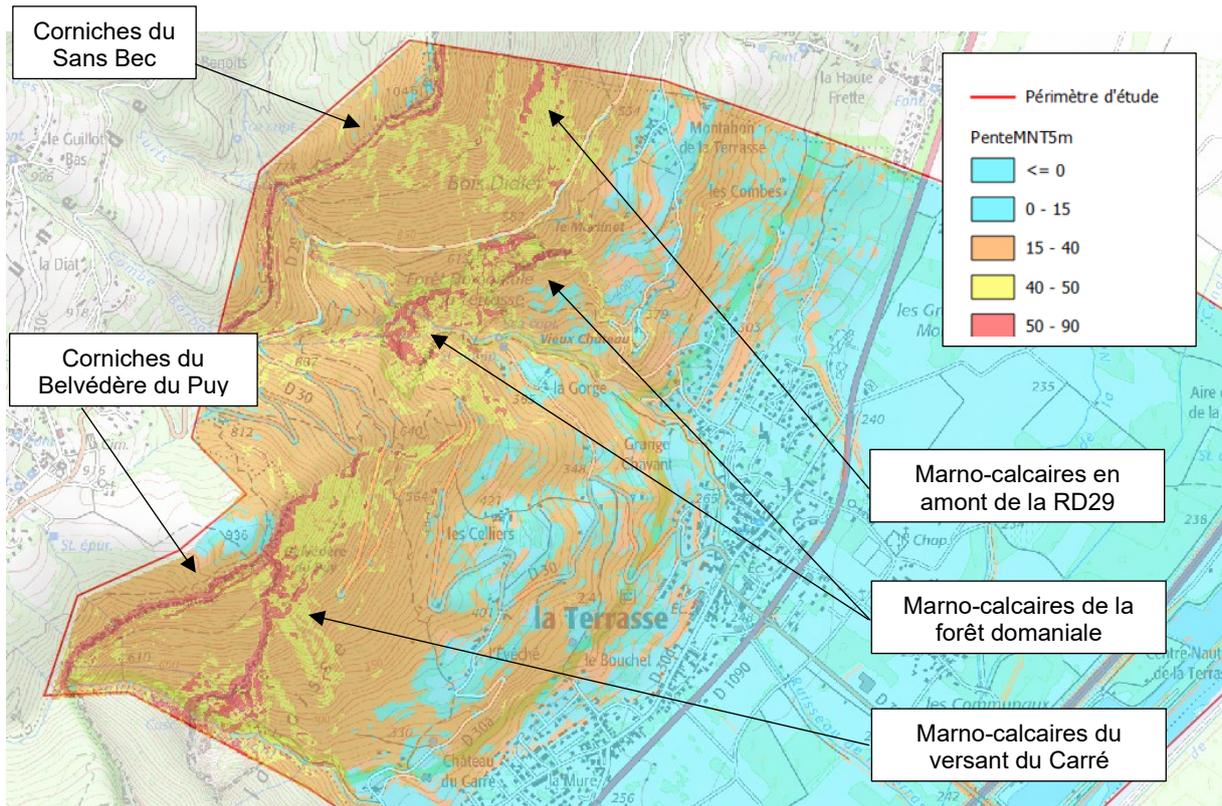


Figure 9 : Carte des pentes en ° et périmètre d'étude sur fond Scan25 IGN

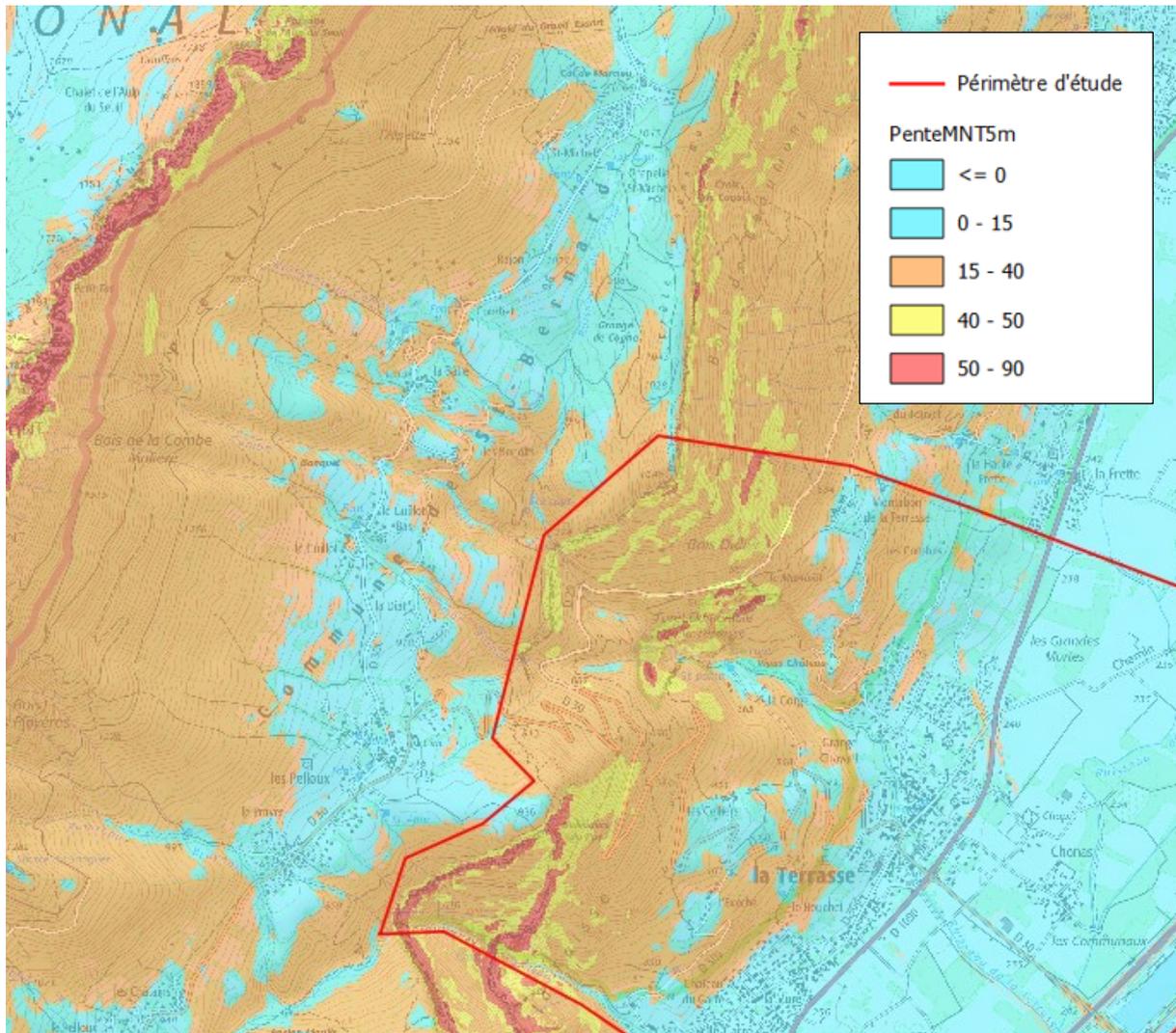


Figure 10 : Carte des pentes en ° et périmètre d'étude sur fond Scan25 IGN

Cette deuxième illustration a pour but d'illustrer la présence de grands escarpements rocheux de type Urgoniens sur la commune voisine du Plateaux des Petites Roches. Ceux-ci peuvent bien sûr être à l'origine de gros éboulements mais le replat conséquent du plateau, illustré sur la carte des pentes par une grande zone bleue (pente 0 ->15°), permet d'éviter une propagation jusqu'à la commune de la Terrasse. Dans le scénario le plus pessimiste, les blocs seraient chenalisés dans les talwegs puis la gorge de la Terrasse ou ils stopperaient leur course. Ce scénario ne sera pas donc pas étudié dans le cadre de la présente étude.

## IV Acquisition de données spécifiques - Expertise de terrain

Ces reconnaissances ont pour but de caractériser les scénarios de départ susceptibles d'atteindre les enjeux de l'étude.

### IV.1 Les zones de départ

Sur le territoire communal nous avons identifié dans le chapitre précédent plusieurs type de zone de départ en observant la carte des pentes.

Elles concernent essentiellement les corniches calcaires du Tithonique et les zones de marno-calcaires.

Il se peut que des départs soient observés ailleurs mais ils correspondront soit à la remobilisation d'un bloc allochtone soit à un départ dans des talus anthropiques. Les départs de pierres et de bloc sur le talus routier de la RD29 en sont un bon exemple. Cependant ils concernent l'enjeu « voies de circulation » et non « l'enjeu habitations », ce cas ne sera donc pas étudié dans le cadre de cette étude.

L'escarpement rocheux du Tithonique est très étendu, il serait illusoire de faire un recensement exhaustif de chaque instabilité. Nous étudierons les aléas de départ diffus par zone homogène. Cet escarpement peut être divisé en deux zones, que nous nommerons corniches du Sans Bec et corniches du Belvédère du Puy. La RD30 constituant la limite entre les deux. La visite héliportée a permis de définir des mécanismes de départ préférentiels.

#### IV.1.1 Corniches du Sans Bec

Les terrains du Tithonique (Kimméridgien supérieur) sont représentés par deux corniches calcaires distinctes. La corniche supérieure très massive, correspondant au calcaires Tithoniques moyens et la corniche inférieure des calcaires Tithoniques inférieurs.

Les corniches du Sans Bec peuvent être subdivisées en deux zones distinctes ou l'orientation des bancs diffère face au vide, engendrant un changement dans les principaux mécanismes de départs.

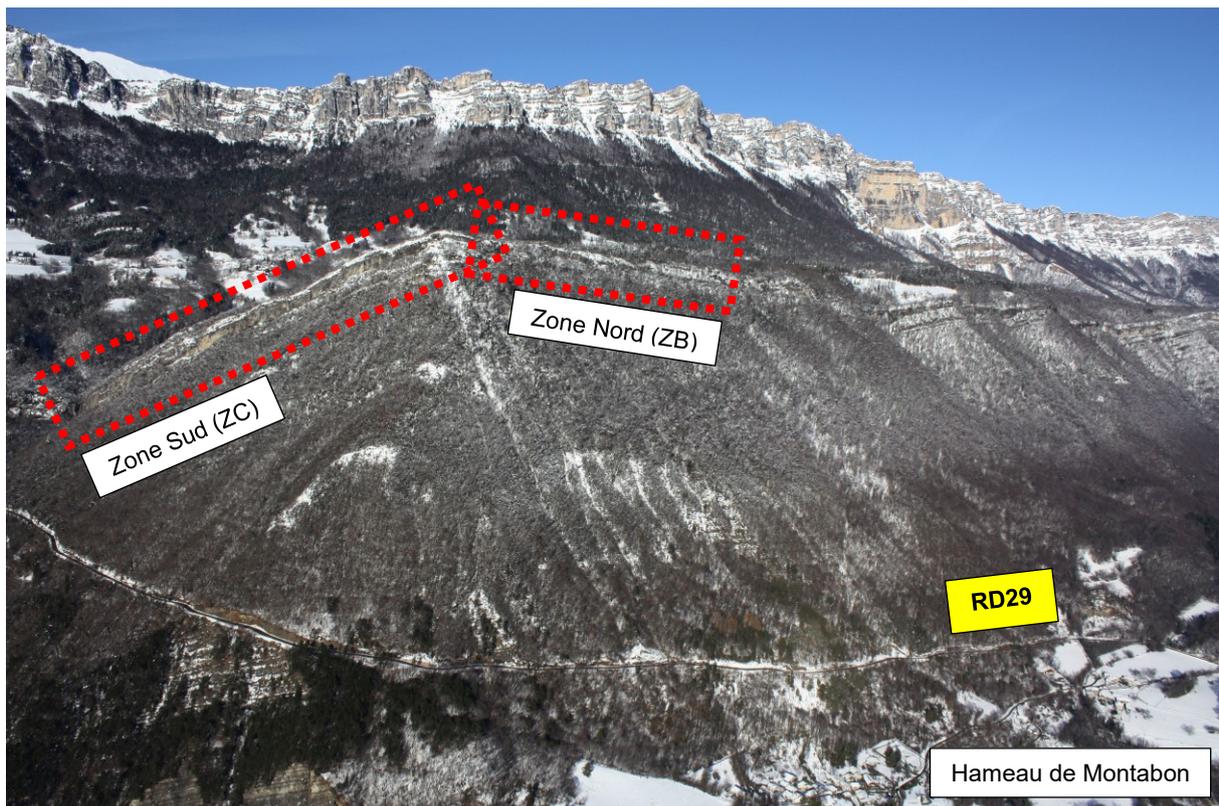


Figure 11 : Repérage géographique des corniches du Sans Bec)

Les corniches de la zone Nord sont peu imposantes, elles avoisinent la dizaine de mètres de hauteur.

- La corniche supérieure présente un porte-à-faux important ce qui engendre des possibilités de départ par rupture de surplombs. Plusieurs mètres cubes peuvent être emportés mais les éboulements de ce type sont exceptionnels puisque aucune grosse cicatrice n'a été repérée.

- La corniche inférieure dévoile aussi des bancs en configuration surplombante. Nous observons alors le même mécanisme de départ mais pour des volumes plus modestes, de l'ordre du mètre cube.

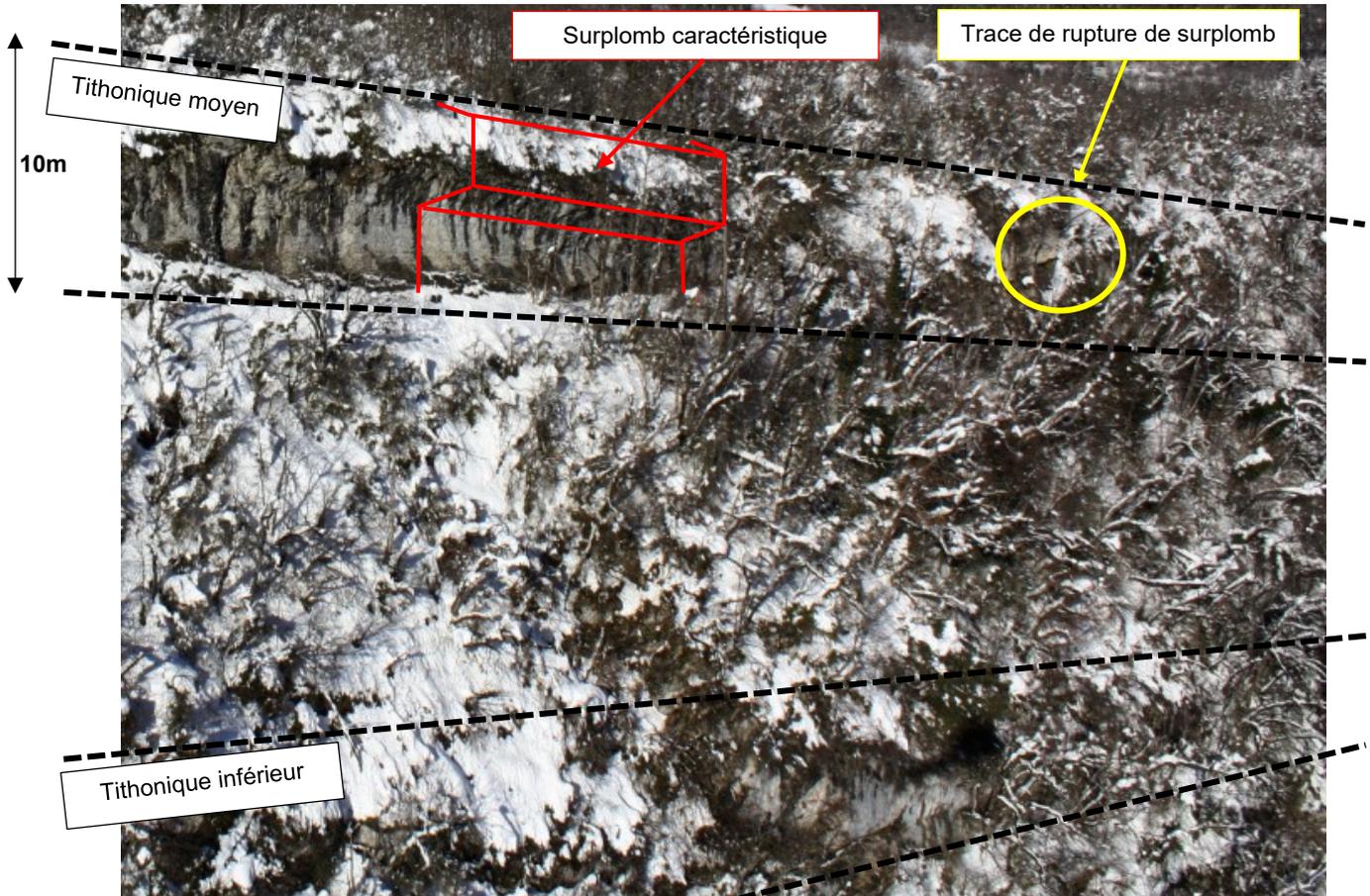


Figure 12 : Corniches Nord, zone Nord, illustration du porte-à-faux (en rouge) et trace d'une rupture de surplomb.

La zone Sud des corniches du Sans Bec inclue la zone de départ de l'évènement du 5 Février 2020. Il s'agissait d'une remobilisation de bloc issu d'un très vieil éboulement par dégradation de son encaissant formé d'éboulis - cf *Figure 4 : Vue de la zone de départ avant travaux (Photographie ONF-RTM)* - Ce très vieil éboulement semble correspondre au basculement d'une colonne dont les débris seraient restés stockés au pied de la corniche supérieure compte tenu de la faible pente de la zone.

- La corniche supérieure est imposante et très massive il y a peu de trace de grosses fragilités équivalente à la zone 2020. Deux zones seulement viennent rompre la continuité de la corniche. Elles laissent présager que les départs éventuels s'effectuent par basculement de colonne ou rupture de pied de colonne. Celles-ci dépassant la centaine de mètre cubes.
- La corniche inférieure est plus développée que sur la zone Nord. Elle domine même par endroit une troisième corniche (probablement formé des calcaires du Kimméridgien moyen). Les bancs sont plus déstructurés que pour la corniche supérieure, les départs semblent s'effectuer par glissement de dièdre et rupture de surplombs, mobilisant des volumes modestes.

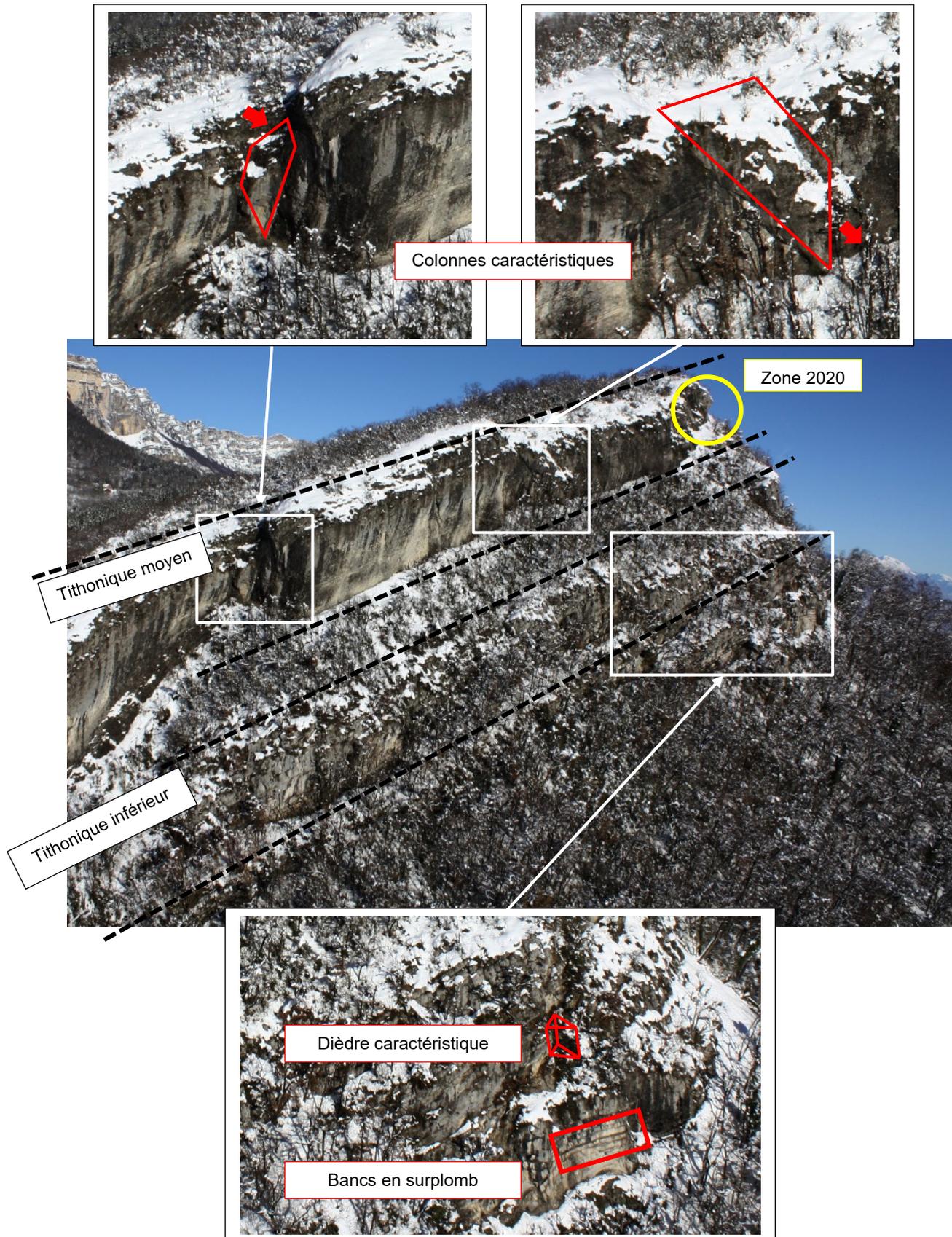


Figure 13 : Corniches du Sans Bec, zone Sud, illustration des mécanismes de départ (en rouge) et localisation de la zone 2020 (en jaune)

### IV.1.2 Corniches du Belvédère du Puy

Les corniches du Belvédère du Puy peuvent elles aussi être subdivisées en deux zones distinctes pour les mêmes raisons que pour les corniches du Sans Bec.

