



DÉPARTEMENT DE LA RÉUNION

Commune de Salazie

PLAN DE PRÉVENTION DES RISQUES NATURELS PRÉVISIBLES

« *Inondations et mouvements de terrain* »

NOTE DE PRÉSENTATION

Novembre 2018

Enquête Publique



Avertissement général sur les limites d'étude du document PPR

Les débats soulevés pendant et après les enquêtes publiques sur les premiers PPR réalisés à La Réunion ont amené à rédiger cet avertissement général mettant l'accent particulièrement sur les limites d'étude des documents.

Le terme de « risques naturels » communément employé dans des contextes très variés, est largement popularisé par les médias. Ce terme est pourtant souvent utilisé de manière impropre, et cela peut constituer une source de confusion. Il convient donc de préciser tout d'abord que le risque résulte de la conjonction de l'aléa (phénomène de mouvements de terrain, inondations, ou autre) et de la vulnérabilité (présence d'enjeux).

Le présent **Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles** prend en compte le risque « mouvements de terrain » et le risque « inondations » pour lesquels l'état des connaissances était suffisant pour pouvoir formuler des prescriptions réglementaires détaillées.

Ce document a été établi dans une logique de prévention (et non d'exposition) en appliquant le principe de précaution et en s'appuyant sur les connaissances disponibles. Ainsi, le PPR a été dressé au regard des risques recensés dans les études antérieures à son établissement. Le classement réglementaire ne tient pas compte dans sa cartographie des travaux de protection à venir.

A partir des données existantes sur le plan cartographique, des zonages réglementaires avec les interdictions et les prescriptions correspondantes ont été établis afin de constituer la servitude d'utilité publique.

Le présent PPR a vocation dans l'avenir à évoluer en fonction notamment de la connaissance des phénomènes naturels et des travaux de protection réalisés dans les secteurs exposés. Il constitue une première étape répondant à des enjeux de prévention.

Sommaire

1. INTRODUCTION	9
1.1. Organisation de la gestion des risques	9
1.2. Prévention des risques naturels	10
1.3. Plan de prevention des risques (PPR) naturels	11
1.4. Catastrophes naturelles majeures à la Réunion	11
2. PRESENTATION DU PPR	12
2.1. Contexte réglementaire du PPR	12
2.2. Procédure réglementaire	13
2.2.1. Secteurs géographiques concernés	13
2.2.2. État des réflexions menées	13
2.3. Assurances et infractions au PPR	16
2.3.1. Rappel du régime d'assurance en vigueur	16
2.3.2. Infractions au PPR et sanctions	19
2.4. Expropriation et Mesure de sauvegarde	19
2.5. Responsabilités	19
2.5.1. Etablissement du PPR	19
2.5.2. Autorisation d'occuper le sol	20
3. PRESENTATION DE LA COMMUNE	21
3.1. Contexte de la zone d'étude	21
3.1.1. Situation géographique	21
3.1.2. Contexte géomorphologique	22
3.1.3. Contexte climatique	22
3.1.4. Réseau hydrographique	27
3.1.5. Contexte géologique	28
3.2. Enjeux et vulnérabilité	35
4. HISTORICITE ET CARACTERISATION DES PHENOMENES NATURELS	37
4.1. Phenomènes historiques	37
4.2. Arretés de catastrophes naturels	38
4.3. Caractérisation des phénomènes mouvements de terrain	39
4.3.1. Chutes de pierres, de blocs et éboulements (P)	40
4.3.2. Glissements de terrain et coulées de boue associées (G)	43
4.3.3. Érosion et ravinement (E)	55

4.4.	Caractérisation des phénomènes d'inondation	57
5.	CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ALEAS	61
5.1.	Définitions et notions générales	61
5.1.1.	Aléas considérés	61
5.1.2.	Probabilité d'occurrence et intensité	62
5.1.3.	Règles générales de zonage	62
5.2.	Aléa inondation	63
5.2.1.	Méthode d'évaluation de l'aléa	63
5.2.2.	Caractérisation de l'aléa inondation	64
5.3.	Aléa mouvements de terrain	65
5.3.1.	Méthode d'évaluation de l'aléa	65
5.3.2.	Règles générales de qualification de l'aléa mouvements de terrain	67
5.3.3.	Cas particulier des glissements de terrain actifs de grande ampleur	69
5.3.4.	Cas particulier de l'aléa chute de blocs	70
5.3.5.	Qualification de l'aléa mouvements de terrain	72
5.4.	Principes de traduction réglementaire	72
5.5.	Exemples de cartographie au droit de secteurs À enjeux	74
6.	LEXIQUE DES SIGLES ET TERMES TECHNIQUES	95
7.	PRINCIPAUX TEXTES OFFICIELS	97
7.1.	Législation - Réglementation	97
7.2.	Principales circulaires	97
7.3.	Publication de guides	97
8.	ANNEXE 1 : GRILLES D'AIDE A LA CARTOGRAPHIE DE L'ALEA MVT (EXTRAIT DU RAPPORT BRGM/RP-66346-FR DE NOVEMBRE 2016)	99
9.	ANNEXE 2 : BILAN DE CONCERTATION ETABLI POUR LE LANCEMENT DE L'ENQUETE PUBLIQUE EN DECEMBRE 2018	117

Liste des figures

Figure 1 : Délimitation du territoire communal de Salazie (Fond ©IGN scan100®-2010) -----	21
Figure 2 : Pluviométrie moyenne sur l'île de La Réunion (Météo-France, 2011) -----	23
Figure 3 : Localisation des stations météorologiques dans le cirque de Salazie (©IGN Scan100® - 2010) -----	25
Figure 4 : Comparaison des pluies journalières enregistrées sur des postes pluviométriques installés à Grand Ilet et Ilet à Vidot (pluviomètres installés dans le cadre du programme de recherche MVTerre1, suivis par MétéoFrance) -----	26
Figure 5 : Réseau hydrographique de Salazie (ombrage issu du Lidar 2015 ©Région Réunion) -----	28
Figure 6 : Cartographie des dépôts d'avalanche de débris et direction de mise en place dans le cirque de Salazie (Arnaud, 2005) -----	31
Figure 7 : Extrait de la carte géologique des trois cirques au 1/25000 (Lacquement et al., 2011) – cirque de Salazie ---	33
Figure 8 : Evolution de la population de Salazie (source : ©I.N.S.E.E.) -----	35
Figure 9 : Type de phénomène rencontrés en fonction des catégories de terrain -----	40
Figure 10 : Chute d'un bloc isolé -----	42
Figure 11 : Eboulement -----	42
Figure 12 : Eboulement du 17/09/2010 à Ilet Morin -----	42
Figure 13 : Morphologie caractéristique d'un glissement de terrain (schéma adapté d'après Cruden et Varnes (1996) -----	43
Figure 14 : Représentation schématique du glissement-coulée (exemple de Montauban, 1993 – cf. ci-après) -----	44
Figure 15 : Schéma conceptuel du glissement de grande ampleur de Grand Ilet (Thèse Belle P., 2014) -----	46
Figure 16 : Exemple de désordre dans le bâti causé par les glissements de terrain de grande ampleur -----	47
Figure 17 : Désordre sur le bâtiment abritant l'ancienne Poste de Grand Ilet (Garnier, 2008) -----	47
Figure 18 : Illustration de l'impact du glissement de Mare à Poule d'Eau sur les terrains – déplacement dans le temps de plusieurs mètres -----	48
Figure 19 : Conséquence sur le bâti – exemple d'une maison dans l'emprise du glissement de Mare à Goyaves -----	48
Figure 20 : Glissement catastrophique au front de Grand Ilet – Impact du cyclone Hyacinthe en 1980 -----	49
Figure 21 : Localisation des principaux glissements de grande ampleur et vitesses annuelles de déplacements planimétriques en m/an – période 2003-2013, extrait de MVTerre2 (BRGM/RP-61994-FR – Mazué R., Aunay B., Belle P., 2013) -----	51
Figure 22 : Localisation des principaux glissements de grande ampleur et vitesses annuelles de déplacements planimétriques en m/an – période 2003-2018 (BRGM/RP-68284-FR – Cance A., Rey A., 2018) -----	53
Figure 23 : Recul d'une dizaine de mètres du versant en bordure Est d'Ilet à Vidot suite à Gamède. Cet événement a emporté une partie du chemin menant à un élevage porcin. -----	56
Figure 24 : Erosion régressive active se développant au front du glissement d'Ilet à Vidot (BRGM, juin 2018) -----	57
Figure 25 : Possibilité de déplacement des personnes en fonction des caractéristiques d'écoulement (source : Guide PPRi ruissellement péri-urbain M.E.D.D.E.) -----	59
Figure 26 : Mare à Goyaves en décrue suite au passage du Cyclone tropicale intense Gamède en 2007 -----	60
Figure 27 : Exemple de représentation de la notion de continuité du niveau d'aléa mouvements de terrain -----	63
Figure 28 : Représentation schématique du principe de la ligne d'énergie et de la formule pour déterminer l'angle θ (Berger, 2009b) -----	71
Figure 29 : Indices d'instabilité observés dans la zone du glissement actif de Mare à Goyave -----	76
Figure 30 : Extraits du projet de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et zonage réglementaire au droit du secteur de Mare à Goyave. -----	79
Figure 31 : Schéma conceptuel du glissement de grande ampleur de Grand Ilet (Thèse Belle P., 2014) -----	82
Figure 32 : Extraits du projet de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et zonage réglementaire au droit du secteur de Grand Ilet – Casabois -----	85
Figure 33 : Coupe schématique interprétative du glissement d'Hell Bourg -----	88
Figure 34 : Déformation de la RD48 dans le secteur de Hell-Bourg (Mars 2018) -----	88
Figure 35 : Extraits du projet de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et zonage réglementaire au droit du secteur de Hell-Bourg -----	93