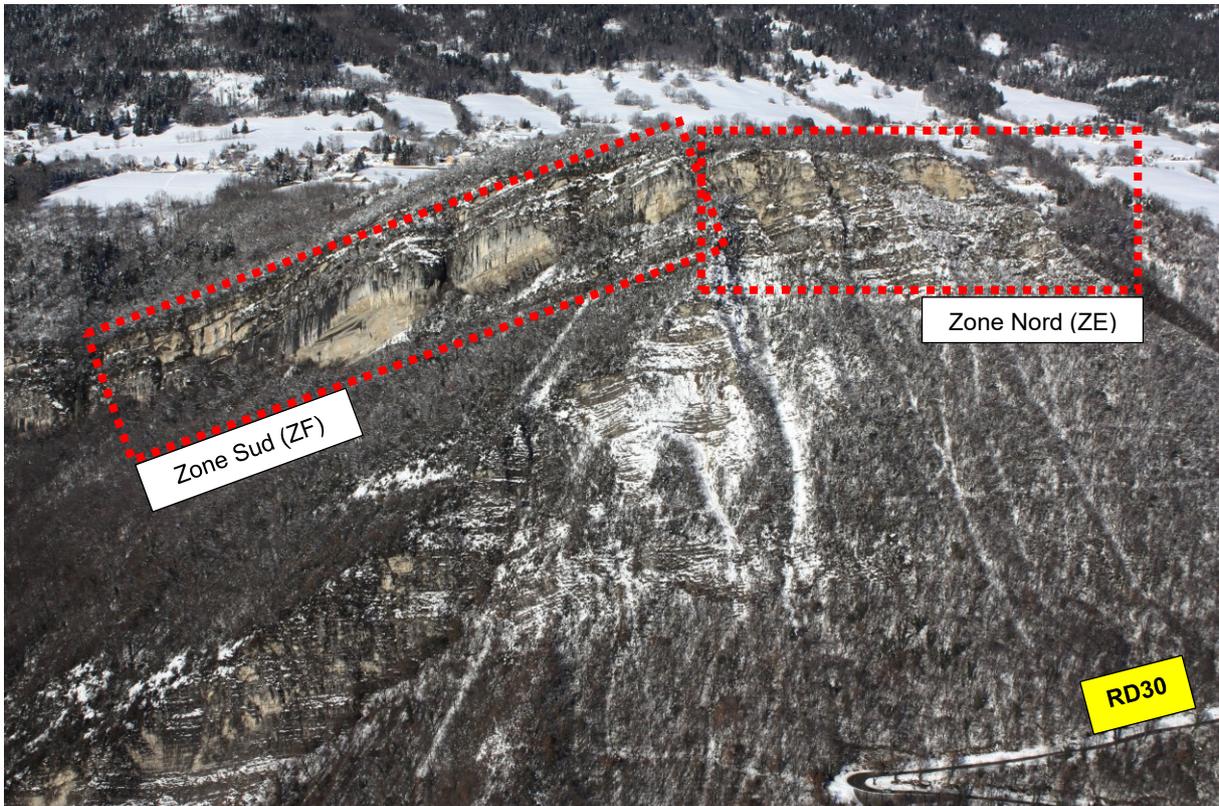


Figure 14 : Repérage géographique des corniches du Belvédère du Puy

La zone Nord présente des traces de départ par glissement de dièdre. C'est d'ailleurs ce qui avait été constaté en 1999 par les services ONF-RTM (cf II 1.2). Il s'agissait alors d'un compartiment de 15m<sup>3</sup>. L'absence de photographie post-événement ne nous permet pas de le localiser avec précision mais il est probable qu'il fasse parti des dièdres identifiés ci-après :

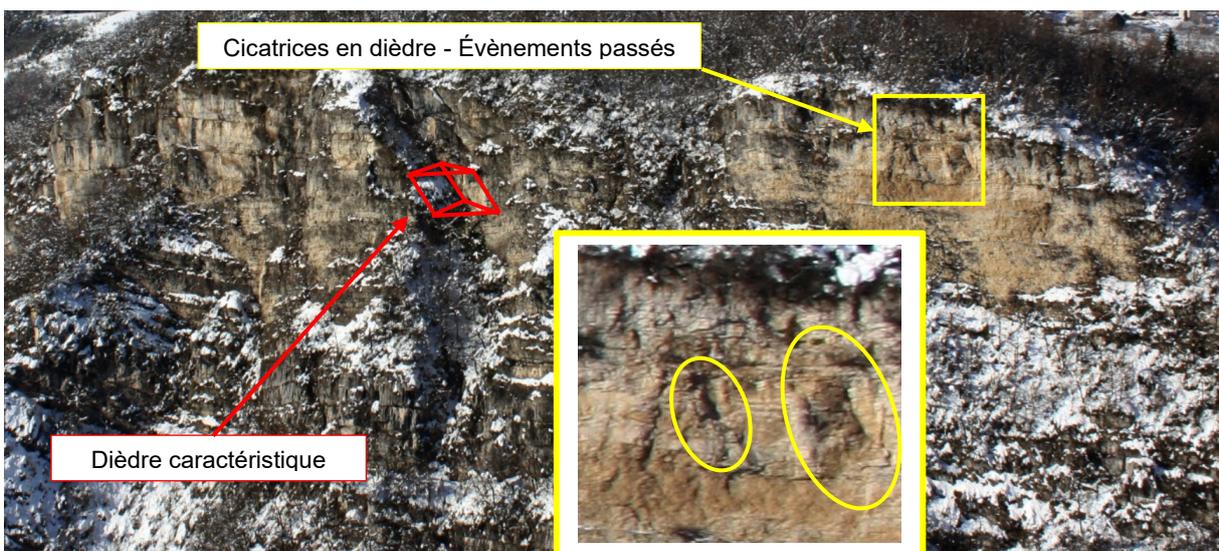


Figure 15 : Corniches du Belvédère du Puy, zone Nord, illustration des mécanismes de départ en dièdre (en rouge) et traces d'évènements (en jaune)

Ces départs concernent des volumes de l'ordre de plusieurs m<sup>3</sup> avec parfois des événements que l'on peut considérer comme rares qui dépassent la dizaine de m<sup>3</sup>, comme ce fut le cas en février 1999.

La zone Sud est orientée différemment et il y est possible d'observer deux types de départs :

- Des ruptures d'écaille en paroi sur l'escarpement principal qui est vertical voir déversant. Les volumes de ces écailles peuvent atteindre plusieurs centaines de m<sup>3</sup> mais ces événements apparaissent très exceptionnels.
- Des départs plans de type banc sur banc sur la partie haute. Ces événements sont fréquents puisque le pendage des bancs est défavorable (appel au vide). Cependant ce sont des petits éléments qui sont mobilisés (de l'ordre du m<sup>3</sup>)

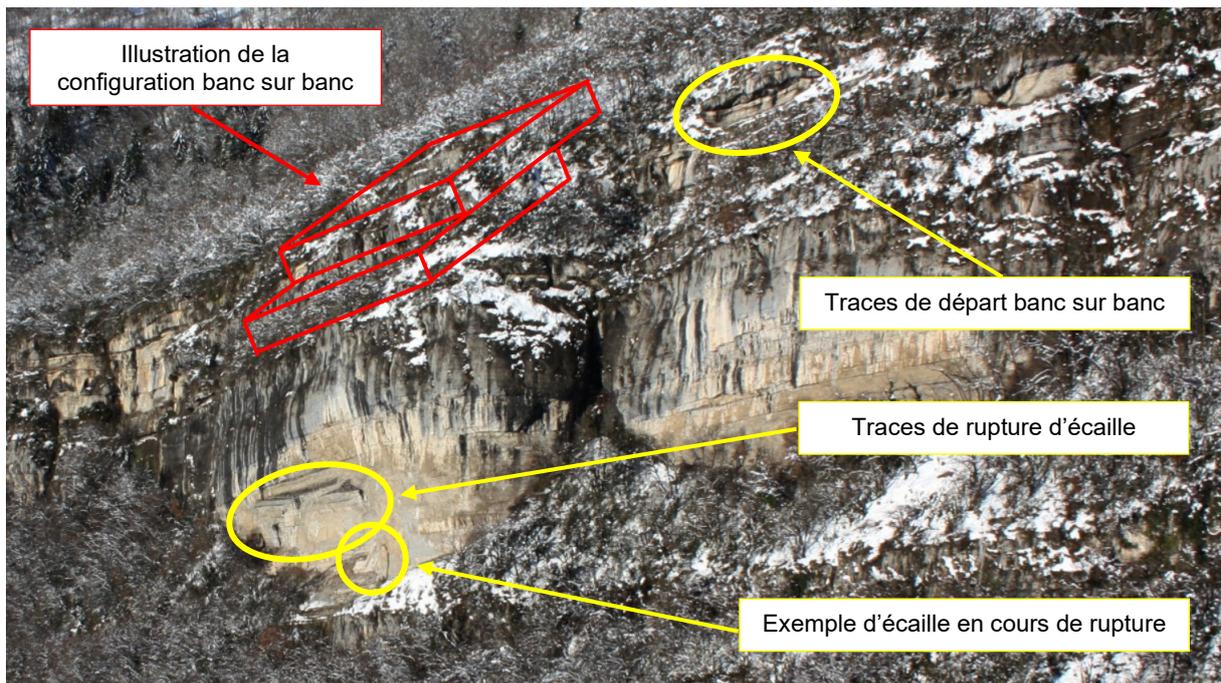


Figure 16 : Corniches du Belvédère du Puy, zone Sud, illustration des mécanismes de départ banc sur banc (en rouge), rupture d'écaille et indices d'évènements (en jaune)

Tout comme pour les corniches du Sans Bec, il est ici possible d'observer la corniche du Tithonique inférieur, mais sa hauteur apparaît négligeable face au développé de la corniche du Tithonique moyen. Elle ne sera pas prise en compte dans les scénarii.

#### IV.1.3 Les zones de marno-calcaires

Les terrains de marno-calcaires sont bien présents sur les versants de la commune, ils affleurent à plusieurs niveaux :

- En aval des corniches du Belvédère du Puy : « Marno-calcaires du versant du Carré »
- Dans les gorges de la forêt domaniale de La Terrasse : « Marno-calcaire de la forêt domaniale »
- En aval des corniches du Sans Bec : « Marno-calcaires en amont de la RD29 »

Leur configuration en empilement de petits bancs les rend peu propices aux départs de gros volumes puisque dans la plupart des cas, un seul banc (d'ordre métrique) sera mis en mouvement.

Leur disposition tabulaire sur cette partie du massif conduit à des départs par rupture d'écaille en paroi ou rupture de surplomb.



Figure 17 : Illustration des structures tabulaire de marno-calcaires (ici sur le versant du Belvédère du Puy)



Figure 18 : Repérage des marno-calcaires en amont de la RD29



Figure 19 : Repérage des marno-calcaires sur le versant du Belvédère du Puy

Ces reconnaissances ont permis de déterminer des scénarii de référence d'aléas diffus, par zones homogènes. Ils seront définis au paragraphe VI.

## IV.2 Les zones de propagation

Même si leur taille va varier en fonction de leur localisation nous remarquons que les zones de propagation sont similaires entre la corniche Nord et la corniche Sud.

D'amont en aval, on distingue :

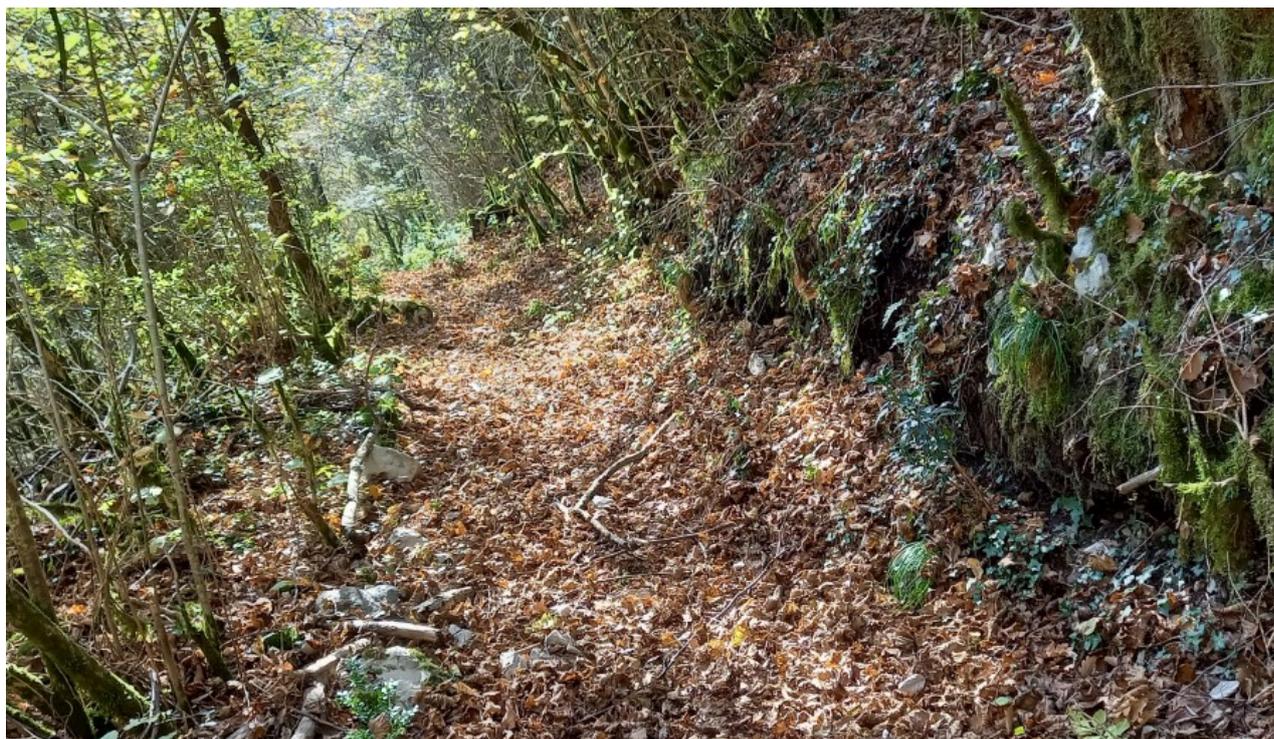
- **Terrain de marno-calcaires** : Partout où les marnes ou les marno-calcaires affleurent ou sub-affleurent la pente est soutenue entre 40 et 50°. Par endroit des escarpements sont formés et la pente dépasse alors les 50° pour tendre vers des verticalités (A partir de ce seuil il s'agit également de zones de départ, ce point est traité dans le paragraphe correspondant). Ce sont des zones chaotiques la plupart du temps dénudées de végétation. Cela constitue des terrains idéaux pour la propagation des blocs, ils vont accélérer et emmagasiner de l'énergie sur ces zones. De nombreux couloirs apparaissent ils concentrent des trajectoires préférentielles pour les blocs.
- **Terrain d'éboulis** : Ces vieux éboulis stables correspondent souvent aux pentes de la commune comprises entre 15 et 40°. Plus on s'éloigne des zones de départ plus la pente se radoucie. Ils ont été colonisés par la végétation depuis un certain temps, ils sont donc recouverts d'une couverture terreuse significative. Ces zones forestières,

principalement constituées de buis ont peu d'effet de freinage sur les blocs volumineux. En revanche ce sont ces terrains qui sont traversés par les chemins ou routes départementales RD30 et RD29. Ces courts replats intermédiaires sont favorables à l'arrêt des blocs. Le 5 février 2020 une dizaine de blocs de 100 à 300l ont été stoppés par la plateforme de la RD29, une autre dizaine de blocs seulement ont réussi à franchir ce replat.

- **Replats des hameaux** : Il s'agit ici des pentes inférieures à 15° qui constitue de très bons freins à la propagation des blocs. L'arrêt des blocs intervient très rapidement sur ces zones. Nous sommes toujours sur des vieux éboulis mais qui ont cette fois-ci été cultivés et aménagés. Ils correspondent aux prairies en hameau des habitations.



Figure 20 : Exemples de zones de marno-calcaires (qui constituent également des zones de départs à partir de 50°)



*Figure 21 : Illustration d'une zone d'éboulis boisé et d'un replat favorisant les arrêts*



*Figure 22 : Exemple d'une zone de replat en amont du hameau de l'Evêché*

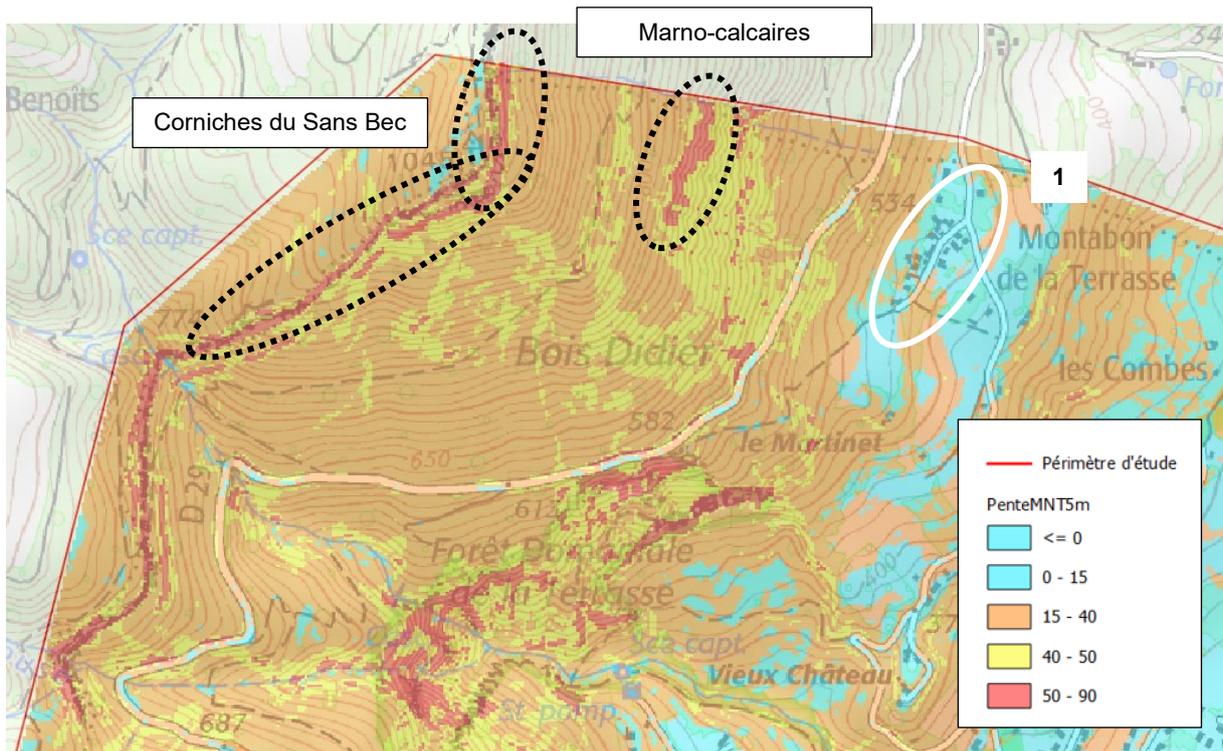


Figure 23 : Cartes des pentes au niveau des zones de propagation sous la corniche Nord - Les terrains de marno-calcaires vont généralement apparaître avec les aplats jaunes et rouges ( $>40^\circ$ ), les éboulis avec les aplats orange ( $15\text{-}40^\circ$ ) et les replats des hameaux avec les aplats en turquoise. Les zones habitées exposées sont entourées d'une ellipse blanche.

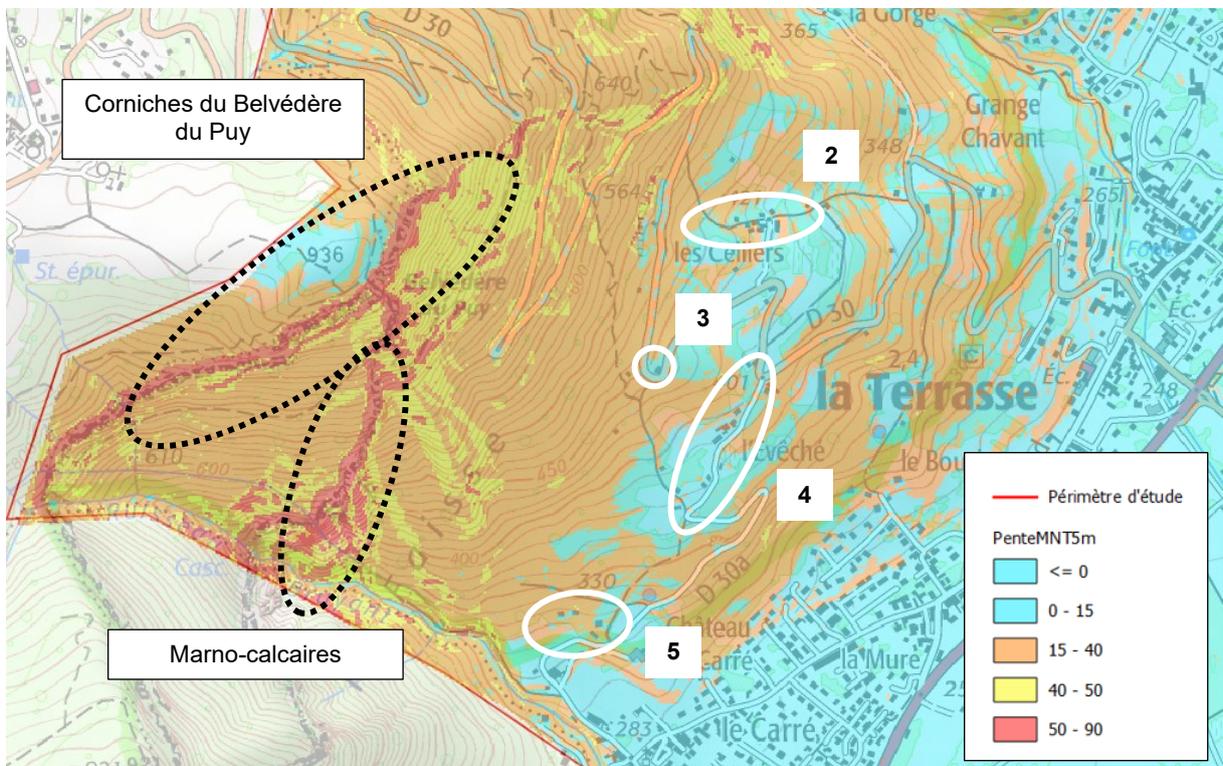


Figure 24 : Cartes des pentes au niveau des zones de propagation sous la corniche Sud - Les terrains de marno-calcaires vont généralement apparaître avec les aplats jaunes et rouges ( $>40^\circ$ ), les éboulis avec les aplats orange ( $15\text{-}40^\circ$ ) et les replats des hameaux avec les aplats en turquoise. Les zones habitées exposées sont entourées d'une ellipse blanche.

### IV.3 Les zones d'enjeux

La carte des pentes permet d'identifier rapidement les zones habitées menacées par l'aléa chute de blocs. En effet les hameaux de Montabon, Les Celliers, l'Evêché et les habitations en amont du Château du Carré sont localisés juste en pied des zones d'éboulis. L'historique récent nous révèle que seul Montabon a été approché par des blocs, mais ce constat n'est pas forcément révélateur des menaces les plus importantes. Il est incorrect d'établir des statistiques avec un seul évènement.

En revanche, il nous a semblé opportun de relever les angles des lignes d'énergie sur le terrain entre les habitations et les zones de départ identifiées. Cet angle  $\beta$  correspond à l'angle entre l'horizontale et une ligne virtuelle entre le point de départ et le point d'arrivée potentiel. Cette méthode simple, qui peut paraître triviale, nous permet de comparer rapidement l'exposition des hameaux et l'exposition des habitations à l'intérieur de ce même hameau. Elle repose sur le principe qu'un bloc ne peut progresser sur une pente que si elle est suffisamment raide.

1. Hameau de Montabon : Cette zone habitée a été approchée par des blocs en 2020. Il y a peu ou pas d'espace entre le bâti et la zone boisée favorable à la propagation des blocs. Il y a une grosse variabilité spatiale entre les habitations au Nord ou au Sud du Hameau, celles du Sud étant plus exposées. Nous avons relevé un angle de ligne d'énergie qui varie entre  $35^\circ$  et  $38^\circ$  du Nord au Sud. Nous n'avons pas reparcouru le versant depuis les évènements de 2020, nous avons cependant visité la barrière grillagée provisoire pour constater qu'elle était toujours en place et qu'elle ne contenait pas de nouveaux matériaux.
2. Hameau de Les Celliers : Cette zone habitée est localisée dans le versant de la corniche Sud. Elle est dominée par des espaces cultivés. Elle s'étend en longueur dans le sens de la ligne de plus grande pente, les habitations en partie haute sont donc davantage menacées. L'angle de la ligne d'énergie relevé entre l'habitation la plus haute et les zones de départ potentielles au niveau du Belvédère du Puy est de  $33^\circ$ . Nous n'avons pas observé de bloc à proximité du hameau. Toutefois, les zones étant cultivées, il est possible qu'ils aient pu être évacués.
3. Habitation isolée dans l'épingle de la RD30 : Cette bâtisse est en zone P3 de la carte d'aléa actuelle. Elle est dominée par les mêmes zones rocheuses qui menacent le hameau de Les Celliers mais elle est localisée plus à leurs aplombs. Nous avons relevé un angle  $\beta=37^\circ$ . Nous avons trouvé un bloc de  $1.5\text{m}^3$  sur le sentier balisé en contrehaut qui pourrait être sur la trajectoire de l'habitation. A la même altitude que l'habitation, mais sur une trajectoire légèrement différente nous avons trouvé un bloc de  $150\text{l}$  ainsi qu'un petit chaos de bloc avec un volume total d'un mètre cube légèrement plus en amont.
4. Hameau de l'Evêché : Ce hameau très étendu est en contrebas de zones cultivées qui constitue des zones d'arrêt potentielles. Les angles  $\beta$  relevés varient entre  $32^\circ$  et  $34^\circ$  pour l'habitation isolée la plus au Sud. Les blocs relevés à proximité de l'habitation isolée dans l'épingle de la RD30 concernent également ce hameau puisque ces mêmes blocs auraient pu se propager jusqu'à l'Evêché.
5. Habitations en amont du Château du Carré : Ce secteur est localisé au pied d'un léger thalweg qui semble chenaliser les éléments rocheux en aval des zones de départ du Belvédère du Puy. Les deux habitations jumelles en contrebas du chemin apparaissent plus exposées. Nous avons mesuré un angle de  $\beta$  depuis le Belvédère du Puy égal à  $36^\circ$ . Lors de la visite de la zone boisée juste en contrehaut des habitations nous avons repérés plusieurs blocs dont deux blocs remarquables. Le premier de  $1.5\text{m}^3$ ,  $70\text{m}$  en amont des habitations et le deuxième d' $1/2\text{ m}^3$ ,  $50\text{m}$  en amont des habitations.



Figure 25 : Vue du hameau de Montabon sous et repérage des blocs relevés par l'ONF-RTM sous la RD29 lors de l'évènement de février 2020

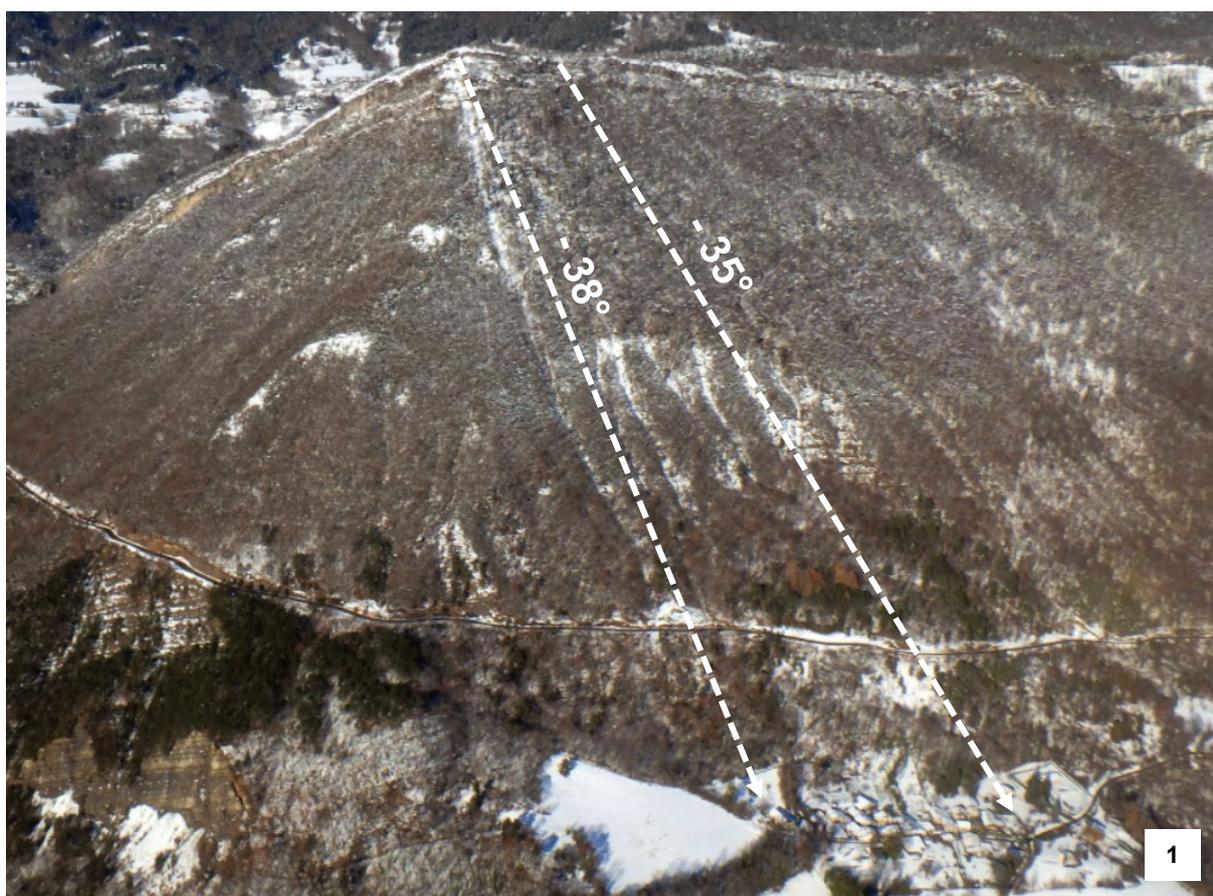


Figure 26 : Vue du hameau de Montabon sous la corniche Nord. Indications des angles  $\beta$

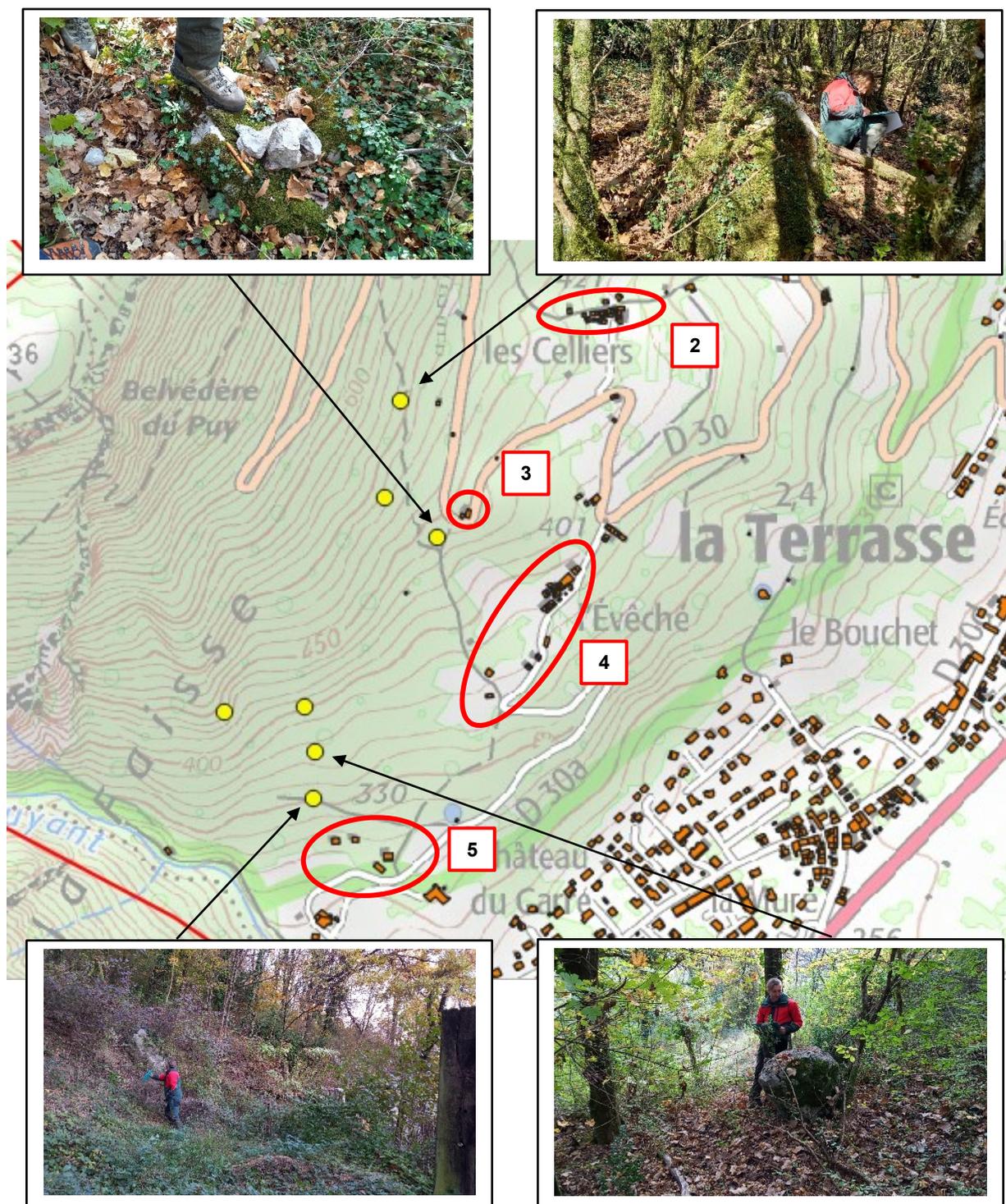


Figure 27 : Vue cartographique (scan 25 IGN) des enjeux habités sous la corniche Sud avec repérage des blocs remarquables

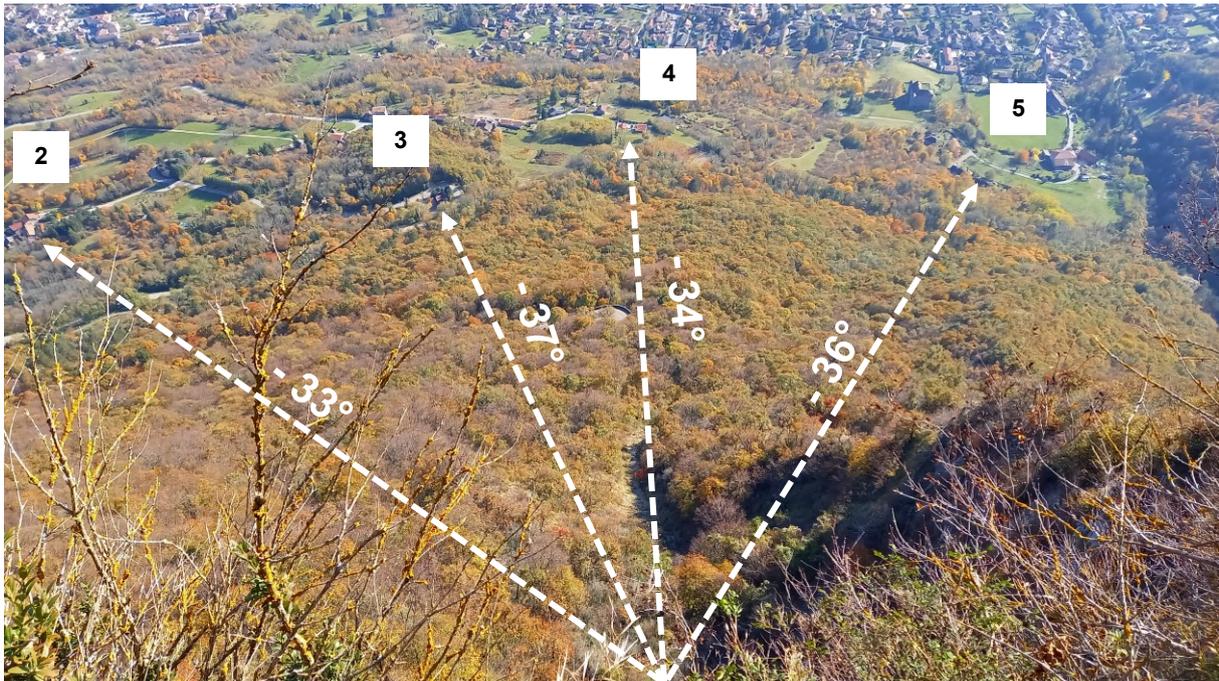


Figure 28 : Vue depuis le Belvédère du Puy des enjeux habités sous la corniche Sud. Indications des angles  $\beta$

## V Synthèse des phénomènes connus et observés et carte informative des phénomènes

L'activité « chutes de bloc » observée, et en lien avec les enjeux habités sur la commune de la Terrasse, peut être synthétisée par les points suivants :

- Les chutes de blocs sont associées à des :
  - Départs depuis les différentes zones de marno-calcaires
  - Départs depuis les corniches Tithonique du Belvédère du Puy
  - Départs depuis les corniches Tithonique du Sans Bec
- L'activité courante (observable plusieurs fois dans l'année) correspond à des chutes de blocs de quelques centaines de litre depuis les différentes zones de marno-calcaire. Leur propagation est limité en raison de leur position à mi-versant et des faibles volumes mobilisés.
- L'activité rare (moins d'une fois par an), correspond à la déstabilisation d'un compartiment de l'ordre du mètre cube depuis la corniche inférieure des calcaires Tithoniques.
- L'activité très rare (une fois par siècle ou moins), correspond à la déstabilisation d'un compartiment volumineux de l'ordre de la centaine de mètres cube depuis la corniche supérieure des calcaires Tithoniques.
- Les départs depuis les zones de marno-calcaires de la forêt domaniale ne peuvent pas se propager jusqu'au enjeux habités (propagation vers la zone de gorges). Néanmoins cette zone homogène sera décrite, pour mémoire, dans la cartographie de synthèse. Aucun scénario ne lui sera affecté.

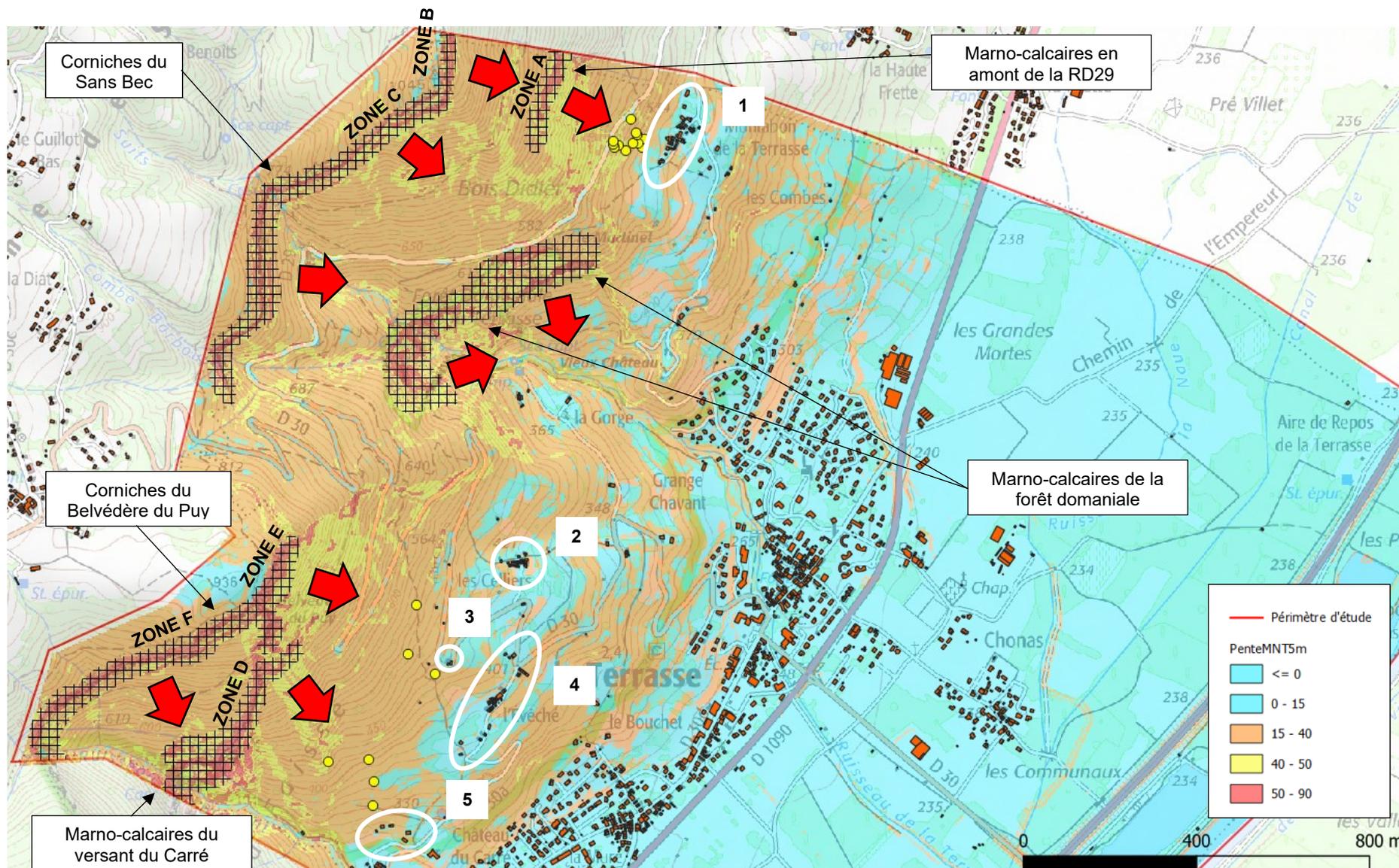


Figure 29 : Carte informative des phénomènes chutes de blocs sur la commune de la Terrasse (Hachuré -> zones de départ ; Flèches rouges -> direction de la ligne de plus grande pente depuis les zones de départ ; Les points jaunes -> les blocs relevés les plus proches des enjeux habités ; En blanc -> les enjeux habités)

## VI Choix des zones de départ et définition des scénarii de référence pour chacune d'elles

Nous avons précédemment décrit les zones de départ homogènes sur le territoire de la commune. L'application de la MEZAP 2022 conduit à définir les scénarii de références pour chacune de ces zones.

Zone	Description	Scénario(s) de référence	Scénario de phénomène MEZAP	Enjeux bâtis
A	Marno-calcaires en amont de la RD29	ZA-SCN-1 : Départ d'un bloc isolé de l'ordre de plusieurs centaines de litres par rupture d'écaille en paroi ou rupture de surplomb. Propagation sans fragmentation du bloc.	Scénario type A selon MEZAP 2022	1 - Hameau de Montabon
B	Zone Nord Corniches du Sans Bec	ZB-SCN-1 : Départ d'un compartiment isolé par rupture de surplomb de l'ordre du mètre cube sur la corniche Tithonique inférieure. Peu ou pas de fragmentation, propagation de blocs de maximum un mètre cube	Scénario type B selon MEZAP 2022	1 - Hameau de Montabon
		ZB-SCN-2 : Départ d'un compartiment isolé de l'ordre de la dizaine de mètres cube par rupture de surplomb sur la corniche Tithonique supérieure. Peu ou pas de fragmentation, propagation de blocs de maximum cinq mètres cubes.	Scénario type B selon MEZAP 2022	1 - Hameau de Montabon
C	Zone Sud Corniches du Sans Bec	ZC-SCN-1 : Départ d'un compartiment isolé de l'ordre du mètre cube par rupture de surplomb ou glissement de dièdre sur la corniche Tithonique inférieure. Peu ou pas de fragmentation, propagation de blocs de maximum un mètre cube	Scénario type B selon MEZAP 2022	1 - Hameau de Montabon
		ZC-SCN-2 : Basculement d'une colonne de l'ordre de la centaine de mètres cubes depuis la corniche Tithonique supérieure. Fragmentation et propagation de blocs de maximum dix mètres cubes.	Scénario type B selon MEZAP 2022	1 - Hameau de Montabon
D	Marno-calcaires du versant du Belvédère du Puy	ZD-SCN-1 : Départ d'un bloc isolé de l'ordre de plusieurs centaines de litres par rupture d'écaille en paroi ou rupture de surplomb. Propagation sans fragmentation du bloc.	Scénario type A selon MEZAP 2022	5 - Habitations en amont du Château du Carré
E	Zone Nord Corniches du Belvédère du Puy	ZE-SCN-1 : Départ par glissement de dièdre d'un compartiment de plusieurs dizaines de mètres cubes. Fragmentation et propagation de bloc de maximum deux mètres cubes.	Scénario type B selon MEZAP 2022	2 - Hameau de Les Celliers 3 - Habitation isolée dans l'épingle de la RD30 4 - Hameau de l'Évêché 5 - Habitations en amont du Château du Carré
F	Zone Sud Corniches du Belvédère du Puy	ZF-SCN-1 : Rupture d'une écaille rocheuse sur la paroi principale d'une centaine de mètres cubes. Fragmentation et propagation de blocs de maximum cinq mètres cubes.	Scénario type B selon MEZAP 2022	5 - Habitations en amont du Château du Carré

L'ensemble de ces scénarii correspondent au cas 1 de la MEZAP 2022 où l'intensité du phénomène est dépendante du volume unitaire.

Le scénario A correspond à la chute d'un bloc isolé depuis une zone du versant, la propagation s'effectue sur des distances longues :

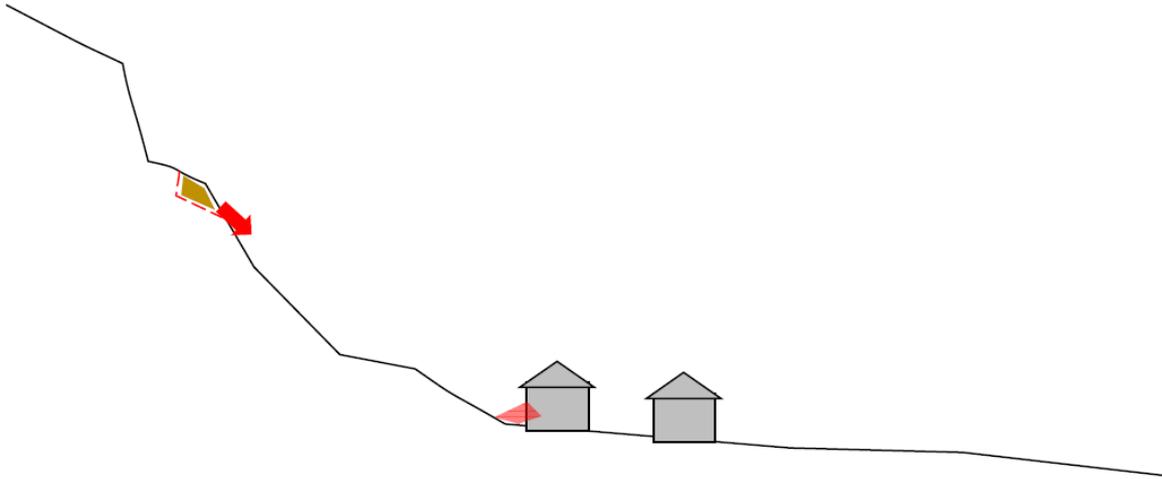


Figure 30 : Scénario A selon le guide technique MEZAP 2022

Le scénario B correspond à la chute d'un compartiment isolé depuis une zone du versant, la propagation s'effectue sur des distances longues :

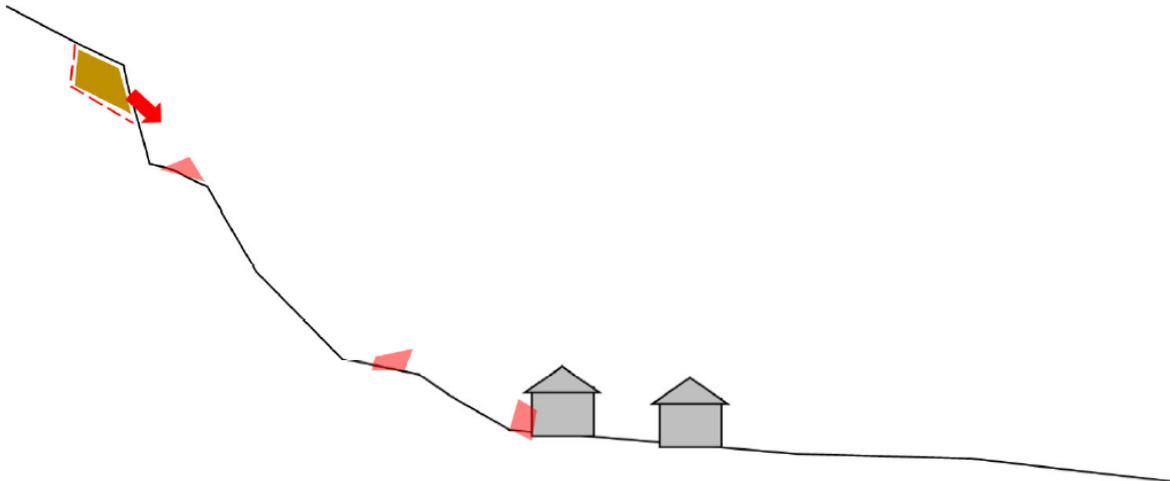


Figure 31 : Scénario B selon le guide technique MEZAP 2022

## VII Synthèse et proposition des aléas de référence

L'aléa de référence est défini par zone de départ homogène, comme le volume de roche susceptible de se propager vers les enjeux sur la période de référence, et ce après tout mécanisme de fragmentation. Il est à justifier au regard de l'historique évènementiel et des contextes géologiques et morphologiques. Le choix de l'intensité caractérisant l'aléa de référence correspond au(x) phénomène(s) redouté(s) sur la période de référence de 100 ans.

Un indice d'activité et l'intensité des phénomènes sont qualifiées pour chaque aléa de référence.

- Dans le cadre de la MEZAP 2022, l'activité définie la probabilité de départ sur une période de 100 ans. Elle est qualifiée par un indice d'activité. Afin de qualifier de façon comparable l'activité des zones homogènes d'ampleur différente cet indice doit intégrer une référence spatiale (nombre de bloc de référence par hm<sup>2</sup> de surface ou hm de longueur d'escarpement)
- L'intensité du phénomène est qualifiée par la MEZAP 2022 au travers d'une échelle de dommage au bâti courant. En l'état actuel des connaissances, il n'apparaît pas possible de qualifier les dommages autrement qu'en les assimilant au volume du bloc de référence. C'est cette méthode qui sera donc utilisée.

Quatre aléas de références (AR) sont retenus :

- **AR-1 : Aléa de référence susceptible d'exposer le hameau de Montabon** représenté par le scénario le plus défavorable des scénarii ZA-SCN-1, ZB-SCN-1 et ZB-SCN-2, soit le départ d'un compartiment isolé de l'ordre de la dizaine de mètres cube par rupture de surplomb sur la corniche Tithonique supérieure. Peu ou pas de fragmentation, propagation de blocs de maximum cinq mètres cubes. D'après la note MEZAP 2022, il s'agit d'un phénomène dont l'intensité est dépendante du volume unitaire des blocs en propagation (« cas 1 » - scénario B).  
Il s'agit d'un phénomène d'intensité FORTE « Dommage important au gros œuvre, ruine probable, intégrité structurelle remise en cause » selon le guide MEZAP 2022. Étant donné qu'aucun évènement connu (sauf peut-être celui de 1816, à confirmer) ne représente cet aléa de référence, estimer une fréquence comme indice d'activité serait très aléatoire. L'indice va donc être qualifié avec une référence spatiale : Au regard de l'état massif du linéaire de corniche Tithonique sur la zone B (soit un linéaire de 150m), moins d'un départ de ce type, pour 100 ml de corniche, est attendu sur la période de référence centennale. Ce qui correspond à un indice d'activité FAIBLE < 0.01 chute/an/hm.
- **AR-2 : Aléa de référence susceptible d'exposer le hameau de Montabon** représenté par le scénario le plus défavorable des scénarii ZC-SCN-1 et ZC-SCN-2, soit le basculement d'une colonne de l'ordre de la centaine de mètres cubes depuis la corniche Tithonique supérieure. Fragmentation et propagation de blocs de maximum dix mètres cubes. D'après la note MEZAP 2022, il s'agit d'un phénomène dont l'intensité est dépendante du volume unitaire des blocs en propagation (« cas 1 » - scénario B).  
Il s'agit d'un phénomène d'intensité FORTE « Dommage important au gros œuvre, ruine probable, intégrité structurelle remise en cause » selon le guide MEZAP 2022. L'éboulement de février 2022 correspond à cet aléa de référence. Toutefois un seul évènement n'est pas suffisant pour bâtir des statistiques. L'indice va donc être qualifié avec une référence spatiale : Au regard de l'état massif du linéaire de corniche Tithonique sur la zone C (Linéaire de 300m (sur les 1300m de corniche) – nous verrons dans les paragraphes suivant que seul une fraction du linéaire des corniches Tithonique de cette zone Sud du Sans Bec est susceptible de se propager jusqu'aux enjeux bâtis), moins d'un départ de ce type, pour 100 ml de corniche, est attendu sur

la période de référence centennale. Ce qui correspond à un indice d'activité FAIBLE < 0.01 chute/an/hm.