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evénements historiques majeurs survenus à la Réunion -----	11
Tableau 2 : Calendrier des permanences du commissaire enquêteur lors de l'enquête publique du PPR de Salazie -----	16
Tableau 3 : Synthèse des données Météo France dans les 4 stations en service dans le cirque (source BRGM/RP-51127-FR, 2001) -----	23
Tableau 4 : Pluies quotidiennes du 15 au 27 janvier 1980 (Pinchinot, 1984) -----	24
Tableau 5 : Cumul de pluie moyen par jours entre 1981 et 2010 (source : Bulletin climatologique 2016 – Météo France)-----	24
Tableau 6 : Liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sur la commune de Salazie – mise à jour de septembre 2018 (source : http://www.georisques.gouv.fr/) -----	38
Tableau 7 : Liste des cyclones notables selon Météo-France -----	39
Tableau 8 : Caractérisation de l'aléa inondation pour la crue centennale en fonction des vitesses et des hauteurs d'eau -----	64
Tableau 9 : Echelle qualitative de probabilité d'occurrence (LCPC, guide technique sur les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux, 2004)-----	68
Tableau 10 : Principe de grille de qualification des aléas -----	69
Tableau 11 : Définition du niveau d'aléa mouvements de terrain résultant en fonction des différents aléas caractérisés -----	72
Tableau 12 : Principe de traduction réglementaire des aléas du projet de PPR de Salazie -----	74
Tableau 13 : Légendes des extraits cartographiques du projet de PPR -----	74

Préambule

Ce dossier constitue le **Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (PPR) inondations et mouvements de terrain de la commune de Salazie**. Il a été établi conformément aux dispositions législatives instituées par la loi Barnier n° 95-101 du 2 février 1995 (transposée notamment dans les articles L.562.1 à L.562.9 du code de l'environnement) et aux dispositions réglementaires issues du décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 (modifiées par le décret n°2005-4 du 4 Janvier 2005).

Ce dossier comporte plusieurs documents informatifs et réglementaires :

✓ les documents informatifs :

- des cartes de localisation des phénomènes naturels historiques (inondations et mouvements de terrain) à l'échelle 1/17 500 ;
- une cartographie des équipements sensibles (enjeux) de la commune à l'échelle 1/17 500 ;
- une cartographie des aléas naturels (inondations et mouvements de terrain) à l'échelle du 1/17 500 (planche générale couvrant le territoire communal), du 1/5 000 dans les zones à enjeux (5 planches) et du 1/10 000 dans les hauts de la commune (1 planche).

✓ les documents réglementaires :

- la note de présentation, décrivant succinctement le territoire de Salazie et les phénomènes naturels qui le concernent, ainsi que les règles méthodologiques adoptées ;
- une cartographie du zonage réglementaire à l'échelle du 1/17 500 (planche générale couvrant le territoire communal), du 1/5 000 dans les zones à enjeux (5 planches) et du 1/10 000 dans les hauts de la commune (1 planche).
- le règlement associé au zonage réglementaire.

La loi précitée inscrit en tête de ses dispositions le principe de précaution. Celui-ci fonde les services instructeurs à engager des PPR sans tarder en s'appuyant sur les connaissances disponibles. En conséquence, la conduite du PPR doit être menée avec pragmatisme, sans rechercher une complexité inutile et avec le souci d'aboutir directement dans la plupart des cas à des propositions de mesures réglementaires.

Extrait de la loi n° 95-101 du 02 février 1995 (Principe de précaution) :

Art 1^{er} – 1-3^e alinéa

« (...) l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable. »

1. Introduction

Les cyclones, les fortes pluies, les glissements de terrain et les chutes de pierres ont marqué l'histoire de la Réunion et la mémoire de nombre de Réunionnais. Mais tirer les leçons de l'histoire n'est pas une démarche naturelle. Ainsi voit-on s'installer de nouvelles constructions et des habitations dans des sites où les risques sont perceptibles et des aménagements se réaliser sans protection et sans souci de l'aggravation des risques qu'ils peuvent provoquer.

L'Ile de la Réunion, de par sa vulnérabilité face aux événements cycloniques, est la région française la plus exposée aux aléas naturels. Elle subit régulièrement les effets dévastateurs des conditions météorologiques (pluies, vent, houles et surcote cyclonique) induites par les cyclones (cf. ci-après tableau des événements majeurs historiques).

Salazie, commune peuplée de 7132 habitants (population recensée par l'INSEE en 2014), est affectée par des phénomènes de mouvements de terrain et/ou d'inondations, comme en témoigne la carte des phénomènes historiques, impactant plus ou moins durement les activités humaines.

Dans un contexte de développement de l'urbanisation et d'augmentation inhérente de la vulnérabilité, le nombre et la diversité des phénomènes naturels auxquels sont exposés des enjeux importants sur le territoire communal ont justifié de la part du Service instructeur des PPR (Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement ou DEAL) l'élaboration d'un PPR multirisques (« inondations et mouvements de terrain ») de la commune de Salazie.

1.1. ORGANISATION DE LA GESTION DES RISQUES

La lutte contre les risques naturels s'organise autour de quatre axes très différenciés mais complémentaires :

- l'**information** sur les risques est un droit pour les populations menacées. Cette information est organisée par le préfet et les maires dans les conditions fixées par le décret du 11 octobre 1990 et par la loi n°2003-699 du 30 juillet 2003. Cette dernière loi prévoit notamment que dans les communes où un plan de prévention des risques naturels a été approuvé, le maire informe la population au moins une fois tous les deux ans par des réunions publiques communales ou tout autre moyen approprié. Cette information est délivrée avec l'assistance des services de l'Etat compétents ;
- la **gestion prévisionnelle des crises** s'appuie sur des systèmes d'alerte et s'organise dans les plans de secours spécialisés mis en œuvre par l'Etat et les collectivités ;
- les **travaux de protection**, à l'initiative des communes ou d'associations, bénéficient de subventions dans le cadre de programmations pluriannuelles (Programme Pluriannuel d'Endiguement des Ravines, Plan de Gestion du Risque d'Inondation par exemple) ;
- la **prévention** relève des communes qui ont le devoir de prendre en compte les risques connus dans leurs documents d'urbanisme, et de l'Etat qui doit réaliser des Plans de Prévention des Risques (PPR) dans les zones menacées. La prévention des risques permet d'anticiper, et d'éviter les conséquences parfois dramatiques liées aux risques. La prévention peut être considérée comme l'outil le plus efficace pour limiter l'aggravation des risques.

1.2. PREVENTION DES RISQUES NATURELS

La politique de prévention des risques naturels a pris un essor particulier en France en 1994 suite à une succession d'événements catastrophiques ayant affecté depuis 1987 le territoire national. Il est apparu alors de manière évidente qu'un développement urbain mal maîtrisé pouvait aggraver considérablement les catastrophes en particulier lorsque les zones exposées sont urbanisées. L'extension urbaine peut même contribuer à les provoquer notamment par l'imperméabilisation des sols, la canalisation des rejets pluviaux et les divers travaux de terrassement. Ces phénomènes sont également constatés sur l'île de la Réunion qui subit régulièrement les effets dévastateurs des cyclones et des fortes pluies (cf. le tableau des événements majeurs historiques présenté en 1.4).

Il y a donc nécessité pour la sécurité de la population communale de mettre en place des mesures de prévention efficaces.

Les responsabilités et obligations du maire, en particulier en ce qui concerne l'information préventive des citoyens et les mesures de sauvegarde qui les concernent, sont définies dans la loi n°2003-699 du 30 juillet 2003, et notamment son article 40 :

« Dans les communes sur le territoire desquelles a été prescrit ou approuvé un plan de prévention des risques naturels prévisibles, le maire informe la population au moins une fois tous les deux ans, par des réunions publiques communales ou tout autre moyen approprié, sur les caractéristiques du ou des risques naturels connus dans la commune, les mesures de prévention et de sauvegarde possibles, les dispositions du plan, les modalités d'alerte, l'organisation des secours, les mesures prises par la commune pour gérer le risque, ainsi que sur les garanties prévues à l'article L. 125-1 du code des assurances. Cette information est délivrée avec l'assistance des services de l'Etat compétents, à partir des éléments portés à la connaissance du maire par le représentant de l'Etat dans le département, lorsqu'elle est notamment relative aux mesures prises en application de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs et ne porte pas sur les mesures mises en œuvre par le maire en application de l'article L. 2212-2 du code général des collectivités territoriales ».

Le décret n°2005-233 du 14 mars 2005 fixe les conditions d'application de l'article 42 de la loi du 30 juillet 2003 :

« Dans les zones exposées au risque d'inondations, le maire, avec l'assistance des services de l'Etat compétents, procède à l'inventaire des repères de crues existant sur le territoire communal et établit les repères correspondant aux crues historiques, aux nouvelles crues exceptionnelles ou aux submersions marines. La commune ou le groupement de collectivités territoriales compétent matérialisent, entretiennent et protègent ces repères ».

Le code de la sécurité intérieure dispose dans son article L.731-3 (protection générale de la population) :

« Le plan communal de sauvegarde regroupe l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à l'information préventive et à la protection de la population. Il détermine, en fonction des risques connus, les mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes, fixe l'organisation nécessaire à la diffusion de l'alerte et des consignes de sécurité, recense les moyens disponibles et définit la mise en œuvre des mesures d'accompagnement et de soutien de la population. Il peut désigner l'adjoint au maire ou le conseiller municipal chargé des questions de sécurité civile. Il doit être compatible avec les plans d'organisation des secours arrêtés en application des dispositions de l'article L. 741-1 à L. 741-5. Il est obligatoire dans les communes dotées d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles approuvé ou comprises dans le champ d'application d'un plan particulier d'intervention. Le plan communal de sauvegarde est arrêté par le maire de la commune. [...] La mise en œuvre du plan communal ou intercommunal de sauvegarde relève de chaque

maire sur le territoire de sa commune. Un décret en Conseil d'État précise le contenu du plan communal ou intercommunal de sauvegarde et détermine les modalités de son élaboration. »

1.3. PLAN DE PREVENTION DES RISQUES (PPR) NATURELS

Le dispositif instauré par la loi « Barnier » du 2 février 1995 donne au préfet la possibilité d'agir rapidement sans ôter aux collectivités leurs responsabilités, ni leurs obligations. Les Plans de Prévention des Risques permettent d'interdire ou de réglementer les constructions et aménagements en situation de risque, ou en situation d'aggraver directement ou indirectement les risques pour l'environnement.

La commune de Salazie est dotée d'un Plan de Prévention des Risques mouvements de terrain approuvé par l'arrêté préfectoral n°0561 du 09 Mars 2005.

La procédure de révision du Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles sur la commune de Salazie a été prescrite par l'arrêté préfectoral n°2018-1502/SG/DCL du 14 août 2018.

Sont pris en compte dans la présente élaboration du Plan de Prévention des Risques de la commune de Salazie les phénomènes d'inondations (hors submersion marine) et les phénomènes de mouvements de terrain (hors érosion côtière).

1.4. CATASTROPHES NATURELLES MAJEURES A LA REUNION

1875 Salazie « le Grand sable » : 63 personnes ensevelies par un glissement	Février 1998 tempête Anacelle : 1 mort ; dégâts importants
Janvier 1948 Cyclone : 16 morts ; dégâts énormes	Janvier 2002 cyclone Dina : 2 morts, dégâts très importants
Février 1962 cyclone Jenny : 36 morts ; dégâts importants	Mars 2006 Tempête tropicale modérée Diwa : 4 morts, pluies importantes
Janvier 1966 cyclone Denise : 3 morts ; dégâts importants	Février 2007 Cyclone Gamède : 2 morts, dégâts importants
Janvier 1980 tempête Hyacinthe : 25 morts ; 1 milliard de francs de dommages	Janvier 2014 Cyclone Béjisa : 1 mort, dégâts importants
Février 1987 tempête Clotilda : 9 morts ; dégâts très importants (109 millions de francs sur St Denis)	Janvier 2018 Tempête tropicale modérée Berguita : pluies et dégâts importants dans le sud-ouest de la Réunion
Janvier 1989 cyclone Firinga : 4 morts ; dégâts très importants	
Janvier 1993 cyclone Colina : 2 morts ; dégâts importants	

Tableau 1 : Evénements historiques majeurs survenus à la Réunion

2. Présentation du PPR

2.1. CONTEXTE REGLEMENTAIRE DU PPR

Le Plan de Prévention des Risques est, depuis la loi du 2 février 1995, le seul document de cartographie réglementaire spécifique aux risques naturels. Le contenu du PPR est fixé par l'article 40-1 de la loi du 22 juillet 1987 (modifié par l'article 16 de la loi du 2 février 1995 et transposé notamment dans les articles L.562.1 à L.562.9 du code de l'environnement).

Extrait de l'article L.562.1 du code de l'environnement :

« Ces plans ont pour objet, en tant que de besoin :

- 1°) de délimiter les zones exposées aux risques dites « zones de danger » en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient y être autorisées, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;*
- 2°) de délimiter les zones dites « zones de précaution » qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° du présent article ;*
- 3°) de définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;*
- 4°) de définir, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.*

La réalisation des mesures prévues aux 3° et 4° peut être rendue obligatoire en fonction de la nature et de l'intensité du risque dans un délai de cinq ans, pouvant être réduit en cas d'urgence. A défaut de mise en conformité dans le délai prescrit, le Préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur.

Les mesures de prévention prévues aux 3° et 4° ci-dessus, concernant les terrains boisés, lorsqu'elles imposent des règles de gestion et d'exploitation forestière ou la réalisation de travaux de prévention concernant les espaces boisés mis à la charge des propriétaires et exploitants forestiers, publics ou privés, sont prises conformément aux dispositions du titre II et livre III et du livre IV du Code Forestier.

Les travaux de prévention imposés en application du 4° à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du Code de l'Urbanisme avant l'approbation du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ne peuvent porter que sur des aménagements limités. »

Objectif général de l'outil PPR

« Délimiter les zones exposées aux risques naturels (secteurs inconstructibles et ceux soumis à prescriptions), ainsi que définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde à y mettre en œuvre, tant par les particuliers que par les collectivités publiques. »

L'Etat est responsable de l'élaboration et de la mise en application du PPR et c'est le préfet qui l'approuve, après avis des conseils municipaux et communautaires concernés et l'enquête publique.