- AR-3 : Aléa de référence susceptible d'exposer les habitations en amont du Château du Carré** représenté par le scénario le plus défavorable des scénarii ZD-SCN-1 et ZF-SCN-1, soit la rupture d'une écaïlle rocheuse sur la paroi principale d'une centaine de mètres cubes. Fragmentation et propagation de blocs de maximum cinq mètres cubes. D'après la note MEZAP 2022, il s'agit d'un phénomène dont l'intensité est dépendante du volume unitaire des blocs en propagation (« cas 1 » - scénario B). Il s'agit d'un phénomène d'intensité FORTE « Dommage important au gros œuvre, ruine probable, intégrité structurelle remise en cause » selon le guide MEZAP 2022. Étant donné qu'aucun évènement connu ne représente cet aléa de référence, estimer une fréquence comme indice d'activité serait très aléatoire. L'indice va donc être qualifié avec une référence spatiale : Au regard du nombre de cicatrice visibles sur le linéaire de corniche Tithonique de la zone F (Linéaire de 150m (sur les 900m de corniche) – nous verrons dans les paragraphes suivant que seul une fraction du linéaire des corniches Tithonique de cette zone Sud du Belvédère du Puy est susceptible de se propager jusqu'aux enjeux bâtis), moins d'un départ de ce type, pour 100 ml de corniche, est attendu sur la période de référence centennale. Ce qui correspond à un indice d'activité FAIBLE < 0.01 chute/an/hm.
- AR-4 : Aléa de référence susceptible d'exposer les habitations du hameau de Les Celliers, et de l'Évêché, l'habitation isolée dans l'épingle de la RD30 ainsi que les habitations en amont du Château du Carré.** Cet aléa de référence correspond au scénario ZE-SCN-1, soit le départ par glissement de dièdre d'un compartiment de plusieurs dizaines de mètres cubes. Fragmentation et propagation de bloc de maximum deux mètres cubes. D'après la note MEZAP 2022, il s'agit d'un phénomène dont l'intensité est dépendante du volume unitaire des blocs en propagation (« cas 1 » - scénario B). Il s'agit d'un phénomène d'intensité FORTE « Dommage important au gros œuvre, ruine probable, intégrité structurelle remise en cause » selon le guide MEZAP 2022. L'éboulement du 28 Février 1999 correspond à cet aléa de référence, toutefois, un seul évènement n'est pas suffisant pour bâtir des statistiques. L'indice va donc être qualifié avec une référence spatiale : Au regard du nombre de cicatrice visibles de corniche Tithonique de la zone E (Linéaire de 220m) au moins dix départs de ce type peuvent potentiellement être observés sur la période de référence centennale. Ce qui correspond à un indice d'activité MODERE : 0.05 chute/an/hm.

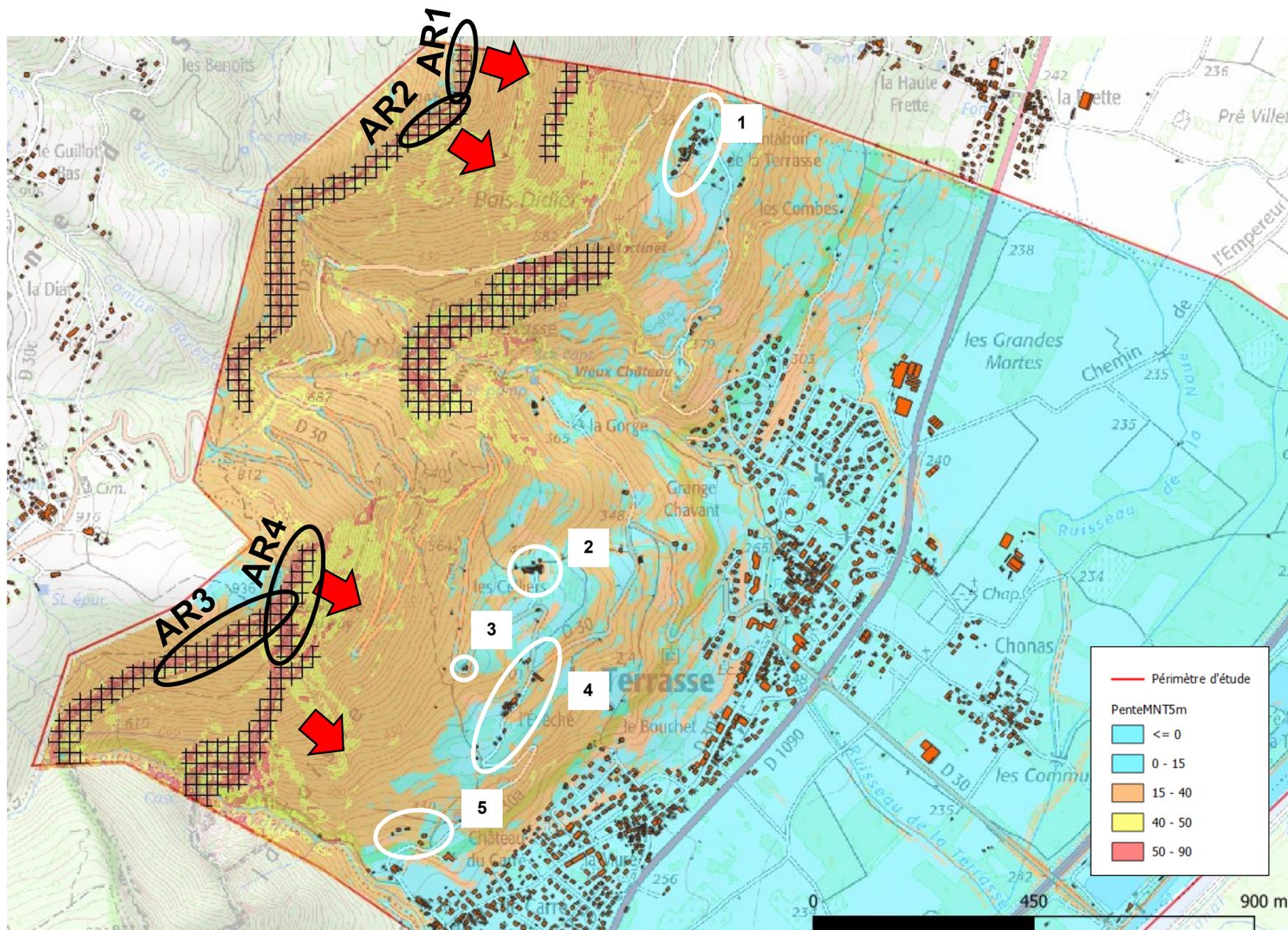


Figure 32 : Carte récapitulative des aléas de références (AR) retenus (Hachuré -> zones de départ ; En blanc -> les enjeux habités)

## VIII Probabilités de propagation pour chaque aléa de référence

### VIII.1 Méthode mise en œuvre

La méthodologie MEZAP 2022 n'impose pas de méthode pour déterminer la probabilité de propagation. Cependant, elle impose de traduire les résultats sous la forme de valeurs d'angle, selon la méthode de la ligne d'énergie. Nous proposons de retenir le cheminement suivant :

- Choix des profils de propagation sur les aléas de référence via l'utilisation de simulations 3D sur le MNT lidar RGE Alti
- Analyse des profils par ligne d'énergie MEZAP 2D
- Projection cartographique 2.5D

### VIII.2 Choix des profils par modélisation 3D

Le logiciel utilisé est celui développé par l'INRAE PlatRock3D® (l'ONF-RTM peut fournir les modèles à la demande du maître d'ouvrage). Le modèle numérique de terrain utilisé est celui de l'IGN RGE Alti issu de relevés lidar volontairement dégradé à une résolution de 5m afin de ne pas apporter de la rugosité complémentaire au terrain et pour réduire les ressources logicielles.

Cette phase est uniquement qualitative, l'objectif n'est pas d'observer les atteintes mais uniquement les dispersions latérales. Cela nous permet d'identifier :

- L'effet des micro-reliefs du versant sur la chenalisation des blocs
- La limite à partir de laquelle les grandes corniches calcaires déversent vers les enjeux : Sous ces grands linéaires rocheux, il existe des « bassins versant » qui propagent les blocs soit vers les zones de gorges, soit vers les zones d'habitation. L'identification de ces frontières permettra de confirmer ou d'éliminer certains aléas de référence.

#### VIII.2.1 Données d'entrées du modèle

Afin de prendre en compte les zones où le rocher est sub-affleurant et les zones de marno-calcaires tels que déterminées au chapitre IV.2 deux types de sols ont été paramétrés.

L'un avec une bonne capacité de propagation (marno-calcaires ou rochers sub-affleurant) et le second avec une capacité plus réduite (éboulis recouverts).

Ensuite quatre zones de départs ont été définies, elles correspondent aux différents aléas de références. L'objectif étant qualitatif, elles ne sont pas équiprobables, certaines zones ont été privilégiées afin de dessiner des chenaux préférentiels.

Sols	Rugosité	Modèle	$\mu r$	$Rt$	$Rn$	$\varphi$	$V_{1/2}$
Sol 1	0.2	0	0.4	0.8	0.2	28.0	2.0
Sol 2	0.05	0	0.4	0.95	0.1	28.0	2.0

Figure 33 : Paramètres de sols utilisés dans le logiciel PlatRock3D®

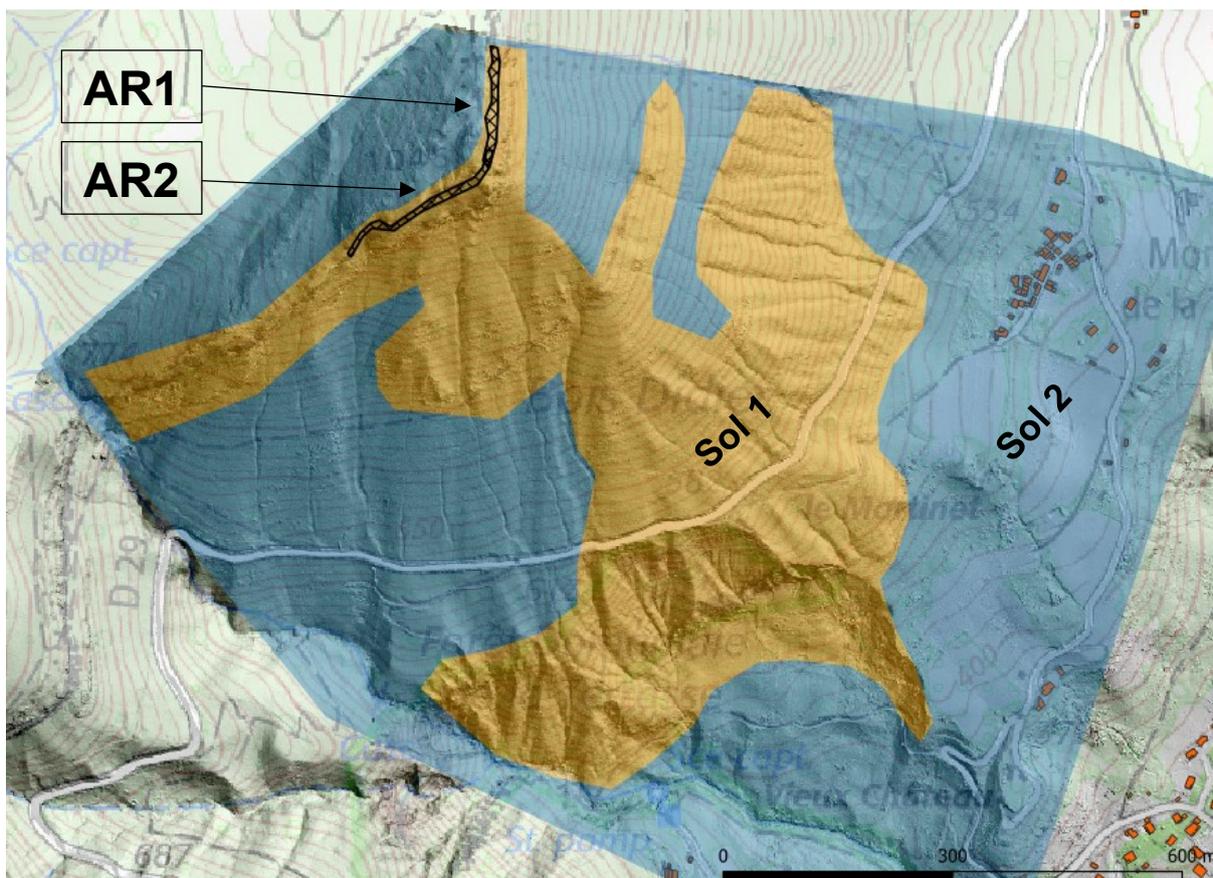


Figure 34 : Carte de définition des sols et des zones de départ sur le secteur de la Crête du Sans Bec

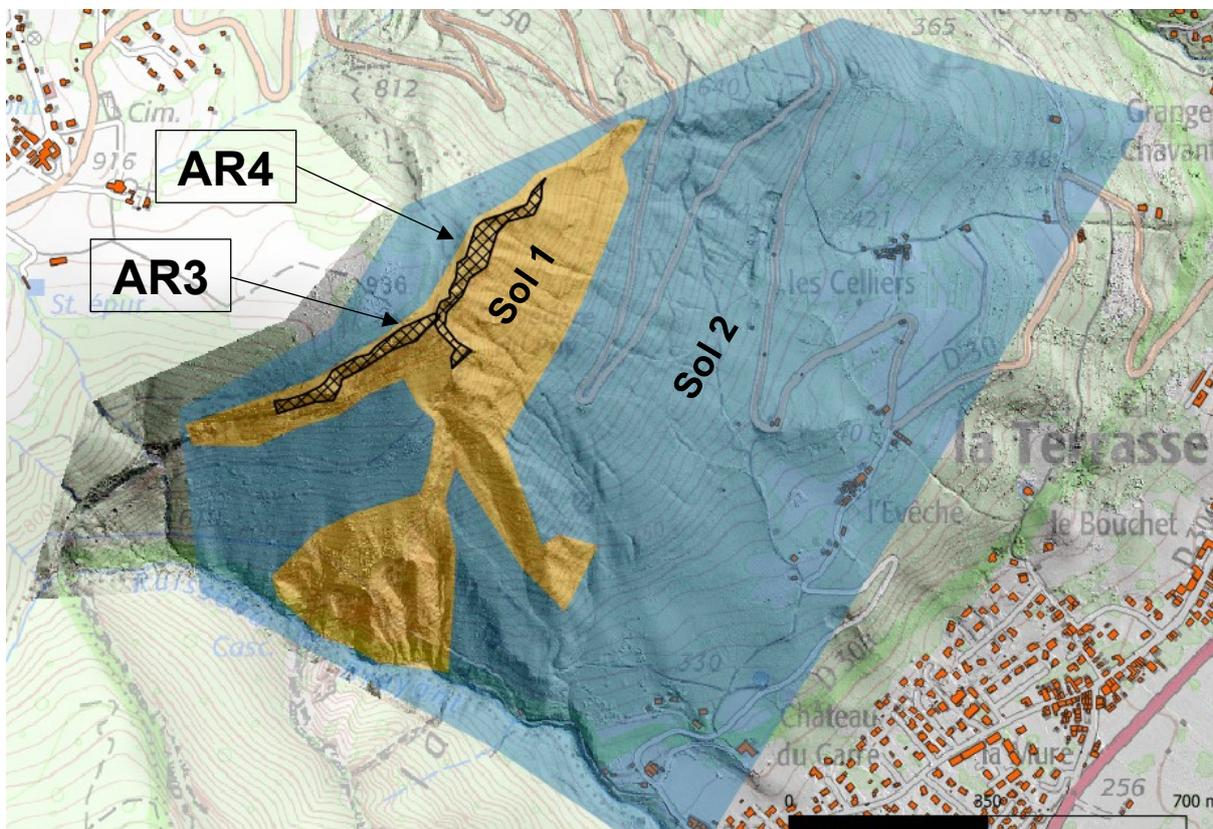


Figure 35 : Carte de définition des sols et des zones de départ sur le secteur du Belvédère du Puy

## VIII.2.2 Analyse des résultats

### Corniches du Sans Bec

L'analyse est effectuée en compilant les images raster de la couche « Crossing » du logiciel Platrock3D. A chaque pixel du versant, l'algorithme affecte un nombre de passage de blocs. Sur la présentation suivante plus la trace est blanchie plus le nombre de passage est important.

Nous déduisons de ces données de propagation 3D que la corniche Sud de la crête du Sans Bec n'est susceptible d'exposer les enjeux habités seulement depuis son extrémité Est. Cela correspond à l'évènement de 2020. Partout ailleurs les blocs sont renvoyés dans les gorges de la forêt domaniale.

Nous traçons donc un seul profil correspondant à l'aléa de référence AR2. Il correspond à la trajectoire principale de l'évènement de 2020.

Pour ce qui concerne l'aléa de référence AR1, deux profils apparaissent pertinents à retenir :

- AR1 P1 qui correspond à un départ depuis le Sud de la corniche et qui emprunte ensuite le chenal secondaire emprunté par des blocs de l'évènement de 2020.
- AR1 P2 qui correspond à la propagation dans un chenal assez marqué qui dirige les blocs vers le centre du hameau de Montabon.

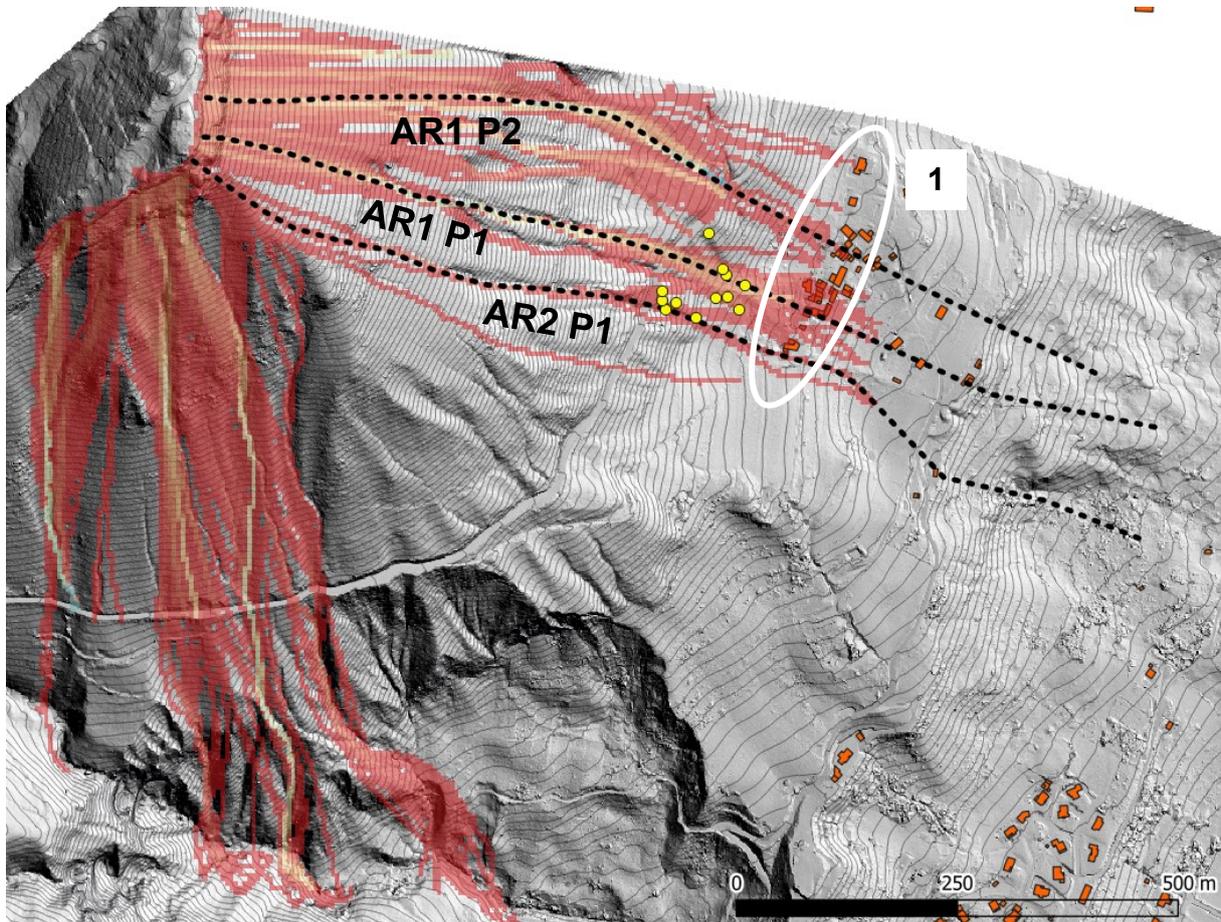


Figure 36 : Représentation des profils choisis en fonction des passages de blocs (« crossing » PlatRock®) via le module 3D sur fond d'ombrage MNT RGE Alti sur le secteur de la Crête du Sans Bec. Dégradé de couleur du rouge (un passage) au blanc-bleu (multiple passages). Les blocs relevés dans le versant apparaissent en jaune. (Attention l'atteinte ou non des habitations n'était pas la vocation de cette simulation 3D)

### Corniches du belvédère du Puy

Les simulations nous indiquent que l'ensemble des blocs lâchés depuis la zone Sud des corniches du Belvédère du Puy se propagent vers les gorges du Ruisseau du Bruyant. Ce qui signifie que l'aléa de référence AR3 n'expose finalement pas les habitations en amont du Château du Carré (Attention le bâtiment technique localisé sur le bord du chemin qui mène à la cascade est lui exposé).

Seul l'aléa de référence AR4 expose les différents enjeux habités.

Sur la base de ces simulations nous retiendrons alors quatre profils pour l'aléa de référence AR4 :

- AR4 P1 Ce profil correspond à un départ depuis l'extrémité sud de la corniche Nord. Les blocs empruntent ensuite un chenal qui débouche dans l'éboulis boisé ou nous avons relevés plusieurs blocs lors des reconnaissances de terrain.
- AR4 P2 Ce profil semble correspondre à la trajectoire la plus probable se dirigeant vers le hameau de l'Évêché. Le cœur du hameau légèrement au Nord est moins exposé. Nous avons relevé deux blocs sur cette trajectoire lors des reconnaissances de terrain.
- AR4 P3 Ce profil est retenu vis-à-vis de l'habitation isolée dans l'épingle de le RD30. Il suit un chenal prononcé sur la partie haute mais il s'en éloigne avant d'intercepter la RD30
- AR4 P4 Ce profil est retenu puisqu'il semblerait que ce soit la seule trajectoire de propagation se dirigeant vers le Hameau des Celliers.