Le PPR vaut servitude d'utilité publique. Il est annexé au Plan Local d'Urbanisme, conformément aux dispositions des articles L153-60 et L151-43 du Code de l'Urbanisme.

Le PPR peut être modifié, dès lors que la connaissance des risques a évolué et permet d'établir de nouveaux zonages réglementaires.

2.2. PROCEDURE REGLEMENTAIRE

2.2.1. Secteurs géographiques concernés

La procédure réglementaire PPR est définie par les articles R.562-1 à R.562-9 du code de l'environnement. Le point de départ de la présente procédure de révision du PPR est l'arrêté préfectoral de prescription n°2018-1502/SG/DCL du 14 août 2018.

Cet arrêté précise dans son article 1 que le périmètre mis à l'étude concerne l'ensemble du territoire de la commune de Salazie, et dans ses articles 1 et 2 que les risques relatifs aux « mouvements de terrain » (chutes de pierres ou de blocs, les éboulements, les glissements de terrain et coulées de boues associées, les érosions de berge et le ravinement) et aux « inondations » (crues par débordement de ravines) sont pris en compte.

2.2.2. État des réflexions menées

Le projet de Plan de Prévention des Risques est élaboré par les services de l'Etat, en l'occurrence la Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement de La Réunion (DEAL). Les principales étapes d'élaboration du PPR ont été les suivantes :

- **9 mars 2005 : Approbation du PPR mouvements de terrain (arrêté préfectoral n°0561) ;**
- 2013 : demande de révision du PPR par M. Le Maire de Salazie
- mai 2016 : lancement de la phase technique d'élaboration des cartes d'aléas mouvements de terrain (BRGM) ;
- 24 juin 2016 : réunion en mairie pour la présentation de la démarche de révision du PPR engagée ;
- 15 décembre 2016 : réunion en mairie pour la présentation de l'état d'avancement de la phase technique : projet de carte d'aléa inondation et mouvements de terrain ;
- 13 février 2017 : réunion en mairie pour la présentation de l'état d'avancement de la phase technique : projet de carte d'aléa inondation et mouvements de terrain. Echanges sur les projets communaux et l'impact des projets de cartographie des aléas au droit de ces secteurs à enjeux pour la commune ;
- 14, 19, 21 décembre 2017 : réunion publique d'information sur le projet de révision du PPR de la commune de Salazie. Lieu de réunion publique : Grand Ilet, Hell Bourg et Hôtel de ville de Salazie. Transmission de jeux de cartes d'aléa et du projet de zonage réglementaire pour consultation en mairie par le public, pendant 2 mois, et pour demandes de précision.

- mars 2018 à juin 2018 : analyse des 85 demandes de précision des administrés sur les cartes d'aléas et le zonage réglementaire (rapport BRGM/RP-68031-FR¹ de juin 2018) ;
- 1^{er} semestre 2018 : concertation entre la DEAL et les services municipaux pour l'élaboration d'un projet de règlement du PPR ;
- 1^{er} semestre 2018 : examen au cas par cas du projet de PPR de Salazie, conformément à la loi du 12 juillet 2010, afin d'évaluer la nécessité de réaliser une évaluation environnementale pour le projet de PPR de Salazie. Echanges entre les services de la DEAL et l'autorité environnementale (AE) ;
- mai 2018 : campagne de levé des 100 bornes géodésiques installées dans le cirque de Salazie afin de préciser la connaissance sur les mouvements de terrain, au droit notamment des glissements actifs de grande ampleur affectant le territoire communal. Analyse et intégration des résultats dans le projet de cartographie de l'aléa mouvements de terrain et sa traduction réglementaire au projet de PPR (rapport BRGM/RP-68284-FR² de septembre 2018) ;
- 25 juillet 2018 : décision de l'autorité environnementale après l'examen au cas par cas sur la révision du plan de prévention des risques d'inondation et de mouvements de terrain de Salazie (n°F-004-18-P-0024) : projet de révision du PPR non soumis à évaluation environnementale ;
- **14 août 2018 : arrêté préfectoral n°2018-1502/SG/DCL prescrivant la révision du Plan de prévention des Risques naturels prévisibles (PPR) sur la commune de Salazie ;**
- juillet-août 2018 : analyse des demandes complémentaires de précision des services municipaux sur les cartes d'aléas et le zonage réglementaire, préalablement au lancement de la phase de consultation ;
- **Septembre 2018 : finalisation du projet PPR** pour le lancement de la phase de consultation officielle : pièces écrites (présente note, règlement), documents cartographiques (aléas, réglementaire) et annexes.

Après la phase d'élaboration, le dossier est soumis à des consultations conformément à l'article R. 562-7 :

« Le projet de plan de prévention des risques naturels prévisibles est soumis à l'avis des conseils municipaux des communes et des organes délibérants des établissements publics de coopération intercommunale compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est couvert en tout ou partie par le plan.

Si le projet de plan contient des mesures de prévention des incendies de forêt ou de leurs effets ou des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde relevant de la compétence des départements et des régions, ces dispositions sont soumises à l'avis des organes délibérants de ces collectivités territoriales. Les services départementaux d'incendie et de secours intéressés sont consultés sur les mesures de prévention des incendies de forêt ou de leurs effets.

Si le projet de plan concerne des terrains agricoles ou forestiers, les dispositions relatives à ces terrains sont soumises à l'avis de la chambre d'agriculture et du « Centre national » de la propriété forestière.

¹ **Rey A., Cance A., Magat E.** (2018) – Commune de Salazie. Plan de Prévention des Risques Naturels « inondations et mouvements de terrain » de Salazie. Analyse des demandes de précision. Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-68031-FR. 176 p., 23 fig., 8 tab., 2 ann.

² **Cance A., Rey A.** (2018) – Commune de Salazie. Plan de Prévention des Risques Naturels « inondations et mouvements de terrain » de Salazie. Suivi du réseau géodésique du cirque de Salazie. Rapport BRGM/RP-68284-FR. 33p., 10 Ill., 7 tab.

Tout avis demandé en application des trois alinéas ci-dessus qui n'est pas rendu dans un délai de deux mois à compter de la réception de la demande est réputé favorable.

Les consultations officielles des différents services se sont déroulées de la manière suivante :

- **Du 2 octobre au 2 décembre 2018** : consultations officielles des partenaires associés (conseil municipal, CIREST, chambre d'agriculture, ONF et DAAF).

Conformément à l'article 5 de l'arrêté préfectoral de prescription, un dossier contenant les documents utiles à la phase de concertation avec le public a été transmis aux services de la commune courant décembre 2017 et tenu à la disposition des administrés par ces derniers.

Le bilan de la concertation mise en œuvre dans le cadre de l'élaboration du projet de PPR conformément à l'article 5 de l'arrêté préfectoral de prescription, est joint en annexe de la présente note de présentation. Les amendements formulés dans les avis de délibération des partenaires seront analysés à l'issue de l'enquête publique.

Après la phase de consultation officielle, le dossier est soumis à une enquête publique puis approuvé conformément aux articles R. 562-8 et R. 562-9 :

« Art. R. 562-8 Le projet de plan est soumis par le préfet à une enquête publique dans les formes prévues par les articles R. 123-6 à R. 123-23, sous réserve des dispositions des deux alinéas qui suivent.

Les avis recueillis en application des trois premiers alinéas de l'article R. 562-7 sont consignés ou annexés aux registres d'enquête dans les conditions prévues par l'article R. 123-17.

Les maires des communes sur le territoire desquelles le plan doit s'appliquer sont entendus par le commissaire enquêteur ou par la commission d'enquête une fois consigné ou annexé aux registres d'enquête l'avis des conseils municipaux.

Art. R. 562-9 A l'issue des consultations prévues aux articles R. 562-7 et R. 562-8, le plan, éventuellement modifié, est approuvé par arrêté préfectoral. Cet arrêté fait l'objet d'une mention au recueil des actes administratifs de l'État dans le département ainsi que dans un journal diffusé dans le département. Une copie de l'arrêté est affichée pendant un mois au moins dans chaque mairie et au siège de chaque établissement public de coopération intercommunale compétent pour l'élaboration des documents d'urbanisme sur le territoire desquels le plan est applicable.

Le plan approuvé est tenu à la disposition du public dans ces mairies et aux sièges de ces établissements publics de coopération intercommunale ainsi qu'en préfecture. Cette mesure de publicité fait l'objet d'une mention avec les publications et l'affichage prévus à l'alinéa précédent ».

L'arrêté préfectoral n°2018-2426 SG/DCL/BU du 03 décembre 2018 a prescrit l'ouverture d'une enquête publique au titre du code de l'environnement, sur le territoire de la commune de Salazie concernant le projet de plan de prévention des risques naturels prévisibles relatif aux phénomènes d'inondation et de mouvements de terrain.

Préalablement au lancement de l'enquête publique, trois réunions publiques d'informations et d'échanges, organisées par l'État, maître d'ouvrage du projet de PPR, se sont tenues les 4, 11 et 12 décembre 2018, respectivement en mairie annexe de Grand Ilet, Hell-Bourg et en salle du conseil à l'Hôtel de Ville de Salazie, en présence du maître d'ouvrage représenté par le DEAL, ainsi que du BRGM. Y ont été conviés les représentants de la mairie et les commissaires-enquêteurs titulaire et suppléant.

L'enquête publique est prévue du 21 décembre 2018 au 19 février 2019 (60 jours consécutifs), sous la supervision de Mme VITTOZ, commissaire-enquêtrice titulaire. Les pièces du dossier de PPR ainsi que des registres d'enquêtes sont mises à disposition du public à l'Hôtel de Ville pendant la durée de l'enquête. La commissaire-enquêtrice tiendra notamment 20 permanences pendant la

durée de l'enquête afin de recueillir les observations du public, à l'Hôtel de Ville ainsi qu'en mairies annexes de Grand Ilet et Hell-Bourg, suivant le calendrier établi comme suit :

Mairie de Salazie – Services techniques

Vendredi 21 décembre 2018	9h - 12h
jeudi 3 janvier 2019	9h – 12h
lundi 7 janvier 2019	9h- 12h
mardi 15 janvier 2019	9h-12h
jeudi 17 janvier 2019	13h-16h
mercredi 23 janvier 2019	9h-12h
samedi 26 janvier 2019	9h-12h
jeudi 31 janvier 2019	13h-16h
mercredi 6 février 2019	9h-12h
mardi 19 février 2019	13h-16h

Mairie annexe de Grand Ilet

mercredi 9 janvier 2019	9h-12h
mardi 22 janvier 2019	13h-16h
Vendredi 1 ^{er} février 2019	9h-12h
mardi 5 février 2019	13h-16h
jeudi 14 février 2019	9h30-12h30

Mairie annexe de Hell-Bourg

mardi 8 janvier 2019	13h-16h
vendredi 18 janvier 2019	9h-12h
lundi 28 janvier 2019	9h30-12h30
samedi 9 février 2019	9h-12h
mercredi 13 février 2019	9h30-12h30

Tableau 2 : Calendrier des permanences du commissaire enquêteur lors de l'enquête publique du PPR de Salazie

2.3. ASSURANCES ET INFRACTIONS AU PPR

2.3.1. Rappel du régime d'assurance en vigueur

La loi du 13 juillet 1982 a institué un régime particulier d'assurance, avec intervention de l'Etat, destiné à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles. Ce régime se fonde sur le principe de « la solidarité et l'égalité de tous les Français » devant les charges qui résultent des calamités nationales (Préambule de la Constitution de 1946, repris par celle de 1958).

Les contrats d'assurance garantissant les dommages d'incendie ou les dommages aux biens, ainsi que les dommages aux corps de véhicules terrestre à moteur, ouvrent droit à la garantie contre les catastrophes naturelles (art. L.125.1 du code des assurances).

Cette garantie est étendue aux pertes d'exploitation, si elles sont prévues par le contrat. L'extension de la garantie est couverte par une prime supplémentaire à taux unique.

Toutes les personnes physiques ou morales, autres que l'Etat, peuvent bénéficier de cette garantie, que les praticiens appellent « garantie Cat.Nat. »

Champ d'application de la garantie

La garantie couvrant les dommages occasionnés par une catastrophe naturelle se substitue aux mécanismes classiques d'assurances. Son champ d'application est fixé par l'article 1 de la loi du 13 juillet 1982 :

« Sont considérés comme les effets des catastrophes naturelles (...) les dommages matériels non assurables directs, ayant eu pour cause déterminante, l'intensité anormale d'un agent naturel, lorsque les mesures habituelles à prendre pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prises ».

Risques couverts

Il s'agit des dommages matériels résultant des catastrophes naturelles qui ne sont pas habituellement garantis par les règles classiques d'assurances. L'agent naturel doit être la cause déterminante du sinistre et doit, par ailleurs, présenter une intensité anormale.

Deux circulaires (du 27 mars 1984 et du 28 décembre 1992) fixent une liste non exhaustive des événements naturels susceptibles d'être couverts. Elle comprend notamment :

- les inondations (cours d'eau sortant de leur lit) ;
- les ruissellements d'eau, de boue ou de lave ;
- les glissements ou effondrements de terrain ;
- la subsidence (effondrement de terrain consécutif à la baisse de la nappe phréatique) ;
- les séismes.

Les trois critères prévus par le texte étant réunis (1. caractère naturel de la cause du dommage 2. anormalité de son intensité 3. mise en œuvre préalable des mesures de prévention), il doit évidemment exister un lien de causalité entre ces trois facteurs.

Avant le 1^{er} janvier 2001, les risques cycloniques liés aux effets du vent étaient couverts par la garantie T.O.C. (Tempête – Ouragans – Cyclones) prévue automatiquement au sein des contrats d'assurance relatifs à la couverture incendie et risques divers aux biens. Avec la loi d'orientation pour l'Outre-mer (n° 2000-1207 du 13 décembre 2000), les effets d'un cyclone pour lequel « les vents maximaux de surface enregistrés ou estimés sur la zone sinistrée ont atteint ou dépassé 145 km/h en moyenne sur 10 mn ou 215 km/h en rafales » seront couverts par le régime catastrophe naturelle. Concrètement, ce régime permettra l'intervention du fonds de garantie des catastrophes naturelles, alimenté par l'Etat, lors de certains événements cycloniques.

Biens garantis

La garantie bénéficie à tous les assurés quel que soit leur degré d'exposition aux risques.

L'assureur a la possibilité de refuser la couverture des catastrophes naturelles aux propriétaires ou exploitants de biens situés dans une zone couverte par un PPR, s'ils ne se sont pas conformés, dans un délai de cinq ans, aux prescriptions imposées par le plan (des travaux d'aménagement peuvent être imposés sous réserve de ne pas excéder 10 % de la valeur vénale du bien). Cette possibilité, prévue par l'article L.125.6 du Code des Assurances, ne peut être mise en œuvre que lors de la conclusion initiale ou du renouvellement du contrat. Evidemment, les assureurs pourront également refuser leur garantie à l'égard des biens et des activités installées postérieurement à la

publication d'un PPR sur des terrains classés inconstructibles par ce plan. Le Bureau Central de Tarification (B.C.T.) est saisi des contentieux éventuels.

Les biens garantis sont les meubles et immeubles, assurés contre les dommages incendie ou tous autres dommages, et ayant subi des dommages matériels directs, c'est-à-dire, portant atteinte à la structure ou au contenu de la chose. Sont donc exclues les vies humaines.

Une liste des biens garantis est donnée par la circulaire du 27 mars 1984 qui précise également quels sont les biens susceptibles d'être exclus du régime d'assurance « Cat.Nat », en raison notamment d'autres modalités de couverture.

Etat de catastrophe naturelle

L'état de catastrophe naturelle est constaté par un arrêté interministériel (Ministère de l'Intérieur et Ministère de l'Economie et des Finances). C'est cet arrêté qui permet aux assurés d'être indemnisés au titre de la garantie catastrophe naturelle.

Lorsque survient un événement susceptible de présenter le caractère de catastrophe naturelle, le préfet du département doit adresser un rapport à la Direction de la Sécurité Civile dans le délai d'un mois à compter du début du sinistre.