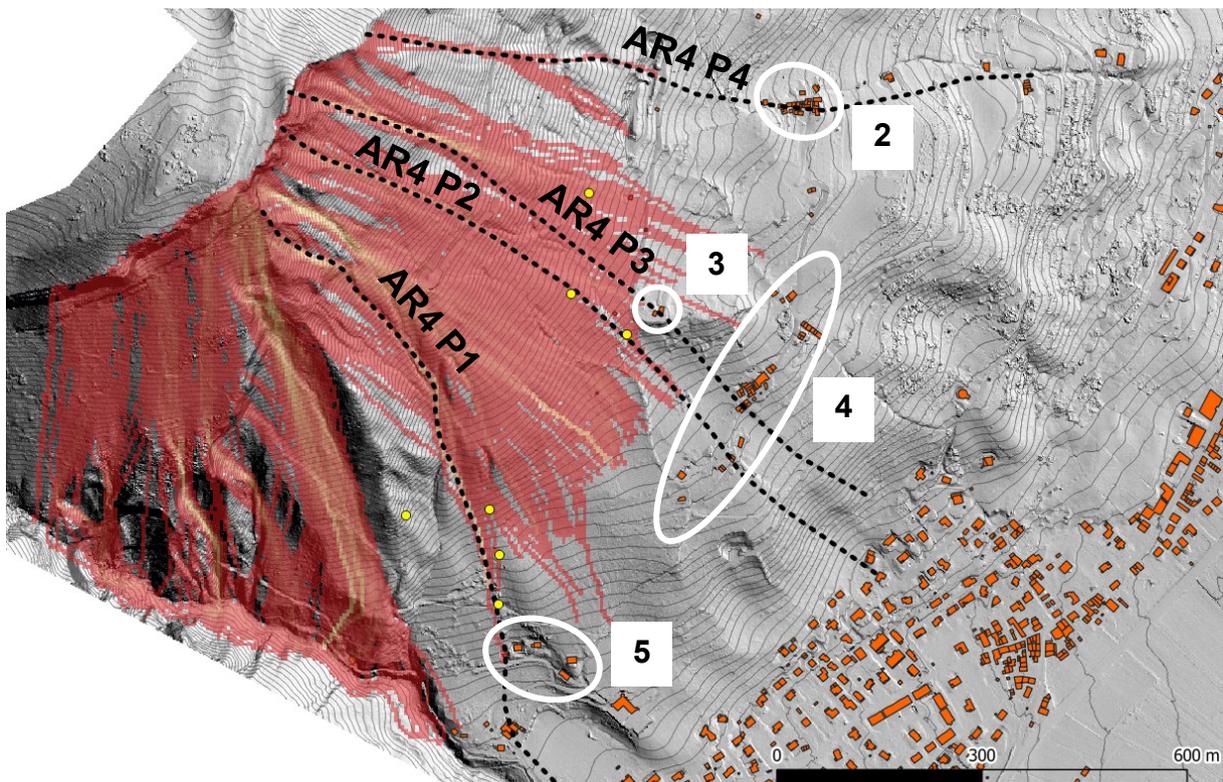


Figure 37 : Représentation des profils choisis en fonction des passages de blocs (« crossing » PlatRock®) via le module 3D sur fond d'ombrage MNT RGE Alti sur le secteur du Belvédère du Puy. Dégradé de couleur du rouge (un passage) au blanc-bleu (multiple passages). Les blocs relevés dans le versant apparaissent en jaune. (Attention l'atteinte ou non des habitations n'était pas la vocation de cette simulation 3D)

### VIII.3 Analyse par ligne d'énergie MEZAP 2D et 2.5D

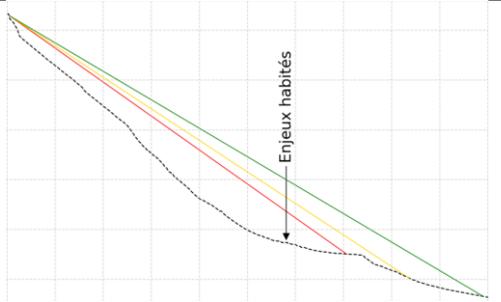
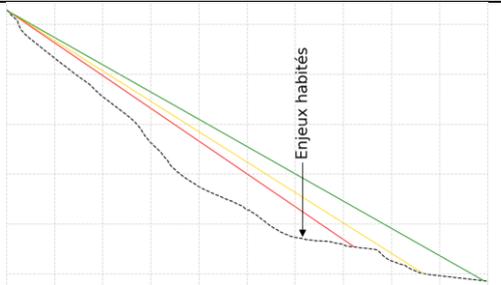
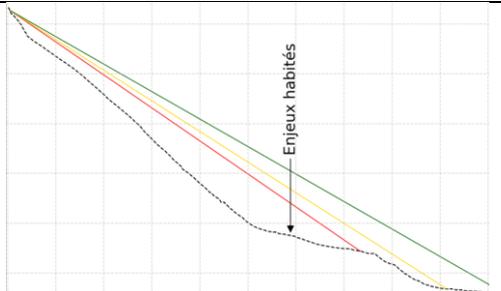
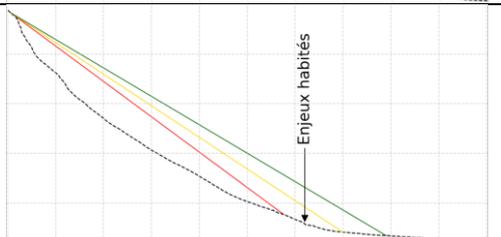
#### VIII.3.1 Profils 2D

La topographie de chaque profil identifié dans le paragraphe précédent est extraite depuis le MNT lidar RGE Alti. La recherche de valeurs de lignes d'énergies faible/moyen/fort correspondantes à des profils similaires issues de la base de données MEZAP est faite par la méthode dite de l'aire normalisée, grâce au logiciel Pylong © développé par l'ONF-RTM.

Les valeurs de probabilités d'atteinte forte, moyenne et faible sont des valeurs proposées dans le cadre de la méthode MEZAP par analyse statistique de l'échantillon. Ces échantillons de valeurs sont issus d'une base de données collectées par l'IRSTEA et le BRGM (incluant celle de l'ONF-RTM)

Les rapports de calculs Pylong © pour chaque profil sont fournis en annexe.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Zone de départ homogène	Aléa de référence	Profil	Valeur retenue FORT	Valeur retenue MOYEN	Valeur retenue FAIBLE	Profils avec représentation des lignes d'énergies MEZAP
Zone A, B	AR 1	AR1 P1	34.29°	32.34°	29.75°	
	AR 1	AR1 P2	33.3°	31.35°	28.65°	
Zone C	AR 2	AR2 P1	33.56°	31.61°	28.92°	
Zone E	AR 4	AR4 P1	35.45°	32.48°	29.78°	

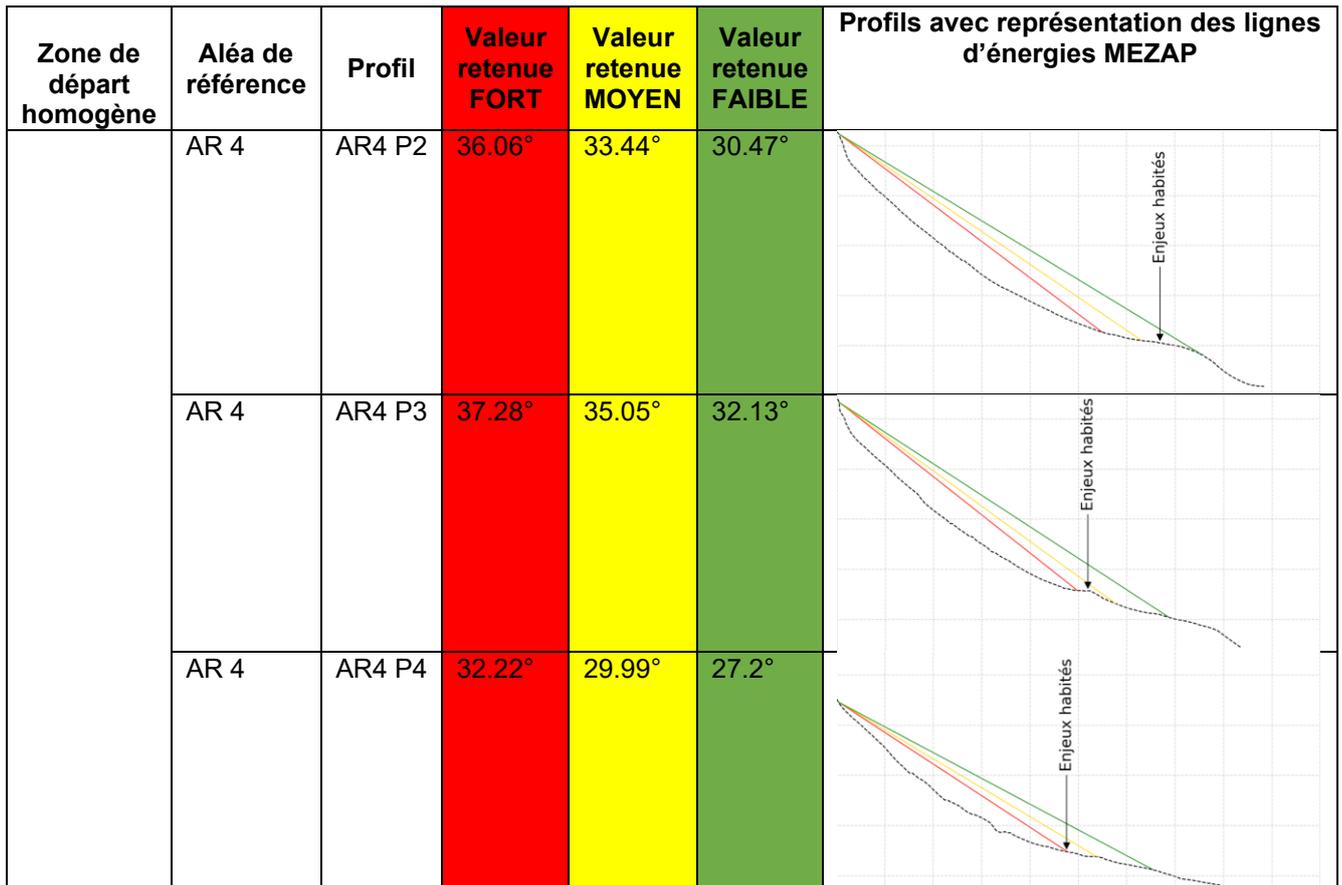


Figure 38 : Résultats des valeurs de lignes d'énergie obtenues par la méthode de l'aire normalisée via l'utilisation du logiciel Pylong ©

#### **Lecture et analyse des résultats obtenus :**

- Les différentes courbes angle/aire normalisées sont bien représentées dans le nuage de points issu des bases de données, les valeurs des angles ainsi obtenus peuvent donc être qualifié comme représentatifs.
- Concernant le hameau de Montabon (AR1 et AR2) : Les profils sont similaires et par conséquent les valeurs de ligne d'énergie également. Les valeurs des limites de ligne d'énergie sont assez élevées. Pour autant les enjeux habités sont situés dans l'emprise des valeurs fortes pour les trois profils.
- Selon cette même méthode d'analyse, l'exposition des hameaux relative à l'aléa de référence AR4 est plus réduite. En effet les habitations sont localisées dans l'emprise des valeurs MOYENNE, voire FAIBLE pour le hameau de l'Evêché.

### **VIII.3.2 Projection cartographique 2.5D**

Afin de visualiser cartographiquement ces valeurs de lignes d'énergie, une projection 2.5D est réalisée sur le MNT RGE alti de l'IGN.

Les valeurs de ligne d'énergie retenues pour la projection 2.5D sont homogénéisées et lissées à l'échelle des versants. Au regard des profils précédents nous retenons :

- Pour les départs depuis la crête du Sans Bec (AR1 et AR2)
  - Pour la limite FORT/MOYEN : 34°
  - Pour la limite MOYEN/FAIBLE : 32°
  - Pour la limite du FAIBLE : 29°

- Pour les départs depuis la corniche du Belvédère du Puy (AR4) aux environs du profil P1
  - Pour la limite FORT/MOYEN : 35°
  - Pour la limite MOYEN/FAIBLE : 32°
  - Pour la limite du FAIBLE : 30°
- Pour les départs depuis la corniche du Belvédère du Puy (AR4) aux environs des profils P2 et P3 :
  - Pour la limite FORT/MOYEN : 37°
  - Pour la limite MOYEN/FAIBLE : 34°
  - Pour la limite du FAIBLE : 30°
- Pour les départs depuis la corniche du Belvédère du Puy (AR4) aux environs du profil P4 :
  - Pour la limite FORT/MOYEN : 32°
  - Pour la limite MOYEN/FAIBLE : 30°
  - Pour la limite du FAIBLE : 28°

Les paramètres utilisés pour la modélisation Rollfree © sont les suivants :

- Résolution du MNT -> RGE alti IGN dégradé à 5M
- Type d'analyse -> 2
- Angle du cône de dispersion (2x) 20°
- Masque d'analyse : 2500 pixels
- Les zones de départs sont celles précédemment décrite dans cette étude. La fonction de détermination automatique des zones de départ n'a pas été utilisée.
- La modélisation de la fonction de la forêt permise par le logiciel n'a pas été utilisée

Les limites des angles sont représentées sous forme de ligne sur les figures ci-dessous.

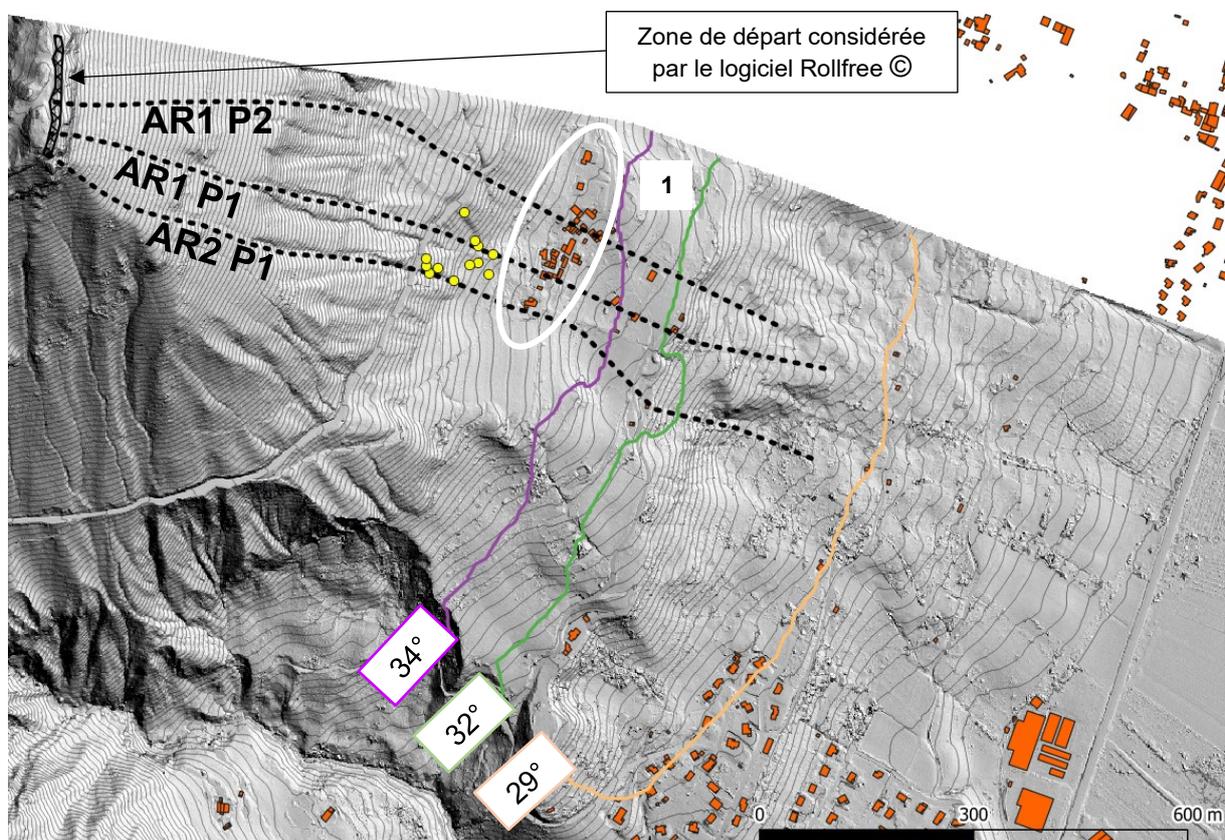


Figure 39 : Projection 2.5D des lignes d'énergie pour les aléas de référence AR1 et AR2 modélisées par le logiciel Rollfree © sur le fond d'ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (1-> Hameau de Montabon).

- Pour les départs depuis la crête du Sans Bec (AR1 et AR2) et selon la méthode des aires normalisée de la MEZAP :
  - Comme repéré sur les profils 2D les limites passent toutes en aval du hameau de Montabon
  - La majeure partie du hameau est en amont de la limite FORT
  - Seules les habitations les plus en aval sont entre le limite MOYEN et FORT
  - La limite du FAIBLE (29°) est localisée bien au-delà du rebord du plateau au niveau des premières habitations du village, ce qui est peu réaliste pour les départs considérés

La probabilité de propagation analysée selon la méthode des aires normalisée MEZAP apparait très pessimiste au regard de l'historique et vis-à-vis de la position de la majeure partie du Hameau de Montabon.

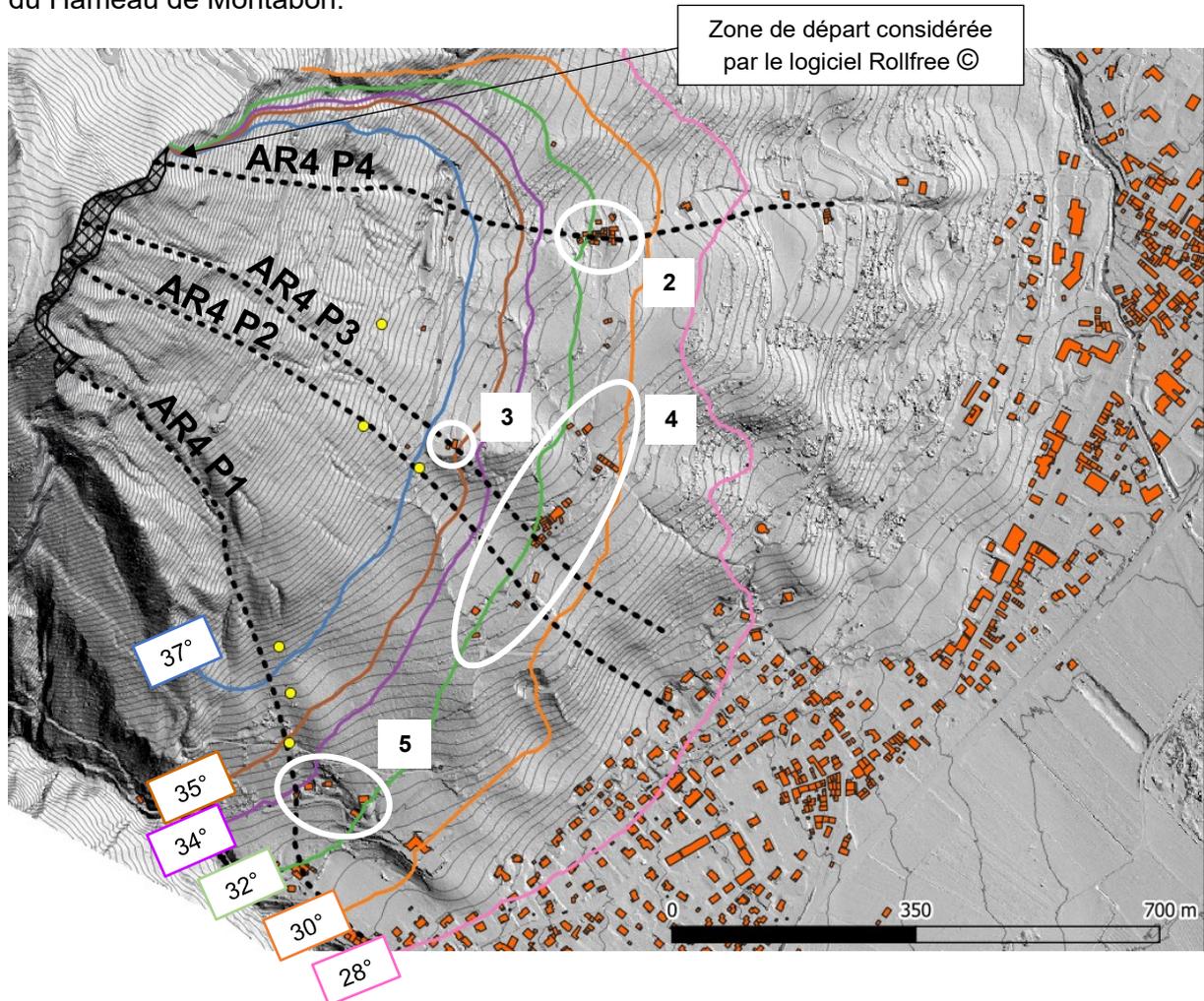


Figure 40 : Projection 2.5D des lignes d'énergie pour l'aléas de référence AR4 modélisées par le logiciel Rollfree © sur le fond d'ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (2->Hameau des Celliers, 3-> Habitation isolée dans l'épingle de la RD30, 4-> Hameau de l'Évêché, 5->Habitations isolées en amont du Château du Carré).

- Pour les départs depuis la corniche du Belvédère du Puy (AR4) et selon la méthode des aires normalisée de la MEZAP :
  - Aux environs du profil P1 (l'analyse des profils 2D nous avait conduit à retenir les limites FORT 35°>MOYEN 32°> FAIBLE>30°) :
    - Les habitations en amont du Château du Carré sont entre les limites du FORT et du MOYEN
    - Le reste du hameau dont le château est dans la zone FAIBLE.
  - Aux environs des profils P2 et P3 (l'analyse des profils 2D nous avait conduit à retenir les limites FORT 37°>MOYEN 34°> FAIBLE>30°)
    - Tout le hameau de l'Évêché est situé entre les limites du MOYEN et du FAIBLE
    - Seule l'habitation isolée dans l'épingle de la RD30 est légèrement en amont de la limite du FORT (ce qui diffère par-rapport à l'analyse 2D)
  - Aux environs du profils P4 (l'analyse des profils 2D nous avait conduit à retenir les limites FORT 32°>MOYEN 30°> FAIBLE>28°)
    - Tout le hameau des Celliers est localisé entres les limites du FORT et du MOYEN

Sur ce secteur également, l'analyse par la méthode des aires normalisées MEZAP apparait pessimiste au regard de l'historique (absence d'évènement au niveau des enjeux considérés). Attention toutefois à ne pas surinterpréter cette analyse qui considère uniquement la propagation sans prendre en compte l'effet d'abri que peuvent former les microreliefs (seule l'analyse 3D le permet). Toutefois cette démarche nous permet d'effectuer un traitement relatif à l'échelle de la commune de l'exposition des hameaux. Ainsi, si l'on considère la propagation 2.5D avec cette méthode nous pouvons considérer que l'exposition va décroissante :

Hameau de Montabon (1) > Habitation isolée de l'épingle de la RD30 (3) > Habitations en amont du Château du Carré (5), Hameau des Celliers (2) > Hameau de l'Évêché (4).

### VIII.4 Cartographie de la probabilité de propagation

La note MEZAP 2022 indique la probabilité de propagation doit être exprimée selon 6 niveaux (ce qui diffère du classement en 3 niveaux précédemment exprimé dans l'analyse de ligne d'énergie par aire normalisée MEZAP 2D) :

	Très faible – non présent
	Faible
	Moyenne
	Forte
	Très forte
	Extrêmement forte

Au regard des analyses précédentes, de l'historique des évènements, et des observations de terrain, nous retenons des valeurs de ligne d'énergie pour chaque aléa de référence en fonction de ces niveaux :

Limite de l'extension maximale	Extrêmement forte	Très forte	Forte	Moyen	Faible
Valeur d'angle retenue pour AR1 et AR2 (Montabon)	Pied du versant	36°	34°	33°	32°
Valeur d'angle retenue pour zone des	Pied de la zone des	37°	35°	32°	30°

AR4 P1 (Hab. en amont du Château du Carré)	marno-calcaires				
Valeur d'angle retenue pour AR4 P2&P3 (Hameau de l'Évêché et Hab. isolée dans l'épingle de la RD30)	Aux environs de la côte 550m	Aux environs de la côte 500m	37°	34°	30°
Valeur d'angle retenue pour AR4 P4 (Hameau de les Celliers)	Plate-forme de la RD30	35°	32°	30°	28°

Il s'agit ensuite de traduire ces lignes d'énergie pointées sur les profils en polygones 2D sur les versants. Cela consiste globalement à relier les points sur les profils en adaptant des courbes au relief. Ce travail est réalisé à dire d'expert, sans utiliser de logiciel.

**VIII.4.1 Cartographie de la probabilité de propagation sur le secteur du Sans Bec**

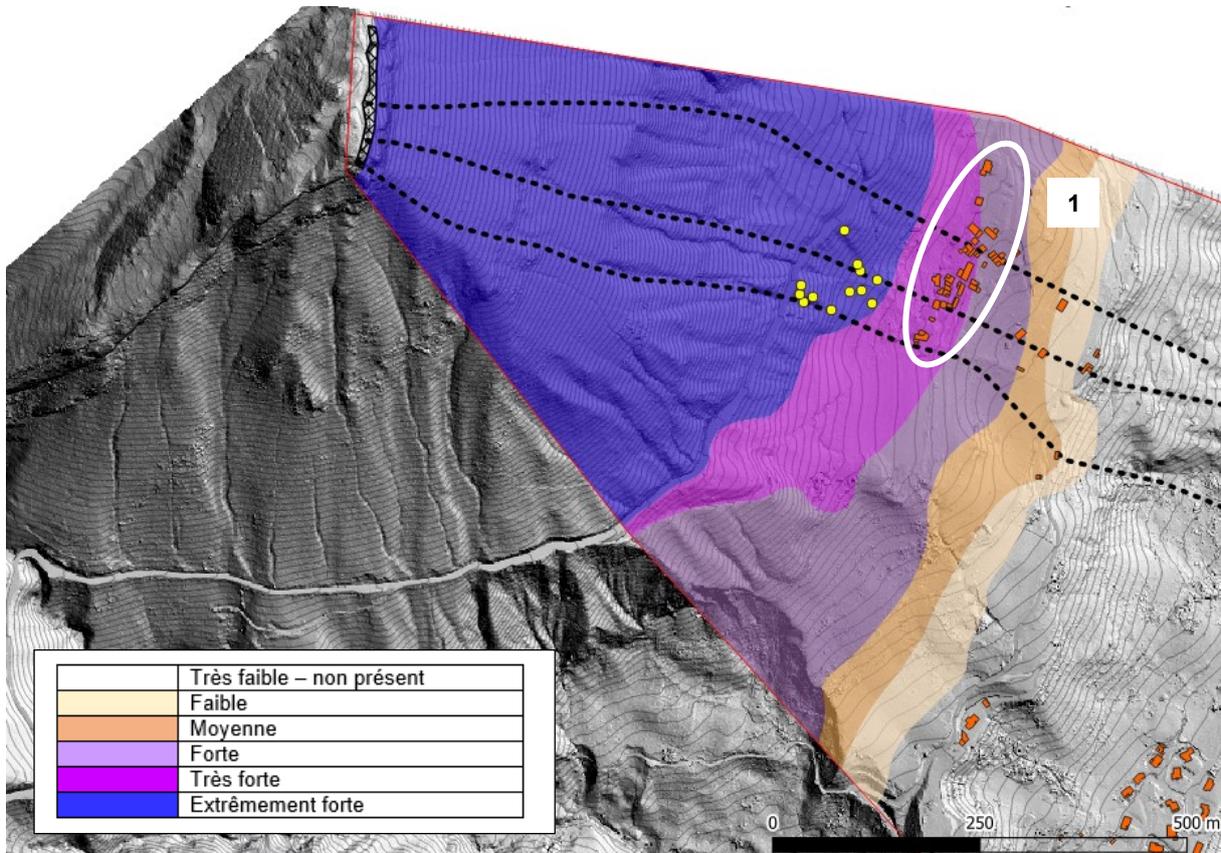


Figure 41 : Cartographie de la probabilité de propagation selon les 6 niveaux de la MEZAP 2022 - Secteur du Sans Bec - sur le fond d'ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (1-> Hameau de Montabon).