Avant la signature de l'arrêté, une commission interministérielle, appelée « commission « Cat.Nat », émet un avis consultatif sur l'intensité anormale de l'agent naturel.

Règlement des sinistres

Dans les dix jours suivant la publication au Journal Officiel de l'arrêté interministériel, l'assuré doit déclarer les dommages matériels causés par la catastrophe naturelle. Le délai est de trente jours pour les pertes d'exploitation. L'assureur doit verser l'indemnité dans un délai de trois mois.

Dispositions nouvelles pour l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles

Par arrêtés du 05 septembre 2000 du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie (publiés au journal officiel du 05 septembre 2000), certains articles du code des assurances ont été modifiés pour renforcer le lien entre l'indemnisation des dommages résultant des catastrophes naturelles et les mesures de prévention de ces risques. Les nouvelles dispositions adoptées ont pour objet d'une part l'augmentation des franchises, et d'autre part leur modulation en fonction de la répétitivité des risques naturels survenus et des mesures de prévention prises tendant à les réduire.

Sur ce dernier point, dans une commune non dotée d'un PPR pour le risque faisant l'objet d'un arrêté portant constatation de l'état de catastrophe naturelle, la franchise est modulée en fonction du nombre d'arrêtés pris pour le même risque à compter du 2 février 1995, selon les modalités suivantes :

- **premier et second arrêtés** : application de la franchise
- **troisième arrêté** : doublement de la franchise applicable
- **quatrième arrêté** : triplement de la franchise applicable
- **cinquième arrêté et arrêtés suivants** : quadruplement de la franchise applicable

Ces mesures cessent de s'appliquer à compter de la prescription d'un PPR pour le risque faisant l'objet de l'arrêté portant constatation de l'état de catastrophes naturelles dans la commune

concernée. Elles reprennent leurs effets en l'absence d'approbation du plan précité dans le délai de cinq ans à compter de la prescription correspondante.

2.3.2. Infractions au PPR et sanctions

Toute infraction aux règles définies par le plan de prévention des risques est sanctionnée dans les conditions fixées par l'article 40-5 de la loi du 22 juillet 1987 (modifiée par la loi du 2 février 1995 et transposée notamment dans l'article L.562.5 du code de l'environnement).

Extrait de l'article L.562.5 du code de l'environnement :

« Le fait de construire ou d'aménager un terrain dans une zone interdite par un plan de prévention des risques naturels prévisibles approuvé ou de ne pas respecter les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation prescrites par ce plan est puni des peines prévues à l'article L.480.4 du Code de l'Urbanisme.

Les dispositions des articles L.460.1, L.480.1, L.480.2, L.480.3, L.480.5 à L.480.9 et L.480.12 et L.480.14 du Code de l'Urbanisme sont également applicables aux infractions visées au premier alinéa du présent article, sous la seule réserve des conditions suivantes :

- 1°) Les infractions sont constatées, en outre, par les fonctionnaires et agents commissionnés à cet effet par l'autorité administrative compétente et assermentés ;*
- 2°) Pour l'application de l'article L.480.5 du code de l'urbanisme, le tribunal statue au vu des observations écrites ou après audition du maire ou du fonctionnaire compétent, même en l'absence d'avis de ces derniers, soit sur la mise en conformité des lieux ou des ouvrages avec les dispositions du plan, soit sur leur rétablissement dans l'état antérieur ;*
- 3°) Le droit de visite prévu à l'article L.460.1 du Code de l'Urbanisme est ouvert aux représentants de l'autorité administrative compétente. »*

2.4. EXPROPRIATION ET MESURE DE SAUVEGARDE

Le PPR n'emporte aucune mesure d'expropriation. Une procédure d'expropriation indépendante du PPR est prévue par les articles 11 et suivants de la loi du 02 février 1995. Elle vise à régler les situations où le déplacement des populations, dont la vie serait menacée, s'avère le seul moyen de les mettre en sécurité à un coût acceptable. Cette mesure implique une analyse particulière des risques, car la notion de menace grave pour les vies humaines est fondée sur des critères beaucoup plus restrictifs que ceux qui président à la délimitation du zonage PPR, le plus souvent établis sur la constructibilité ou les usages des sols. Pour cette raison, le classement en zone « rouge » d'un PPR n'est jamais à lui seul un motif d'expropriation.

Par contre, des mesures de sauvegarde, et notamment des évacuations temporaires, méritent au moins d'être prises dans les plans de gestion des crises des communes pour des secteurs fortement exposés.

2.5. RESPONSABILITES

2.5.1. Etablissement du PPR

C'est le préfet qui élabore le PPR et peut le modifier ou le réviser.

Extrait de l'article L.562.1 du code de l'environnement :

« I.- L'Etat élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones. »

Extrait de l'article L.562.4.1 du code de l'environnement :

« I. — Le plan de prévention des risques naturels prévisibles peut être révisé selon les formes de son élaboration. Toutefois, lorsque la révision ne porte que sur une partie du territoire couvert par le plan, la concertation, les consultations et l'enquête publique mentionnées à l'article L. 562-3 sont effectuées dans les seules communes sur le territoire desquelles la révision est prescrite.

II. — Le plan de prévention des risques naturels prévisibles peut également être modifié. La procédure de modification est utilisée à condition que la modification envisagée ne porte pas atteinte à l'économie générale du plan. Le dernier alinéa de l'article L. 562-3 n'est pas applicable à la modification. Au lieu et place de l'enquête publique, le projet de modification et l'exposé de ses motifs sont portés à la connaissance du public en vue de permettre à ce dernier de formuler des observations pendant le délai d'un mois précédant l'approbation par le préfet de la modification. »

2.5.2. Autorisation d'occuper le sol

En l'absence de Plan d'Occupation des Sols (POS) ou de Plan Local d'Urbanisme (PLU), le maire délivre les autorisations au nom de l'Etat (sauf cas particuliers). Si un POS ou un PLU a été approuvé, le maire délivre les autorisations au nom de la commune.

En application de l'**article R.111.2 du Code de l'Urbanisme**, si les constructions sont de nature à porter atteinte à la sécurité publique, l'autorité administrative peut refuser le permis de construire ou l'assortir de prescriptions spéciales. Cette disposition est notamment valable soit en l'absence de PPR, soit encore pour tenir compte de risques qui n'étaient pas pris en compte par le PPR approuvé et dont la connaissance a été acquise ultérieurement.

La responsabilité individuelle du constructeur peut, bien évidemment, être mise en œuvre en cas de contentieux administratif ou pénal, s'il n'a pas sollicité les autorisations de construire ou n'a pas respecté les prescriptions du PPR.

3. Présentation de la commune

3.1. CONTEXTE DE LA ZONE D'ETUDE

3.1.1. Situation géographique

L'ensemble du territoire communal de Salazie, d'une superficie de 103.8 km², se trouve dans le cirque du même nom situé au centre de l'île. C'est un des trois cirques avec Cilaos et Mafate à découper le massif du piton des neiges en trois dépressions coalescentes.

Les Communes limitrophes sont Saint-André, Bras-Panon, Saint-Benoît, Cilaos, La Possession, Saint-Denis, Sainte-Marie et Sainte-Suzanne.

En 2014 la commune comptait 7 132 habitants avec une densité de population de 68.7 habitants/km² (INSEE 2014). Entre 2009 et 2014 le nombre d'habitants a connu une variation annuelle moyenne de -0.8%.

L'économie repose à 45.2% sur le secteur tertiaire (commerce, transport, services divers) suivi par l'agriculture 28% (INSEE 2014).

La totalité du territoire communal fait partie du Parc National de La Réunion (principalement en zone d'adhésion à la Charte du Parc et cœur du Parc pour les remparts dominants). Le cirque de Salazie est également inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO.

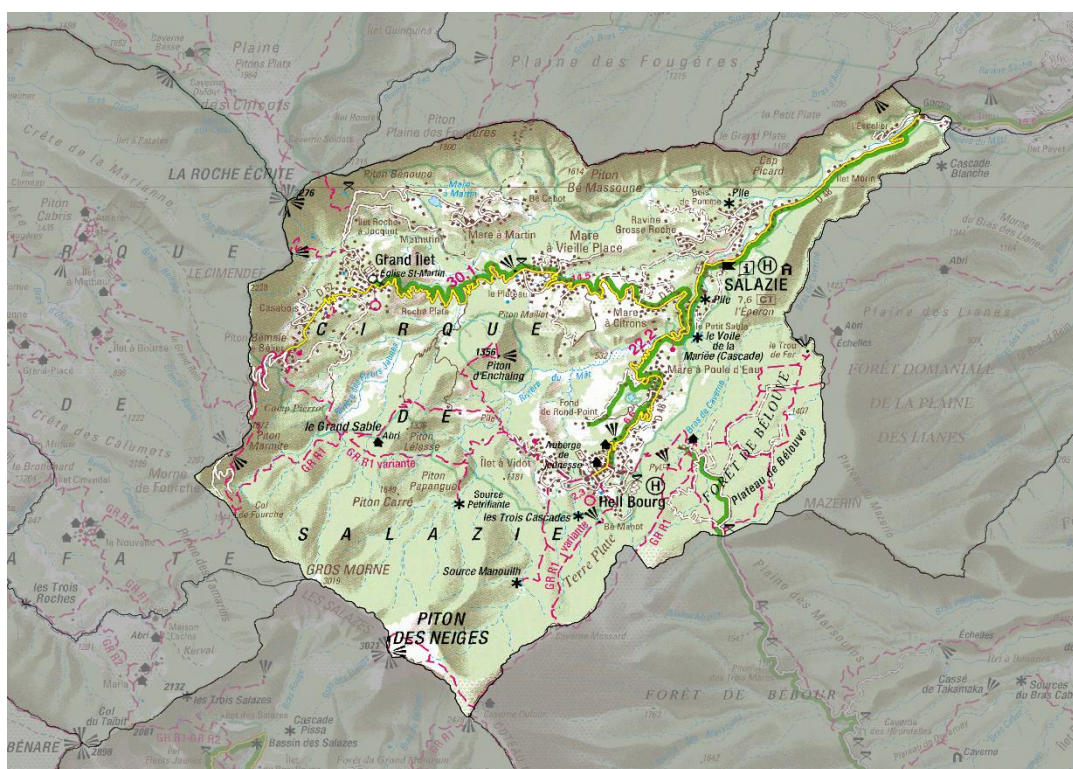


Figure 1 : Délimitation du territoire communal de Salazie (Fond ©IGN scan100®-2010)

La commune de Salazie appartient à la CIREST (Communauté Intercommunale Réunion Est).

La commune de Salazie est subdivisée en plusieurs îlets. Ces derniers correspondent à des lambeaux de plateaux délimités par des ravines encaissées et sur lesquels s'est installée la population. Hormis Salazie village situé à l'entrée du cirque au Nord-Est, les deux principaux villages sont Grand îlet à l'Ouest et Hell-Bourg au Sud-Est.

Le cirque est accessible par la RD48 qui se poursuit jusqu'à Hell Bourg. La RD52 permet d'accéder à Grand îlet. La route forestière du Haut Mafate permet la liaison avec le cirque de Mafate par le Col des Bœufs à l'Ouest de la commune. Aucune autre liaison routière existe avec les autres communes limitrophes qui sont accessibles depuis le cirque de Salazie par des sentiers de randonnée.

3.1.2. Contexte géomorphologique

De forme sensiblement circulaire et d'un diamètre voisin de 10 km, le cirque de Salazie correspond à une immense forme d'effondrement du Piton des Neiges, dont la morphologie a été façonnée au fil du temps par de nombreux épisodes volcaniques et par des phénomènes érosifs intenses. Salazie, tout comme les cirques voisins de Cilaos et Mafate, a une origine morpho-tectonique récente (Chevallier, 1979). Ainsi, les effondrements en masse à l'origine de la formation du cirque ont été guidés par les discontinuités découpant le massif, les masses effondrées étant par la suite remodelées par une érosion plus classique.

Etagé entre 230m et 3071m d'altitude (Piton des Neiges), la commune est délimitée de façon naturelle par les remparts du cirque. On trouve :

- au sud, le massif du Piton des Neiges et le cirque de Cilaos ;
- à l'est, le plateau de Bélouve sur lequel s'étend la forêt éponyme ;
- au nord, la plaine des Fougères ;
- à l'ouest, le cirque de Mafate

Salazie présente un paysage au relief très marqué où les ravines découpent le terrain en plateaux plus ou moins étendus.

3.1.3. Contexte climatique

Vent

A La Réunion, les vents dominants proviennent du secteur Est-Sud-Est (alizés), avec toutefois des variations saisonnières et localisées selon les facteurs orographiques et thermiques.

L'île de La Réunion est soumise à un régime d'alizés de Sud-Est. Durant l'hiver austral (mai à novembre), le courant d'alizé est généralement stable, induisant un temps relativement frais et sec. A l'inverse, pendant l'été austral, le déplacement vers le Sud de la zone de basses pressions intertropicales et l'éloignement de l'anticyclone de l'océan Indien affaiblissent les alizés et induisent un temps chaud, humide et pluvieux. C'est pendant cette saison que peuvent se former des dépressions, tempêtes et cyclones tropicaux.

Une des conséquences de cette situation est une pluviométrie exceptionnellement intense à La Réunion : l'île détient les records mondiaux de pluviométrie cumulée pour des durées allant de 3 h (500 mm) à 12 jours (6 000 mm).

Bien que protégé par de hauts remparts le cirque de Salazie possède la particularité d'avoir une entrée orientée vers l'Est. Cette situation a pour conséquence d'apporter des précipitations importantes sur le territoire communal.

Pluviométrie

Il résulte notamment du climat tropical humide régnant à La Réunion des cumuls pluviométriques exceptionnels au cours de l'été austral. Ces précipitations d'intensité, et parfois de durée, exceptionnelles constituent un élément moteur majeur dans de nombreux mouvements de terrain, dont une grande part se produit à l'intérieur des cirques ou à leur périphérie (remparts).

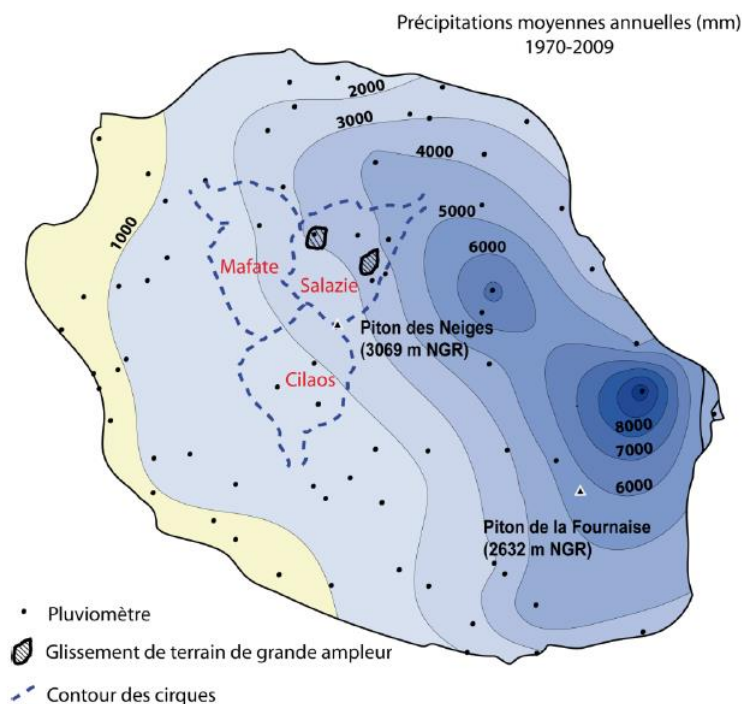


Figure 2 : Pluviométrie moyenne sur l'île de La Réunion (Météo-France, 2011)

Salazie est le plus arrosé des trois cirques de La Réunion, ses remparts Ouest et Sud constituant l'ultime barrière pour les systèmes dépressionnaires arrosant périodiquement, et abondamment, l'Est et le Nord de l'île (au-delà de ces remparts commence « la côte sous le vent »). Salazie connaît ainsi un régime de précipitations très marqué (moyennes annuelles comprises entre 2,5 m et 5 m³ suivant la localisation dans le cirque) et constitue un des secteurs de La Réunion les plus exposés aux épisodes cycloniques. Afin d'illustrer les fortes précipitations observées dans le cirque de Salazie, le tableau ci-dessous présente les médianes des cumuls annuels de précipitations mesurées dans quatre stations Météo France implantées dans le cirque ou en bordure immédiate (BRGM/RP-51127-FR, 2001).