### VIII.4.2 Cartographie de la probabilité de propagation sur le secteur du Belvédère du Puy

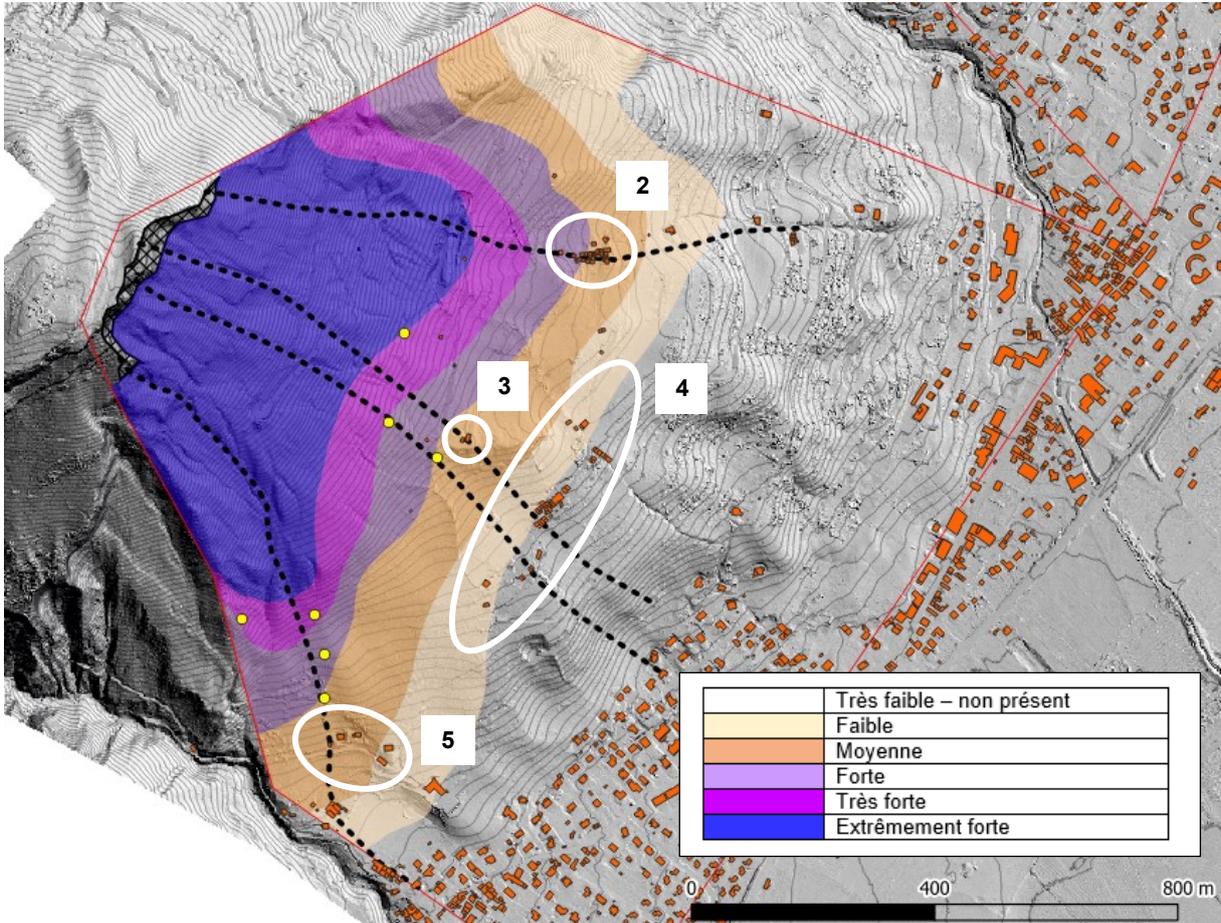


Figure 42 : Cartographie de la probabilité de propagation selon les 6 niveaux de la MEZAP 2022 - Secteur du Belvédère du Puy - sur le fond d'ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (2->Hameau des Celliers, 3-> Habitation isolée dans l'épingle de la RD30, 4-> Hameau de l'Évêché, 5->Habitations isolées en amont du Château du Carré).

### VIII.5 Cartographie de la probabilité d'atteinte

La probabilité d'atteinte est exprimée par la note MEZAP 2022 selon 5 niveaux (très faible, faible, moyenne, forte et très forte) déterminée à partir de la matrice suivante :

		Probabilité de propagation					
		Très faible $10^{-6}$	Faible $10^{-5}$	Moyenne $10^{-4}$	Forte $10^{-3}$	Très forte $10^{-2}$	Extrêmement forte
Probabilité de départ (Indice d'activité)	Faible (1 / 100 ans) $10^{-2}$	Très faible		Faible	Moyenne	Forte	Très forte
	Moyen (1 / 10 ans) $10^{-1}$	Très faible		Faible	Moyenne	Forte	Très forte
	Fort (1 / an) 1	Très faible		Faible	Moyenne	Forte	Très forte

Figure 43 : Définition de la probabilité d'atteinte de l'aléa de référence en un point (en rouge les probabilités associées à la qualification de l'activité et de la propagation), figure issue de la note MEZAP 2022.

### VIII.5.1 Cartographie de la probabilité d'atteinte sur le secteur du Sans Bec

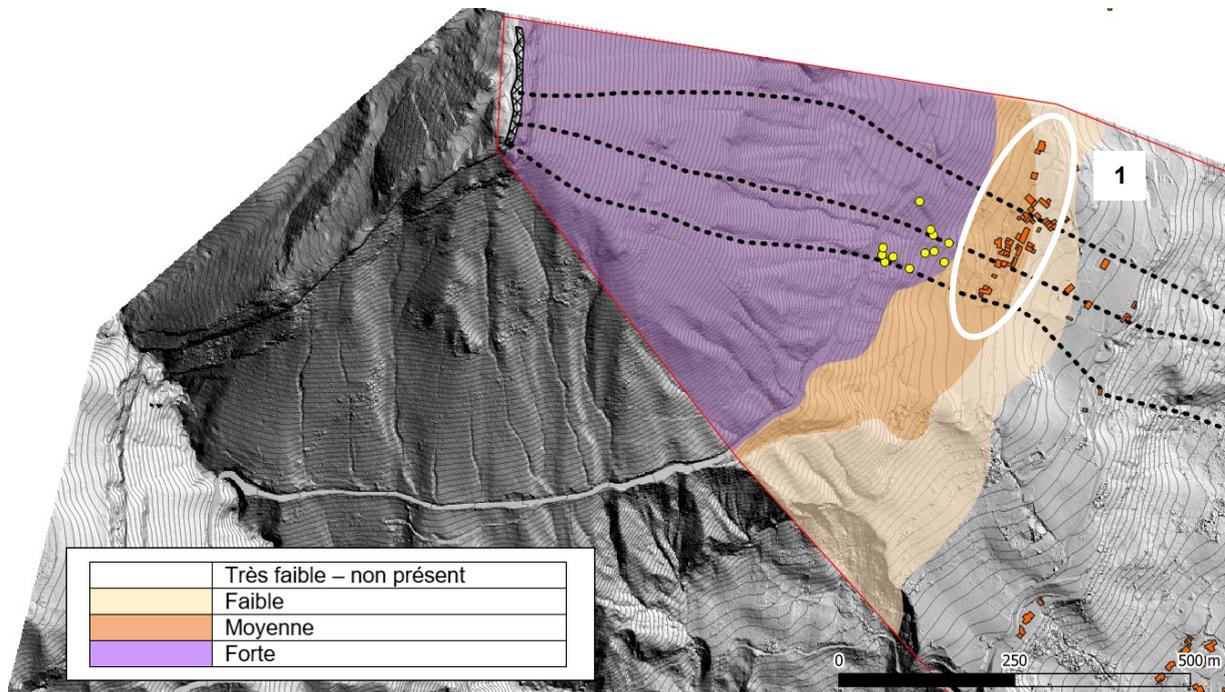


Figure 44 : Cartographie de la probabilité d'atteinte selon les 5 niveaux de la MEZAP 2022 -Secteur du Sans Bec - sur le fond d'ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (1-> Hameau de Montabon).

La majorité des habitations du hameau de Montabon apparaissent dans la zone de probabilité d'atteinte moyenne.

### VIII.5.2 Cartographie de la probabilité d'atteinte sur le secteur du Belvédère du Puy

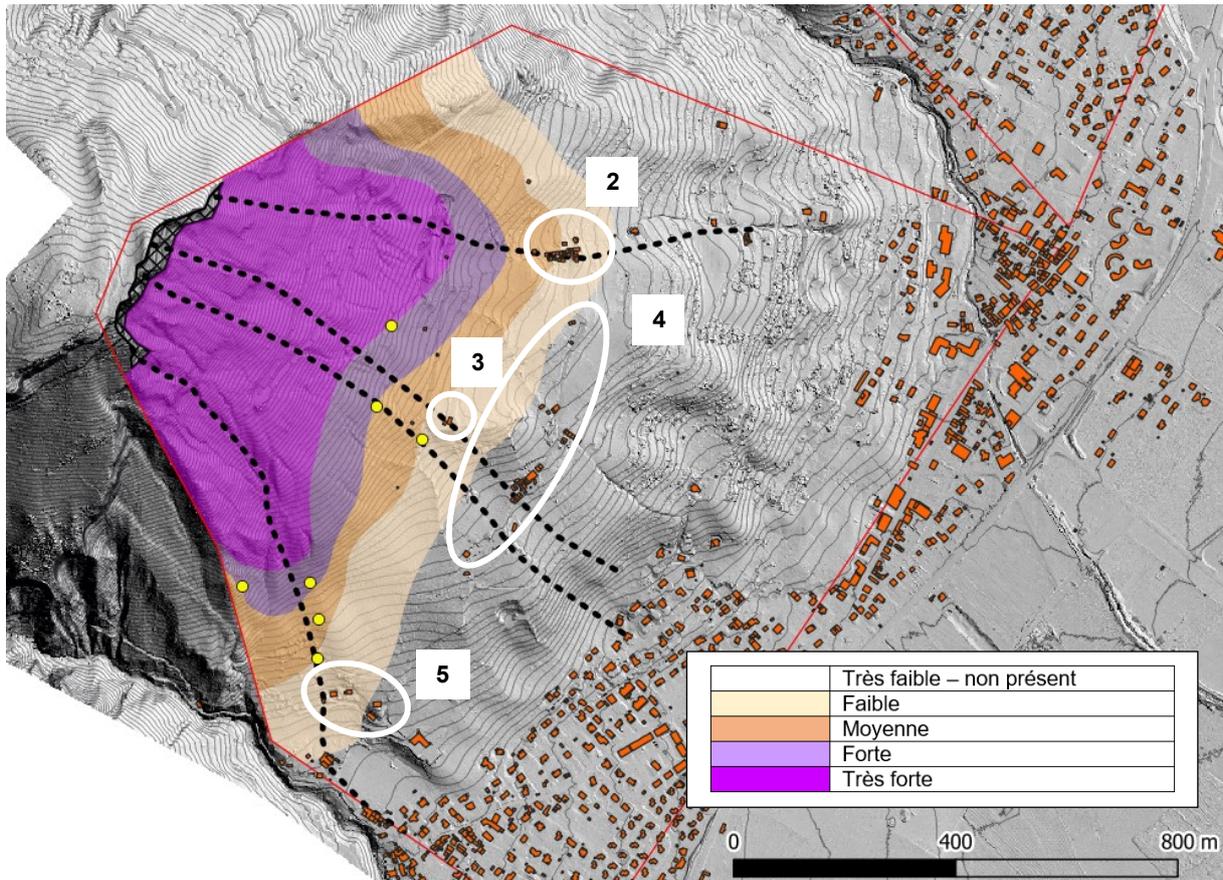


Figure 45 : Cartographie de la probabilité d'atteinte selon les 5 niveaux de la MEZAP 2022 -Secteur du Belvédère du Puy - sur le fond d'ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (2->Hameau des Celliers, 3-> Habitation isolée dans l'épingle de la RD30, 4-> Hameau de l'Évêché, 5->Habitations isolées en amont du Château du Carré).

La probabilité d'atteinte est considérée comme « moyenne » sur les habitations les plus en amont du hameau des Celliers. La majeure partie du hameau est dans la zone de probabilité « faible » tout comme l'habitation dans l'épingle de la RD30 et le bâti en amont du Château du Carré. Le hameau de l'Évêché est, quant à lui, localisé dans la zone « très faible ».

## IX Qualification du niveau d'aléa de référence

L'aléa résultant ou « de référence » (tenant compte des scénarios de référence) intègre l'intensité du phénomène, sous-entendu son potentiel dommageable vis-à-vis de la nature de l'enjeu. Pour appel, les différents aléas de référence retenus présentent les intensités FORTE « Dommages importants au gros œuvre, ruine probable, intégrité structurale remise en cause » selon le guide MEZAP 2022.

L'aléa est exprimé selon 5 niveaux (très faible, faible, moyen, fort et très fort), et déterminé à partir de la matrice suivante :

		Indice d'intensité				
		$V \leq 0.05 \text{ m}^3$	$0.05 < V \leq 0.25 \text{ m}^3$	$0.25 < V \leq 1 \text{ m}^3$	$1 < V \leq 10 \text{ m}^3$	$V > 10 \text{ m}^3$
		Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Probabilité d'atteinte	Très faible	Nul à négligeable	Nul à négligeable	Nul à négligeable	Nul à négligeable	Nul à négligeable
	$10^{-6}$ Faible	Faible	Faible	Moyen	Fort	Fort
	$10^{-5}$ Moyenne	Faible	Faible	Moyen	Fort	Fort
	$10^{-4}$ Elevée	Faible	Moyen	Fort	Fort	Très fort
	$10^{-3}$ Très élevée	Moyen	Fort	Fort	Très fort	Très fort

Figure 46 : Définition du niveau d'aléa de référence par zone homogène, figure issue de la note MEZAP 2022.

### IX.1.1 Cartographie du niveau d'aléa résultant sur le secteur du Sans Bec

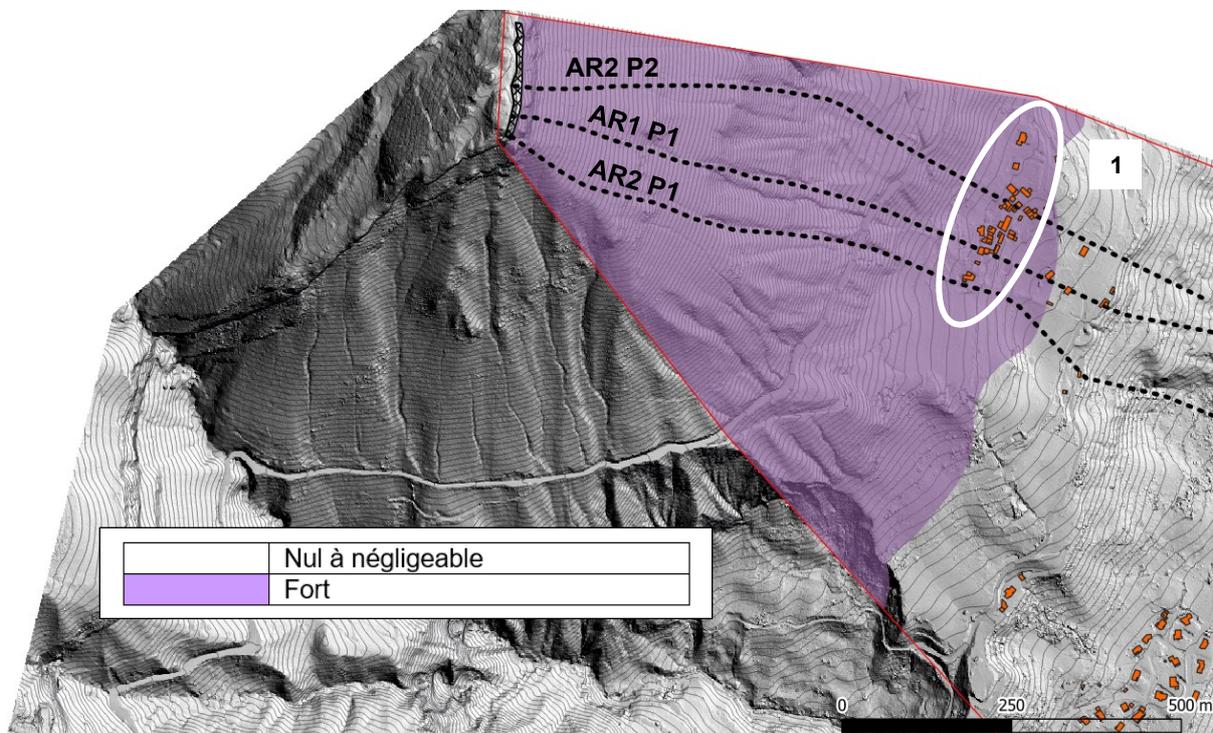


Figure 47 : Cartographie du niveau d'aléa de référence selon les 5 niveaux de la MEZAP 2022 - Secteur du Sans Bec - sur le fond d'ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (1-> Hameau de Montabon).

La matrice de détermination de l'aléa résultant amène au passage de l'ensemble du hameau de Montabon en aléa de référence FORT. C'est le volume du bloc de référence compris entre 1 et 10m<sup>3</sup> qui conduit à l'homogénéisation du classement en FORT malgré les distinctions établies lors des phases « aléa de propagation » et « aléa d'atteinte ».

Ces analyses réalisées selon l'approche MEZAP 2022 remettent en cause la cartographie de l'aléa de 2007. La cartographie obtenue est plus sécuritaire et étend l'emprise des zones soumises à un aléa de chutes de bloc.

Le rôle de protection de la forêt n'a pas, ou peu, d'influence dans la propagation des blocs pris en compte ici (maximum 5m<sup>3</sup> pour AR1 et maximum 10m<sup>3</sup> pour AR2). De toute façon la

doctrine PPR ne prend pas en compte cette protection vulnérable aux incendies, et au déperissement.

Comme cela a été observé lors de l'évènement 2020, la plateforme de la RD29 constitue une belle zone d'arrêt à mi-versant. Sur certaines trajectoires elle exerce en revanche une influence défavorable en favorisant des rebonds susceptibles de projeter des blocs assez loin dans le versant.

La cartographie obtenue nous apparait cohérente avec les observations de terrain et l'évènement de 2020 où des blocs s'étaient rapprochés du bâti, notamment lors du minage de sécurisation.

### IX.1.2 Cartographie du niveau d'aléa résultant sur le secteur du Belvédère du Puy

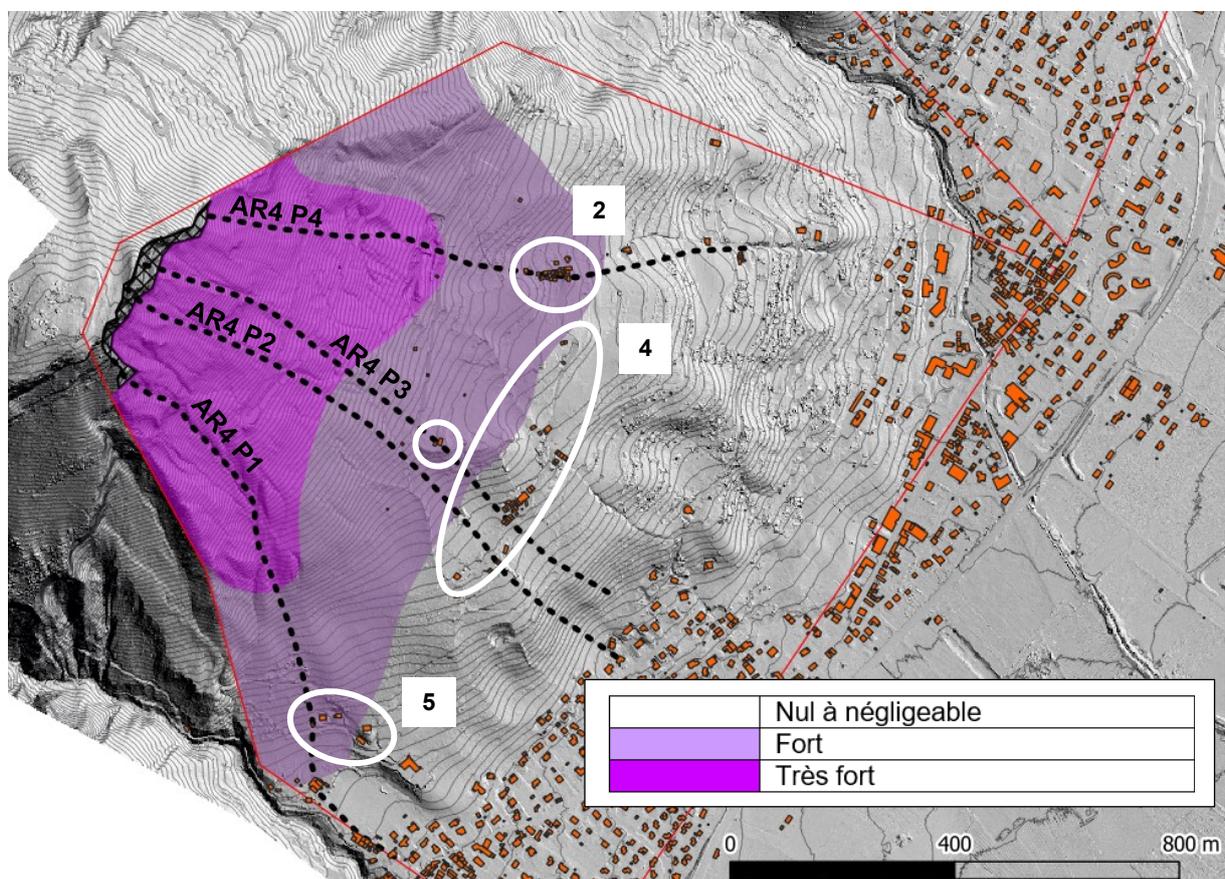


Figure 48 : Cartographie du niveau d'aléa de référence selon les 5 niveaux de la MEZAP 2022 - Secteur du Belvédère du Puy - sur le fond d'ombrage LIDAR RGE Alti avec surimposition du bâti (2->Hameau des Celliers, 3-> Habitation isolée dans l'épingle de la RD30, 4-> Hameau de l'Évêché, 5->Habitations isolées en amont du Château du Carré).

Malgré des aléas de propagation moyen ou faible, les matrices de la MEZAP nous mènent à placer le hameau des Celliers, l'habitation isolée dans l'épingle de la RD30 et les habitations en amont du château du Carré en zone d'aléa de référence FORT. Ce sont les volumes des blocs considérés qui conduisent à ce classement.

Sur ce secteur la blocométrie est plus réduite que sur la zone du Sans Bec (propagation de blocs de maximum 2m<sup>3</sup>) par conséquent la forêt assure une fonction de protection. Comme

rappelé dans le paragraphe précédent la doctrine PPR ne nous permet pas considérer cette protection dans le niveau d'aléa de référence.

Cette cartographie obtenue nous apparaît cohérente avec l'historique du site, les observations de terrain et pour une période de référence centennale.

## X Propositions de protection

### X.1 Principes stratégiques et choix du niveau de protection

Le classement en aléa résultant très fort du hameau de Montabon sur le secteur du Sans Bec nous conduit à proposer une protection pare-blocs. Ce choix stratégique relève de la maîtrise d'ouvrage mais ce secteur apparaît prioritaire si on considère uniquement les aléas.

Au regard du volume des blocs qui ont été retenus dans les scénarii de référence, la conception d'un bâti apte à résister à l'aléa chute de blocs n'est pas possible. Les protections devront être des dispositifs dissociés des bâtiments.

Les directives PPR visent à protéger les constructions d'habitats permanents et pas nécessairement les jardins, routes, etc. Les protections peuvent alors être individuelles, pour chaque habitation, ou collectives, pour l'ensemble du hameau de Montabon.

Nous proposons de retenir une protection collective qui protégera l'ensemble du hameau.

Un dispositif de protection peut reposer sur les parades suivantes :

- Le traitement en parade active, visant à réduire l'aléa de départ (travaux de type clouage des masses en paroi, emmaillotage dans une nappe de filet plaqué, minage, purge, etc.) n'est pas la solution à privilégier étant donné le très grand nombre de masses, l'évolution des falaises avec le temps et l'érosion, la difficulté à réaliser ces travaux perchés et dispersés sur les corniches, la durée de vie, le contrôle et l'entretien des ouvrages.
- Une solution de protection passive, visant à réduire l'aléa de propagation vers l'enjeu (travaux de type écran pare-blocs ou merlon) apparaît plus simple à mettre en œuvre et plus facile de contrôle et d'entretien. Les travaux sont concentrés sur une seule zone, accessible et mécanisable au sol, le coût en sera plus faible que pour des travaux actifs.

Au regard des sources d'aléas multiples dans les falaises au-dessus du hameau, une parade passive est à privilégier.

Le niveau de protection assuré par ce dispositif repose sur :

- Le choix du scénario contre lequel on souhaite se prémunir (ZB-SCN-1 ; ZB-SCN2 ; ZC-SCN-1 ; ZC-SCN-2) ;
- Le choix du quantile des valeurs d'énergie et de hauteur, dimensionnantes pour concevoir le dispositif. Ces valeurs obtenues sont le résultat de modèles trajectographiques qui peuvent parfois avoir des trajectoires dites « extrêmes », liées au logiciel, sans toutefois être représentatives de la réalité des propagations. Ainsi, retenir les valeurs maximales (100% des trajectoires) est le choix le plus sécuritaire. Choisir les quantiles à 98% ou 95% permet souvent d'exclure ces valeurs extrêmes et réduire les dimensions de l'ouvrage et son coût, sans toutefois avoir la garantie d'une protection totale.

Le choix du niveau de protection est une décision éclairée du Maître d'Ouvrage, à prendre et acter préalablement au lancement d'une étude avant-projet.

Pour rappel les scenarii concernés sont les suivants :

Scénarii	Aléas de référence pris en compte (scénario le plus défavorable pour une zone donnée)	Intensité	Aléa résultant	Indice d'activité
ZB-SCN-1 : Départ d'un compartiment isolé par rupture de surplomb de l'ordre du mètre cube sur la corniche Tithonique inférieure. Peu ou pas de fragmentation, propagation de blocs de maximum un mètre cube	<b>AR1</b>	FORTE	TRES FORT	FAIBLE < 0.01 chute/an/hm
ZB-SCN-2 : Départ d'un compartiment isolé de l'ordre de la dizaine de mètres cube par rupture de surplomb sur la corniche Tithonique supérieure. Peu ou pas de fragmentation, propagation de blocs de maximum cinq mètres cubes.				
ZC-SCN-1 : Départ d'un compartiment isolé de l'ordre du mètre cube par rupture de surplomb ou glissement de dièdre sur la corniche Tithonique inférieure. Peu ou pas de fragmentation, propagation de blocs de maximum un mètre cube	<b>AR2</b>	FORTE	TRES FORT	FAIBLE < 0.01 chute/an/hm  (Cet indice est valable pour l'ensemble de la zone C, en réalité cet indice est encore plus faible étant donné qu'une fraction seulement de la corniche déverse côté Montabon (cf VIII.2.2)
ZC-SCN-2 : Basculement d'une colonne de l'ordre de la centaine de mètres cubes depuis la corniche Tithonique supérieure. Fragmentation et propagation de blocs de maximum dix mètres cubes.				

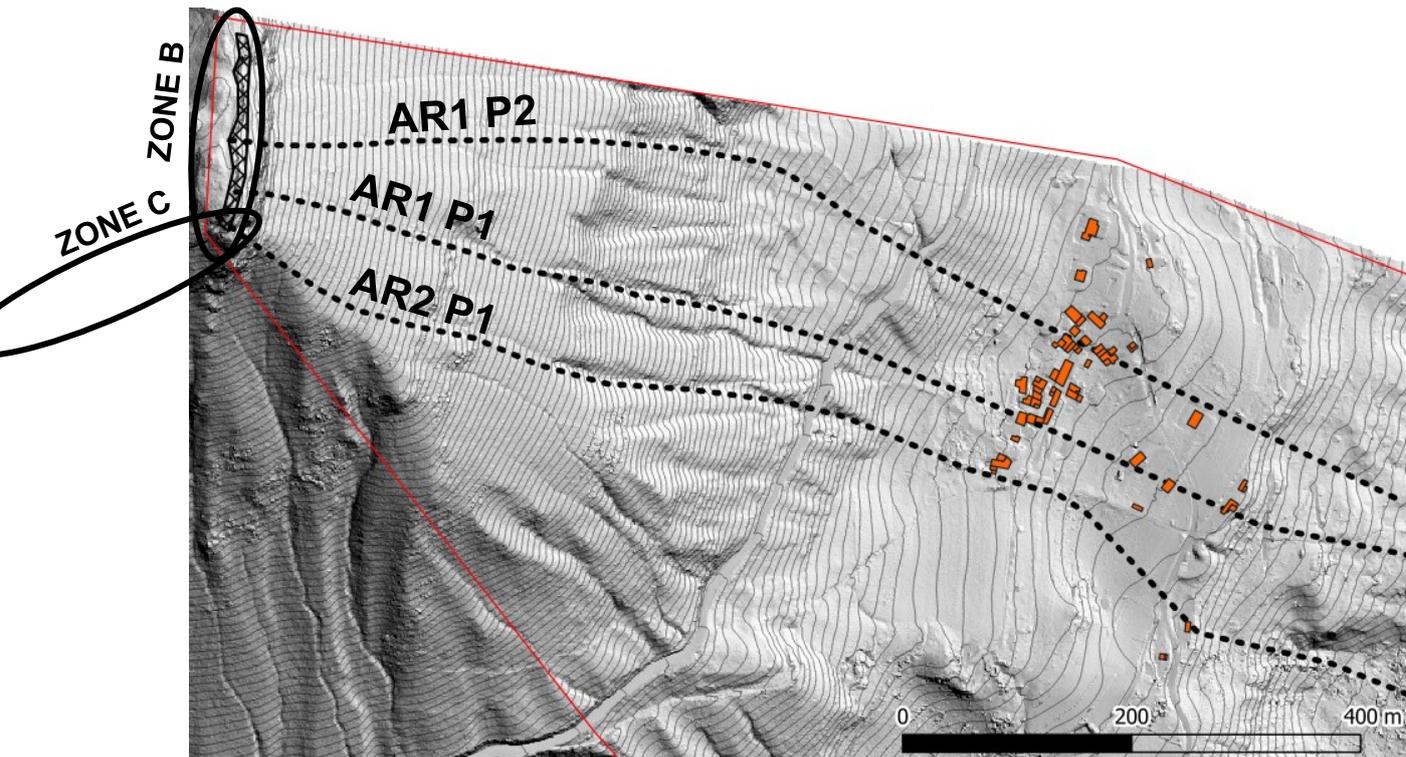


Figure 49 : Rappel de la localisation des zones B, C, et des profils retenus pour les aléas de référence 1 et 2.

Étant donné les indices d'activité constatés, les intensités et les aléas résultants attendus pour chaque scénario, nous recommandons de mettre en place un dispositif avec un niveau de protection apte à parer ad minima les scénarios ZB-SCN-2 et ZC-SCN-1 soit la propagation de blocs compris entre 1 et 5 m<sup>3</sup>.

La propagation de blocs de 10m<sup>3</sup> tels que décrits dans le scénario ZC-SCN-1 conduirait au dimensionnement d'ouvrages imposants difficile à mettre en œuvre en versant avec un coût raisonnable. Rappelons que l'indice d'activité pris en compte pour ce scénario est FAIBLE < 0.01 chute/an/hm mais qu'en réalité cet indice est encore plus faible en considérant qu'une fraction seulement de la corniche déverse côté Montabon (cf VIII.2.2).

Un dispositif apte à reprendre des blocs de 5m<sup>3</sup> est susceptible de reprendre des blocs plus réduits. C'est donc le cas le plus défavorable (propagation de blocs de 5m<sup>3</sup>) qui sera pris en compte pour le dimensionnement.

## X.2 Dimensionnement fonctionnel par modélisation 2D

### X.2.1 Méthode mise en œuvre

La modélisation 2D se base sur les profils préférentiels identifiés lors de la modélisation 3D. Elle va permettre d'identifier les hauteurs et les énergies de passage des blocs pour un ou des point(s) d'analyse fixé(s).

Limites sur les calculs trajectographiques pour le cas du Hameau du Montabon :

- Les modèles prennent mal en compte l'effet joué par la forêt ; celle-ci n'est donc pas considérée dans les modèles.
- Les résultats sont fortement dépendants des paramètres d'entrée utilisés par l'opérateur. Pour limiter ce biais, nous utilisons des logiciels dont les algorithmes de calculs sont connus et les paramètres d'entrées sont calés sur des retours

d'expériences (pas de recours à des logiciels internes de type « boîte noire »). Tous les paramètres utilisés sont par ailleurs décrits (en annexe).

Pour ces modélisations 2D, le logiciel Propag®, développé par le Cerema, et le logiciel Platrock®, développé par l'INRAE, ont été utilisés.

Sur le logiciel Platrock® les simulations ont été produites en utilisant le modèle de rebond à (classic),

Le RTM peut fournir les algorithmes de calcul à la demande du maître d'ouvrage.

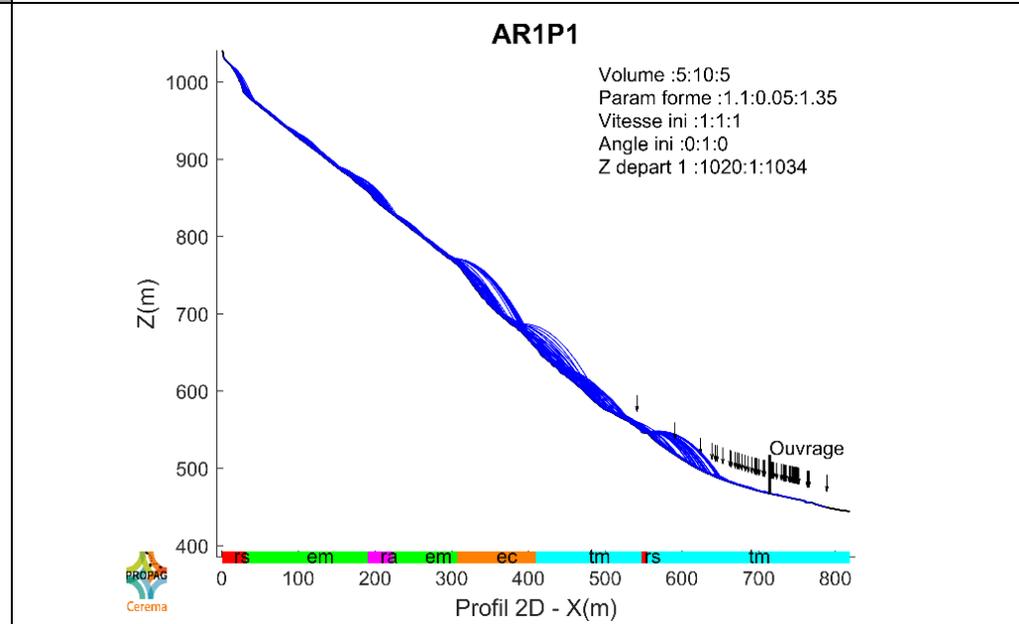
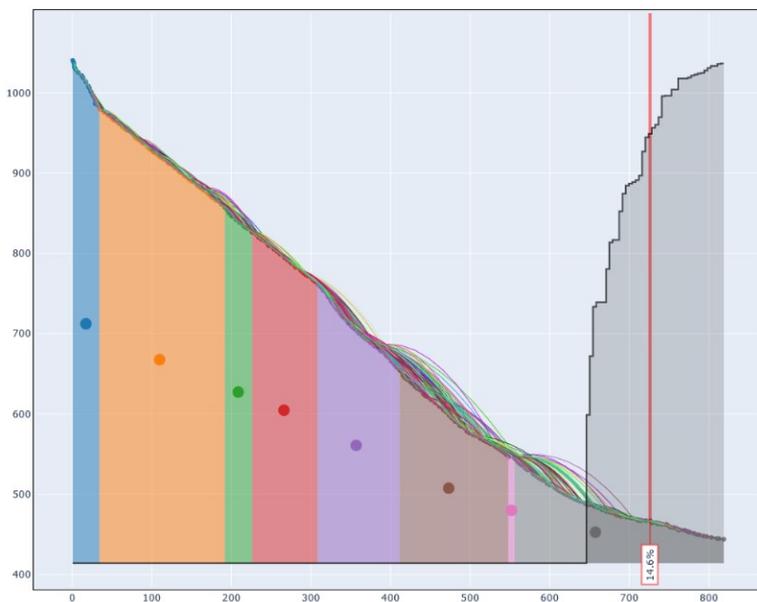
Le MNT utilisé est issu d'un relevé LIDAR HD de l'IGN de résolution 1x1 m. Il a été dégradé à pour la modélisation 2D afin de réduire la rugosité qui est déjà prise en compte dans les algorithmes de calcul des logiciels.

Nous avons retravaillé les profils avec l'outil Pylong® développé en interne par l'ONF-RTM.

### **X.2.2 Analyse des résultats**

Les points d'analyse ont été positionnés sur les zones les plus favorables vis-à-vis des hauteurs de passage, c'est-à-dire là où elles sont les plus rasantes. Cela permet d'implanter un ouvrage passif potentiel susceptible d'intercepter la plupart des trajectoires.

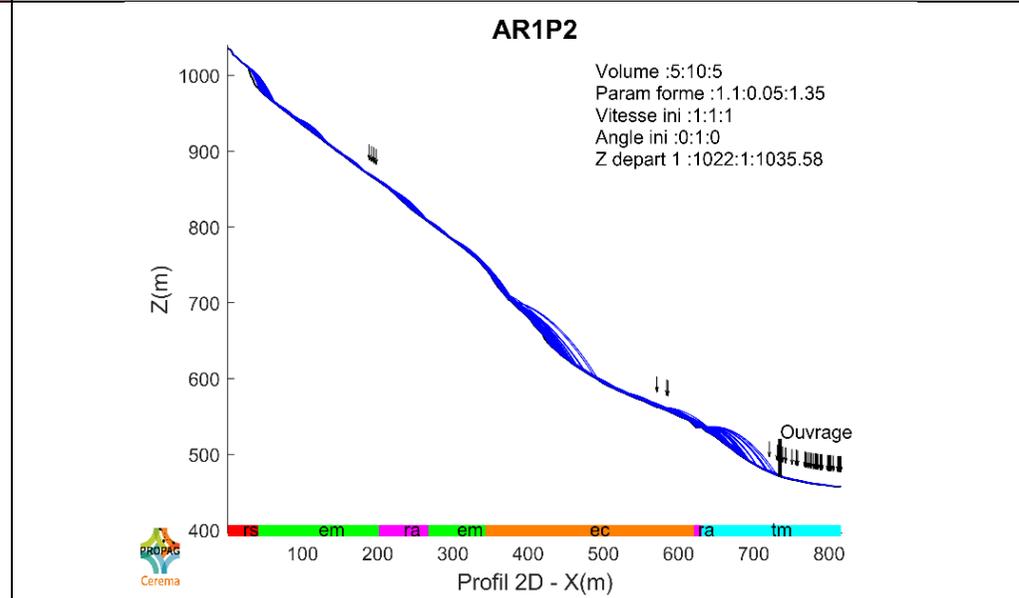
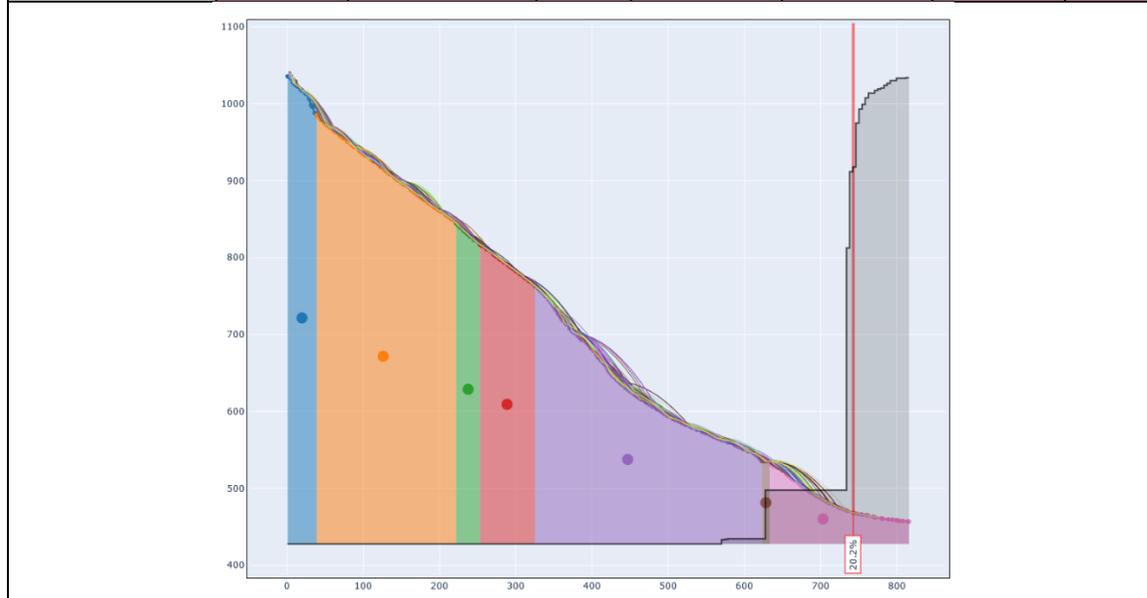
AR1P1	Logiciel Platrock® 2D							Logiciel Propag®
Volumes de départ	5 m <sup>3</sup>							5 m <sup>3</sup>
Zones de départ	Entre 1020 et 1034 m d'altitude (1.5<X<12.5)							Entre 1020 et 1034 m d'altitude
Nombre de blocs lancés	1 000							1 par paramètre
Vitesse initiale	1 m/s							1 m/s
Hauteur de chute min	5m							Sans objet
Hauteur de chute max	8m							Sans objet
Paramètre de forme	Sans objet							Entre 1 et 1,35
Paramètres de sols	<i>Rugosité</i>	<i>Modèle de rebond</i>	$\mu_r$	$R_t$	$R_n$	$\varphi$	$V_{1/2}$	Paramètres prédéfinis : ra : rocher altéré rs : rocher sain ec : éboulis compact em : éboulis meuble tm : terrain meuble l : liquide
	0.05	0	0.4	0.9	0.4	28	2.0	
	0.3	0	0.4	0.75	0.25	28	2.0	
	0.1	0	0.4	0.9	0.4	28	2.0	
	0.2	0	0.4	0.75	0.15	28	2.0	
	0.5	0	0.4	0.83	0.2	28	2.0	
	0.1	0	0.4	0.8	0.2	28	2.0	
	0.03	0	0.4	0.8	0.25	28	2.0	
	0.01	0	0.4	0.75	0.2	28	2.0	



Point d'analyse	Valeurs observées	Modèle Platrock ©	Modèle Propag ©
1) Z = 780m	Hauteur de passage max	7.2 m	5.0 m
	Hauteur de passage 98%	4.9 m	4.7 m
	Hauteur de passage 95%	3.8 m	4.2 m
	Hauteur de passage 90%	2.5 m	3.8 m
	Hauteur de passage 50%	0.5 m	2.0 m
	Energie max	13 419 kJ	8 157 kJ
	Energie 98%	8474 kJ	7 890 kJ
	Energie 95%	7851 kJ	7 756 kJ
	Energie 90%	7 028 kJ	7 556 kJ
Energie 50%	2 775 kJ	3 882 kJ	

Point d'analyse	Valeurs observées	Modèle Platrock ©	Modèle Propag ©
1) Z = 470m	Hauteur de passage max	3.6 m	1.2 m
	Hauteur de passage 98%	1.1 m	1.2 m
	Hauteur de passage 95%	0.8 m	1.1 m
	Hauteur de passage 90%	0.6 m	0.9 m
	Hauteur de passage 50%	0.0 m	0.5 m
	Energie max	9 079.6 kJ	2135 kJ
	Energie 98%	5 808 kJ	2120 kJ
	Energie 95%	4 929 kJ	2114 kJ
	Energie 90%	3 166 kJ	1597 kJ
Energie 50%	1 097 kJ	749 kJ	

AR1P2	Logiciel Platrock®							Logiciel Propag®
Volumes de départ	5 m <sup>3</sup>							5 m <sup>3</sup>
Zones de départ	Entre 1040 et 1022 m d'altitude (2.14<X<12.77)							Entre 1040 et 1022 m d'altitude
Nombre de blocs lancés	1 000							1 par paramètre
Vitesse initiale	1 m/s							1 m/s
Hauteur de chute min	5m							Sans objet
Hauteur de chute max	8m							Sans objet
Paramètre de forme	Sans objet							Entre 1 et 1,35
Paramètres de sols	Rugosité	Modèle de rebond	$\mu_r$	$R_r$	$R_n$	$\varphi$	$V_{1/2}$	Paramètres prédéfinis : ra : rocher altéré rs : rocher sain ec : éboulis compact em : éboulis meuble tm : terrain meuble l : liquide
	0.05	0	0.4	0.9	0.4	28	2.0	
	0.3	0	0.4	0.75	0.2	28	2.0	
	0.1	0	0.4	0.9	0.4	28	2.0	
	0.2	0	0.4	0.75	0.2	28	2.0	
	0.7	0	0.4	0.83	0.2	28	2.0	
	0.03	0	0.4	0.85	0.2	28	2.0	
	0.01	0	0.4	0.75	0.15	28	2.0	



Point d'analyse	Valeurs observées	Modèle Platrock ©	Modèle Propag ©
1) Z = 780m	Hauteur de passage max	5.8 m	3.3 m
	Hauteur de passage 98%	2.7 m	3.2 m
	Hauteur de passage 95%	2.1 m	2.9 m
	Hauteur de passage 90%	1.4 m	2.8 m
	Hauteur de passage 50%	0.0 m	1.2 m
	Energie max	7 581 kJ	6 652 kJ
	Energie 98%	6 348 kJ	6 417 kJ
	Energie 95%	5 617 kJ	5 948 kJ
	Energie 90%	4 111 kJ	5 538 kJ
Energie 50%	949 kJ	4 247 kJ	

Point d'analyse	Valeurs observées	Modèle Platrock ©	Modèle Propag ©
1) Z = 470m	Hauteur de passage max	12.1 m	3.0m
	Hauteur de passage 98%	1.9 m	2.5m
	Hauteur de passage 95%	0.6 m	2.0m
	Hauteur de passage 90%	0.2 m	1.7m
	Hauteur de passage 50%	0.0 m	0.5m
	Energie max	13 598 kJ	4329kJ
	Energie 98%	5 840 kJ	4300kJ
	Energie 95%	5 313 kJ	3987kJ
	Energie 90%	4 670 kJ	3774kJ
Energie 50%	237 kJ	1809kJ	

AR2P1	Logiciel Platrock®							Logiciel Propag®
Volumes de départ	5 m <sup>3</sup>							5 m <sup>3</sup>
Zones de départ	Entre 1032 et 1019 m d'altitude (5.69<X< 18.9)							Entre 1032 et 1019 m d'altitude
Nombre de blocs lancés	1 000							1 par paramètre
Vitesse initiale	1 m/s							1 m/s
Hauteur de chute min	5m							Sans objet
Hauteur de chute max	8m							Sans objet
Paramètre de forme	Sans objet							Entre 1 et 1,35
Paramètres de sols	<i>Rugosité</i>	<i>Modèle de rebond</i>	$\mu_x$	$R_t$	$R_n$	$\varphi$	$V_{1/2}$	Paramètres prédéfinis :
	0.05	0	0.4	0.9	0.4	28	2.0	ra : rocher altéré
	0.3	0	0.4	0.75	0.2	28	2.0	rs : rocher sain
	0.1	0	0.4	0.9	0.4	28	2.0	ec : éboulis compact
	0.2	0	0.4	0.75	0.2	28	2.0	em : éboulis meuble
	0.5	0	0.4	0.83	0.2	28	2.0	tm : terrain meuble
	0.1	0	0.4	0.8	0.2	28	2.0	l : liquide
	0.03	0	0.4	0.85	0.3	28	2.0	
	0.01	0	0.4	0.75	0.15	28	2.0	

**AR2P1**

Volume :5:10:5  
Param forme :1.1:0.05:1.35  
Vitesse ini :1:1:1  
Angle ini :0:1:0  
Z depart 1 :1019:1:1032

Profil 2D - X(m)

Point d'analyse	Valeurs observées	Modèle Platrock ©	Modèle Propag ©
1) Z = 780m	Hauteur de passage max	7.2 m	3.0 m
	Hauteur de passage 98%	4.8 m	2.8 m
	Hauteur de passage 95%	3.9 m	2.2 m
	Hauteur de passage 90%	3.0 m	2.1 m
	Hauteur de passage 50%	0.9 m	0.9 m
	Energie max	6 839 kJ	6 727 kJ
	Energie 98%	5 198 kJ	6 595 kJ
	Energie 95%	4 478 kJ	6 530 kJ
	Energie 90%	3 693 kJ	6 332 kJ
Energie 50%	1 986 kJ	3 765 kJ	

Point d'analyse	Valeurs observées	Modèle Platrock ©	Modèle Propag ©
1) Z = 470m	Hauteur de passage max	5.8 m	0.5 m
	Hauteur de passage 98%	3.6 m	0.5 m
	Hauteur de passage 95%	2.2 m	0.4 m
	Hauteur de passage 90%	1.9 m	0.3 m
	Hauteur de passage 50%	0.2 m	0.2 m
	Energie max	4 841 kJ	794 kJ
	Energie 98%	4 359 kJ	786 kJ
	Energie 95%	4 011 kJ	778 kJ
	Energie 90%	3 527 kJ	701 kJ
Energie 50%	1 339 kJ	353 kJ	

Au regard des tableaux de résultats bruts et des pratiques internes à l'ONF-RTM, nous proposons de retenir les valeurs du 95<sup>ème</sup> centile du modèle de propagation le plus défavorable. Les valeurs maximales peuvent correspondre à des artéfacts du logiciel du fait de leur approche probabiliste (Propag étant déterministe avec une part probabiliste sur ses paramétrages). Ce choix doit être confirmé par le maître d'ouvrage.

Z~780m	Dimensionnement fonctionnel proposé au MOA	
Profil	Valeur d'énergie	Hauteur de passage
AR1 P1	7 850 kJ	4.2 m
AR1 P2	5 950 kJ	2.9 m
AR2 P1	6 839 kJ	3.9 m

Z~470m	Dimensionnement fonctionnel proposé au MOA	
Profil	Valeur d'énergie	Hauteur de passage
AR1 P1	4 930 kJ	1.10 m
AR1 P2	5 310 kJ	2.0 m
AR2 P1	4 011 kJ	2.2 m

Les hauteurs de passages constatées nous révèlent qu'en l'absence de microrelief défavorables les blocs atteignent les points d'analyses sont en phase de roulement sur le point d'analyse positionné juste en amont des habitations. Ce n'est pas le cas pour le point d'analyse perché dans le versant, ou les blocs sont en phase de rebond ce qui implique des hauteurs d'interception plus importantes.

## X.1 Scénarios de projet et stratégies proposées

Deux possibilités d'implantations d'ouvrages passifs ressortent suite à l'analyse trajectographique 2D.

- Ouvrage en versant, positionné aux environs de la côte 780m. Ce point permet d'intercepter les blocs à la sortie de la première tranche de versant boisé avant qu'il ne reprennent de la vitesse sur la zone de marno-calcaire plus pentue.
- Ouvrage en pied de versant juste à proximité des habitations, là où leur vitesse est la plus faible.

Il existe deux types de protections pare-blocs passives, les écrans pare-blocs (ouvrages métalliques) ou les merlons pare-blocs (ouvrage en terre). Sur ce site d'étude le merlon pare-bloc n'est techniquement réalisable qu'en pied de versant.

Nous proposons donc deux stratégies de protection :

	<b>Écran(s) pare-blocs perché(s) dans le versant</b>	<b>Merlon en pied de versant</b>
<b>Hauteur</b>	Hauteur de passage 4.2m Rayon du bloc 0.8m Hauteur retenue 5.0m	Hauteur de passage 2.0m Rayon du bloc 0.8m Hauteur retenue 3.0m
<b>Capacité</b>	<b>Une ligne d'EPB de Classe 8 selon l' EAD 340059-00-0106 &gt; 9 000 kJ</b>  <i>Cette ligne sera subdivisée en plusieurs intervalles de 100ml, en effet ces ouvrages dynamiques ne peuvent pas fonctionner au-delà.</i>	<i>La capacité de l'ouvrage doit pouvoir vérifier que le rapport énergie/section &lt; 250 kJ/m<sup>2</sup>. Nous proposons donc un ouvrage avec une section minimale de 21,5m<sup>2</sup>.</i>  <b>21.5 x 250 = 5 375 kJ</b>
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emprise au sol réduite</li> <li>- Ouvrage nécessitant peu de terrassement</li> <li>- Ouvrage permettant de sécuriser également la RD29 (seulement pour les blocs partant du sommet de versant)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ouvrage durable, nécessitant peu d'entretien</li> <li>- Bonne intégration paysagère après regazonnement</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretien régulier à prévoir</li> <li>- Ouvrage à remplacer ad minima tous les 25 ans, hors sollicitation</li> <li>- Ouvrage non dimensionné au SEL c'est-à-dire hors cadre de la note technique du CEREMA de 2014 (cf X.3.2)</li> <li>- <b>Ouvrage n'entraînant pas de réduction des contraintes réglementaires selon les directives PPR</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ouvrage nécessitant des terrassements importants</li> </ul>

## X.2 Implantation et linéaire

L'extension latérale est définie pour la protection des bâtiments et non des pour les aménagements extérieurs, jardin et voies d'accès.

Le linéaire retenu serait de 275ml pour l'ouvrage en pied de versant et de 260ml pour l'ouvrage perché (attention ce linéaire ne tient pas compte du sectionnement de l'ouvrage en plusieurs entités afin d'assurer un fonctionnement dynamique).

Ces extensions latérales permettent d'intercepter l'ensembles des trajectoires identifiées par modélisation 3D.

L'implantation fine des ouvrages sera déterminée en phase PRO.

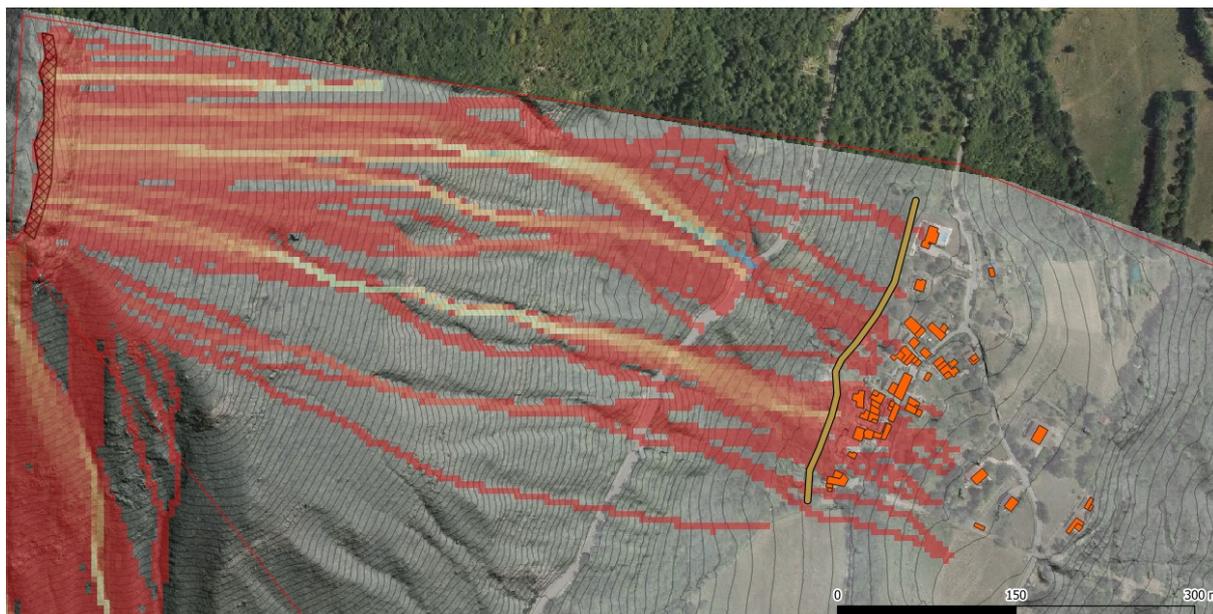


Figure 50 : Proposition d'implantation sommaire du merlon pare-blocs sur fond d'orthophotographie IGN2015 et traces de passages Platrock3D® (attention cette simulation est qualitative pour l'extension latérale, les points d'arrêt ne peuvent pas être déterminants)

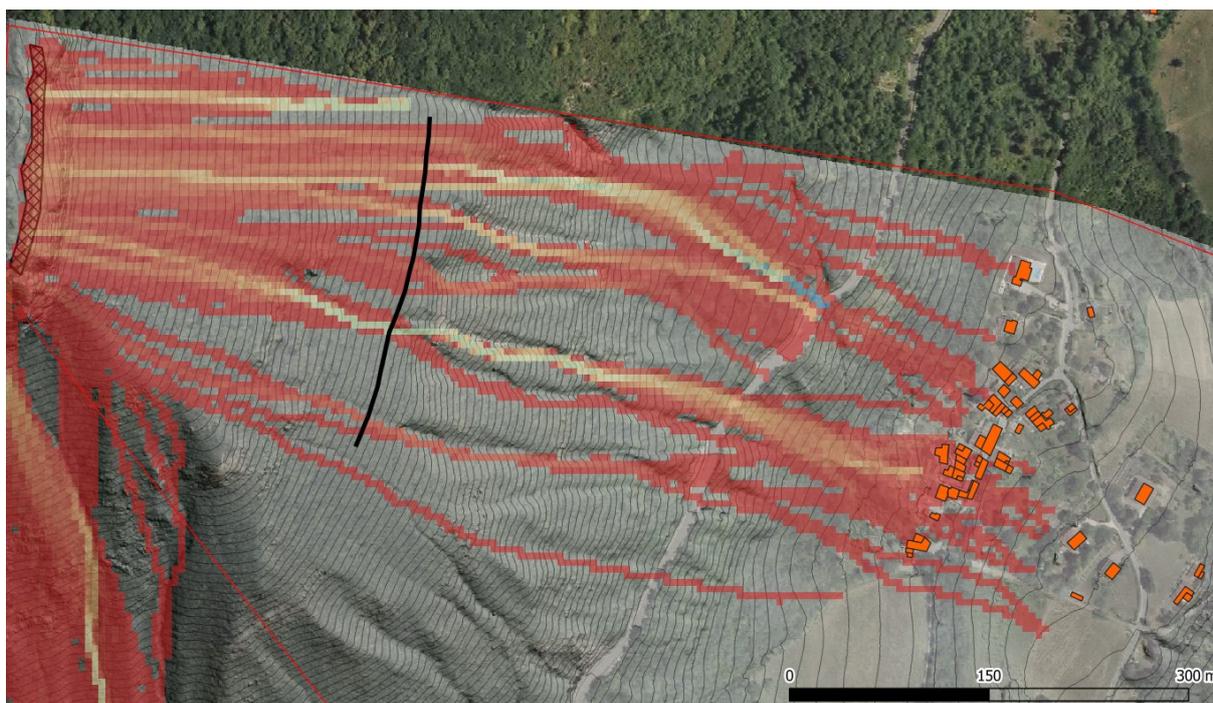


Figure 51 : Proposition d'implantation sommaire des écrans pare-blocs perchés dans le versant sur fond d'orthophotographie IGN2015 et traces de passages Platrock3D® (attention cette simulation est qualitative pour l'extension latérale, les points d'arrêt ne peuvent pas être déterminants)

## X.3 Dispositions générales à respecter pour le dimensionnement des protections passives

### X.3.1 Principes et critères de dimensionnement des merlons pare-blocs

Le merlon forme un obstacle massif, mais suffisamment déformable pour absorber l'énergie des masses en mouvement, et donc les arrêter. On entend par obstacle une levée topographique ayant un parement amont à forte pente (65° au minimum) (pour éviter que les masses rocheuses ne remontent le talus en rotation) et possédant une masse propre suffisante pour résister aux impacts.

Le merlon est couplé à une fosse, en amont, qui intercepte et stocke des pierres, des blocs isolés ou des éboulements plus importants. La géométrie de la fosse doit être telle que les masses ébouloées y soient piégées et stockées.

Sur le site d'étude, le terrain naturel étant de faible pente ou de pente moyenne, il se prête particulièrement bien à ce rôle.

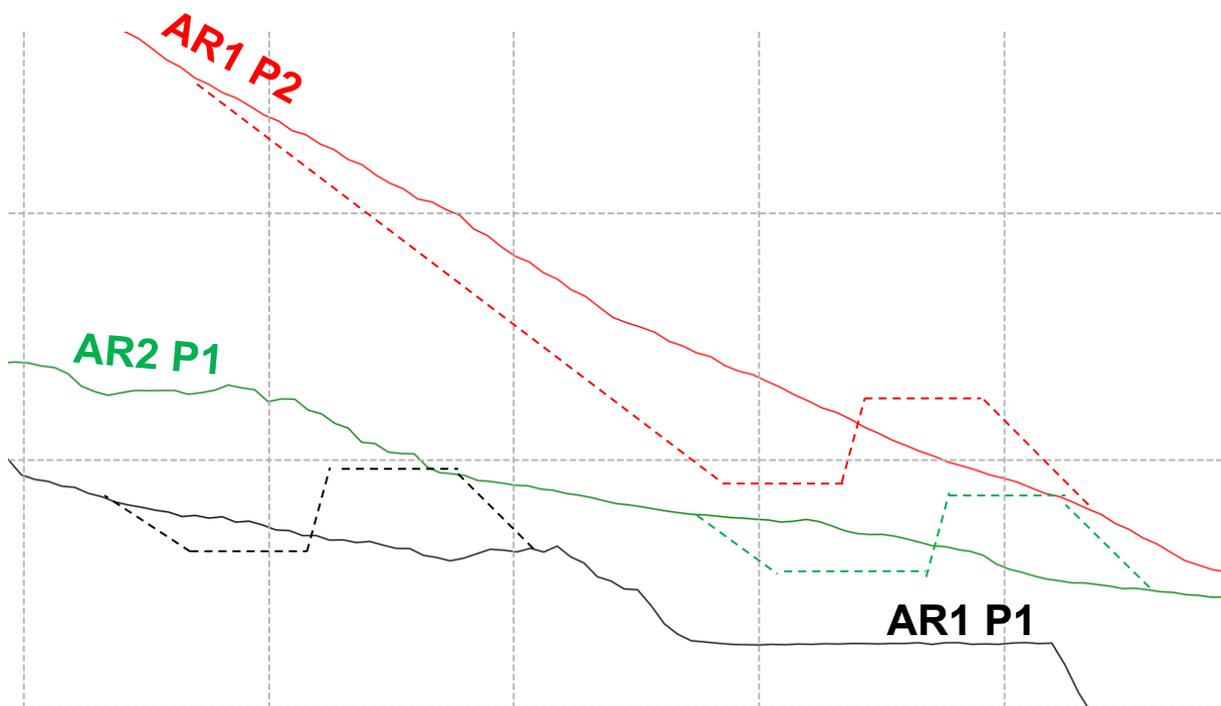


Figure 52 : Superpositions des profils proposés pour le merlon en pied de versant. (Traits solide->terrain naturel ; tireté->profils recherchés)

Le contrôle de ce type d'ouvrage est une visite annuelle (par le service technique local par exemple) pour s'assurer de son bon état. Un ouvrage de type merlon nécessite peu d'entretien. L'entretien courant veillera à garder la fosse vide et à retirer toute végétation arbustive dans les parements amont et aval. S'agissant d'un ouvrage en remblai, sa durée de vie est de l'ordre de 100 ans.

Il n'existe actuellement pas de texte réglementaire mais un guide de recommandations pour la conception, le suivi de réalisation, et l'exploitation des merlons, rédigé dans le cadre du programme national C2ROP. Il existe également des règles de l'art simples, basées sur les pratiques, les retours d'expériences et les expérimentations réalisées par la recherche.

Les principes généraux à respecter sont les suivants :

- Critère 1 : La capacité de l'ouvrage doit pouvoir vérifier que : énergie / section < 250 kJ / m<sup>2</sup> ;
- Critère 2 : La hauteur utile est définie par la trajectographie + le rayon du bloc modélisé
- Critère 3 : La crête du merlon devra au minimum être de 3,5 m de largeur (idéalement 4 m pour le passage d'engin de compactage) ;
- Critère 4 : La fosse doit être d'au moins 5 m ;
- Critère 5 : Le raidissement du parement amont doit être d'au moins 70° ;
- Critère 6 : Le talus du versant devra être mis à une pente adaptée à la stabilité des terrains (généralement inférieure ou égale à 35°)

### **Emprise prévisionnelle du merlon**

La réalisation d'un merlon pare nécessite une emprise d'environ 20m de large en fonction de la pente du terrain naturel. La carte ci-dessous présente l'emprise des travaux qui devra être précisée lors de la phase PRO.

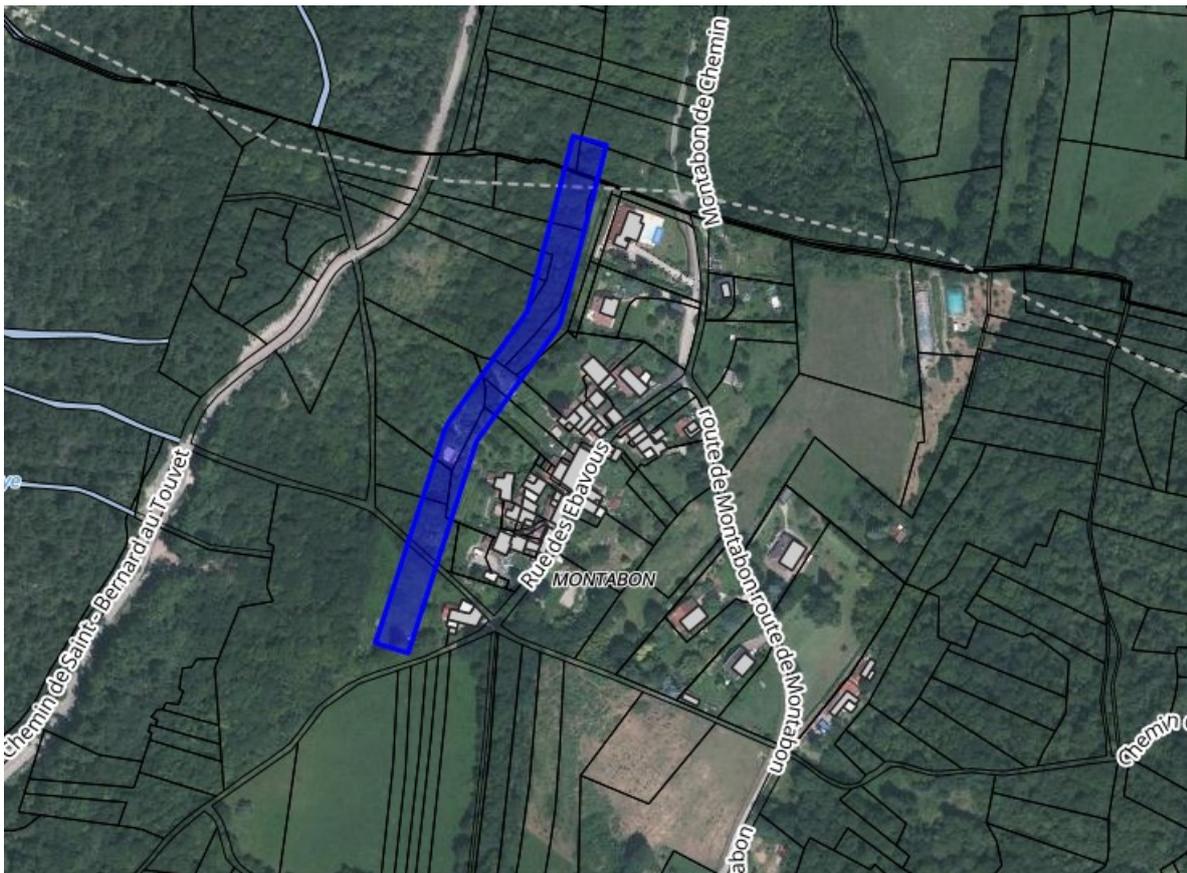


Figure 53 : Emprise approximative du merlon en amont du hameau

### **Recherche de réseau**

A partir de l'emprise une déclaration de travaux a été établie pour la recherche de réseau sous le numéro : DT 2023102100068D28

### X.3.2 Principes et critères de dimensionnement des écrans pare-blocs

Le dimensionnement fonctionnel des écrans pare-blocs est encadré par une « Note d'information – ouvrage d'art – écrans de filet pare-blocs dynamique » du Céréma de 2014. Elle définit le niveau d'énergie efficace de l'ouvrage qui est la capacité d'arrêt attendue de l'ouvrage. Elle peut être définie selon le principe du niveau ultime (Maximum Energie Level MEL) ou selon le principe du niveau de service (Service Energie Level SEL).

Globalement ce dernier principe revient à multiplier par trois les résultats trajectographiques lorsque l'on se place dans le cadre de l'EAD 340059-00-0106. Il s'agit d'un document d'évaluation européen (European Assessment Document) validé pour chaque modèle d'écran. L'EAD fournit aux fabricants un moyen de marquer CE des produits de construction qui ne sont pas ou pas entièrement couverts par une norme européenne harmonisée (hEN) en vertu du règlement sur les produits de construction.

Classe	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Niveau d'énergie de service SEL (kJ)	-	85	170	330	500	660	1000	1500	> 1500
Niveau d'énergie maximale MEL (kJ)	100	250	500	1000	1500	2000	3000	4500	> 4500
Catégorie									
A	hauteur résiduelle (MEL) $\geq$ 50% hauteur nominale								
B	50% hauteur nominale > hauteur résiduelle (MEL) > 30% hauteur nominale								
C	hauteur résiduelle (MEL) $\leq$ 30% hauteur nominale								

Figure 54 : Classification des écrans pare-blocs selon de l'EAD 340059-00-0106

La note d'information du Céréma indique que le dimensionnement au SEL est recommandé dans ces circonstances :

- Ouvrage susceptible d'être fréquemment sollicité
- Ouvrage peu accessible pour son entretien
- Nature de l'enjeu : habitations...

NB : La note ne précise pas si la condition est remplie dans un seul de ces cas ou est-ce qu'il faut remplir tous les cas.

**Bien que les énergies en jeu soient au-delà des énergies prise en compte dans l'EAD (>4500 kJ) la solution des écrans perchées ne semble pas correspondre aux recommandations de cette note technique qui incitent à dimensionner au SEL les EPB avec des habitations pour enjeu. A l'emplacement des écrans proposés cela consisterait à superposer au minimum trois lignes d'écrans pour atteindre 7 850 kJ x 3 = 23 550 kJ**

Toutefois il est important de rappeler que le choix de dimensionner au SEL n'est pas une obligation réglementaire pour un maître d'ouvrage en termes de niveau de protection à atteindre pour l'installation de protection pare-blocs. Le niveau de protection retenu et l'acceptation induite d'un aléa résiduel sont des choix de maître d'ouvrage ; toute amélioration de la protection est par essence bénéfique.

Au-delà de la notion d'enjeu bâti, les circonstances susceptibles d'orienter un maître d'ouvrage pour un dimensionnement au SEL (« coef de sécurité » x3) traduisent essentiellement la capacité d'un ouvrage à supporter plusieurs événements consécutifs correspondant au scénario de référence retenu.

Or, sur les aléas de références pris en compte sur ce secteur sur Sans Bec, il n'a à priori jamais été observé d'évènement correspondant au scénario de référence, il apparaît donc peu probable que deux événements consécutifs ( $> 5\text{m}^3$ ) touchent le linéaire dans la durée de vie de ce type d'ouvrage.

#### X.4 Estimations financières

Ces estimations sont basées sur des quantitatifs approximatifs qui pourront être affinés au stade PRO. Les prix affichés correspondent à des affaires similaires les plus récentes possible. Certains prix sont susceptibles d'évoluer très rapidement en fonction du prix des matières premières.

##### X.4.1 Solution merlon pare-blocs

PRIX	UNITE	QTE	PU HT	MONTANT HT
Préparation de chantier (installation/repli, exploitation des bois, traitement des souches, etc.)	FT	1	20 000	20 000 €
Parement amont raidi à 70° en treillis	m <sup>2</sup>	880	120	105 600 €
Terrassement déblai : obtention d'une fosse de 5 m de large. Réalisation de redans pour l'assise de l'ouvrage.	m <sup>3</sup>	8 000	10	80 000 €
Terrassement en remblai technique renforcé (parement amont) et compactage	m <sup>3</sup>	5 000	40	200 000 €
Terrassement en remblai non technique (parement aval) et compactage	m <sup>3</sup>	2 000	10	20 000 €
Drainage (ouvrage et raccordement)	Ft	1	20 000	20 000 €
Études AVP et PRO + levé topographique	Ft	1	20 000	20 000 €
MOE + essais de plaque	Ft	1	20 000	20 000 €
<b>TOTAL HT</b>				<b>465 600 €</b>

Cette estimation ne prend pas en compte les acquisitions foncières.

##### X.4.2 Solution écrans pare-blocs en versant

PRIX	UNITE	QTE	PU HT	MONTANT HT
Préparation de chantier (installation, purges de sécurité, essais géotechnique, hélicoptage du matériel et des engins, étude d'EXE, etc.)	FT	1	50 000	50 000 €
Réalisation d'une barrière provisoire	ml	300	50	15 000 €
Dévégétalisation	m <sup>2</sup>	3 000	5	15 000 €
Fourniture et pose d'EPB 9 000 ou 10 000 kJ selon l'EAD 340059-00-0106	ml	290	3 200	928 000 €
Études PRO	Ft	1	10 000	10 000 €
MOE	Ft	1	15 000	15 000 €
<b>TOTAL HT</b>				<b>1 0335 000 €</b>

## **XI Conclusion**

Les analyses réalisées selon l'approche MEZAP 2022 remettent en cause la cartographie de l'aléa de 2007. La cartographie obtenue est plus sécuritaire et étend l'emprise des zones soumises à un aléa de chutes de bloc.

Nous proposons d'installer un dispositif de protection passive en amont du hameau de Montabon visant à protéger les habitations face aux départs de blocs depuis la corniche sommitale du Sans Bec. Cette protection pourrait prendre la forme d'un merlon de protection en pied de versant ou d'écrans pare-blocs perchés en amont de la RD29.