Station	Altitude	Médiane des cumuls annuels
Bélouve	1500 m	2966 mm (série 1956-2000)
Hell-Bourg	980 m	2959 mm (série 1952-2000)
Mare à Vieille Place	880 m	2476 mm (série 1990-2000)
Salazie village	476 m	3028 mm (série 1996-2000)

Tableau 3 : Synthèse des données Météo France dans les 4 stations en service dans le cirque (source BRGM/RP-51127-FR, 2001)

³ Ces cumuls annuels moyens, bien que remarquables - restent modestes par rapport à ceux des flancs est du Massif du Piton de la Fournaise et de la zone de Takamaka (pluviométrie moyenne annuelle supérieure à 6000 mm, avec des valeurs supérieures à 10000 mm).

Au-delà des cumuls annuels qui varient de 2500 à 5000 mm selon les années, les pluies journalières peuvent être particulièrement importantes et conditionnent souvent les cumuls mensuels voire annuels. Ces fortes pluies journalières observées dans le cirque de Salazie sont souvent associées à des cyclones durant la saison des pluies.

Le cyclone Hyacinthe (janvier 1980) illustre l'impact des phénomènes cycloniques sur les cumuls de pluies enregistrés. Ce cyclone majeur fut à l'origine de désordres importants non seulement à Hell-Bourg et dans le cirque de Salazie, mais plus largement sur une grande partie de l'île. Il constitue l'épisode cyclonique le plus marquant de ces cinquante dernières années. Hyacinthe fut exceptionnel à la fois par l'importance des cumuls pluviométriques et par la durée de son influence sur La Réunion. Il a ainsi été enregistré à Grand Ilet (situé à 5 km environ au Nord-Ouest d'Hell-Bourg) un cumul de **5240 mm au cours de la seconde quinzaine de janvier**, pour un cumul annuel cette année-là inférieur à 7000 mm.

Janvier 1980	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Total
Station de Grand Ilet	3	94	172	171	240	164	160	391	360	858	706	1044	877	5240
Station d'Hell-Bourg	28	27	222	240	299	256	191	138	388	400	358	407	581	3535

Tableau 4 : Pluies quotidiennes du 15 au 27 janvier 1980 (Pinchinot, 1984)

Alors que la pluviométrie horaire ou quotidienne est restée forte mais sans être exceptionnelle en terme d'intensité (100 mm maximum sur une heure - période de retour estimée entre 30 ans et 50 ans par Sogreah, 2000), c'est la durée de l'épisode pluvieux intense qui a conféré au phénomène une ampleur majeure (plus de 5200 mm en 13 jours).

On peut citer d'autres tempêtes ou cyclones ayant généré de forts cumuls de précipitation sur le cirque de Salazie (sur quelques jours) :

- CLOTILDA (février 1987) : 2500 mm sur Grand Ilet en 6 jours, dont 1040 mm en 24 heures ;
- DIWA (mars 2006) : 1325 mm sur Grand Ilet en une journée, le 5 mars 2006.

Les précipitations journalières maximales observées dans le cirque de Salazie peuvent être relativement conséquentes (au-delà de 1000 mm/j pour les plus fortes mesurées). La comparaison entre les pluies journalières maximales observées sur les 6 stations météorologiques installées sur la commune de Salazie, depuis leur ouverture, ainsi que l'analyse des cumuls de pluies caractéristiques confirment l'incidence des fortes pluies journalières sur les cumuls annuels mais également le contraste de pluviométrie selon l'altitude à l'échelle du cirque.

Station	Altitude (m NGR)	Nombre de jours moyen (période 1981-2010) où le cumul de pluie (en mm) est ≥ à				Maximum absolu quotidien depuis l'ouverture	
		1	10	50	100	Valeur (en mm)	Date
Mare à Vieille Place	870	138,4	49,9	13,7	6,3	1237,2	04/02/1998
Grand Ilet	1185					1324,5	05/03/2006
Salazie Village	476					1315,6	04/02/1998
Gîte de Bélouve	1500	175,2	60,2	14,3	7,4	1688,8	28/02/1964
Ilet à Vidot	940					742,9	25/02/2007
Hell Bourg	975	173,6	54,3	12,6	5,6	1132,6	22/01/2002

Tableau 5 : Cumul de pluie moyen par jours entre 1981 et 2010 (source : Bulletin climatologique 2016 – Météo France)

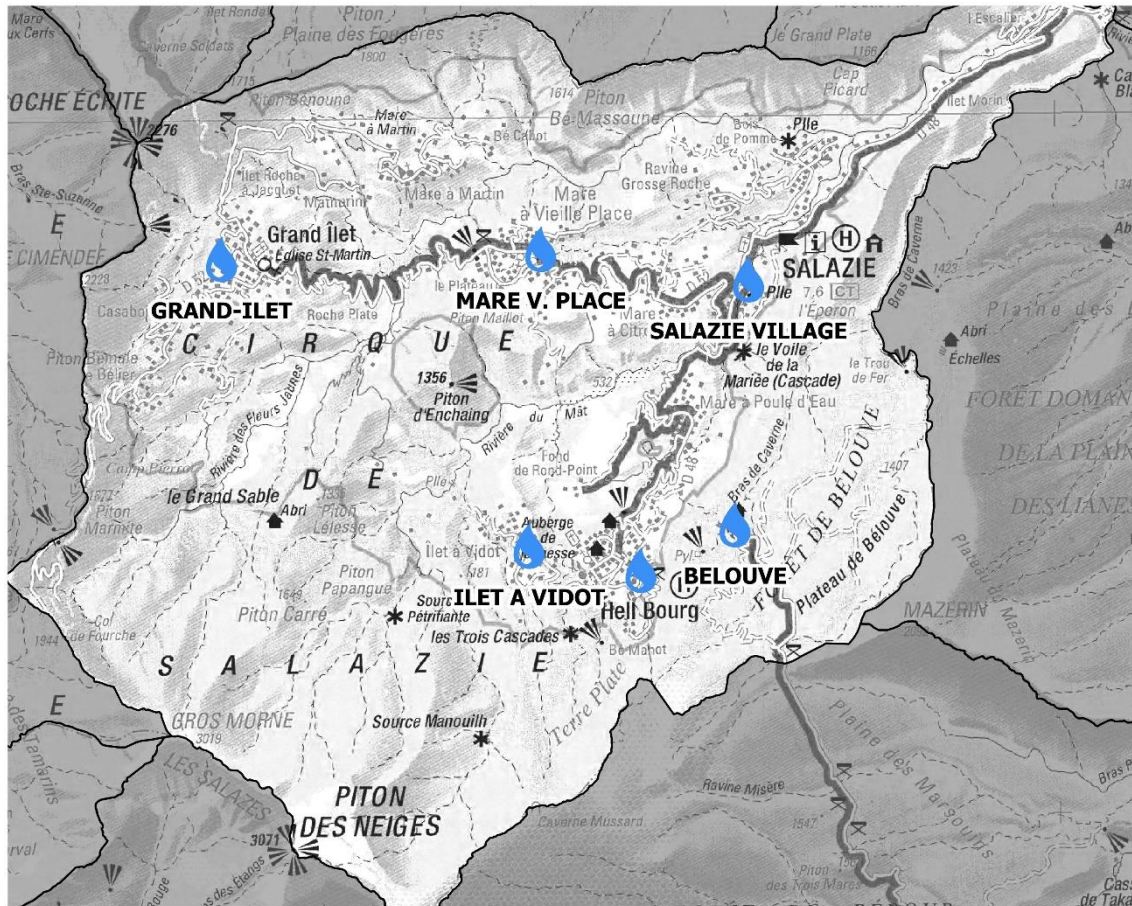
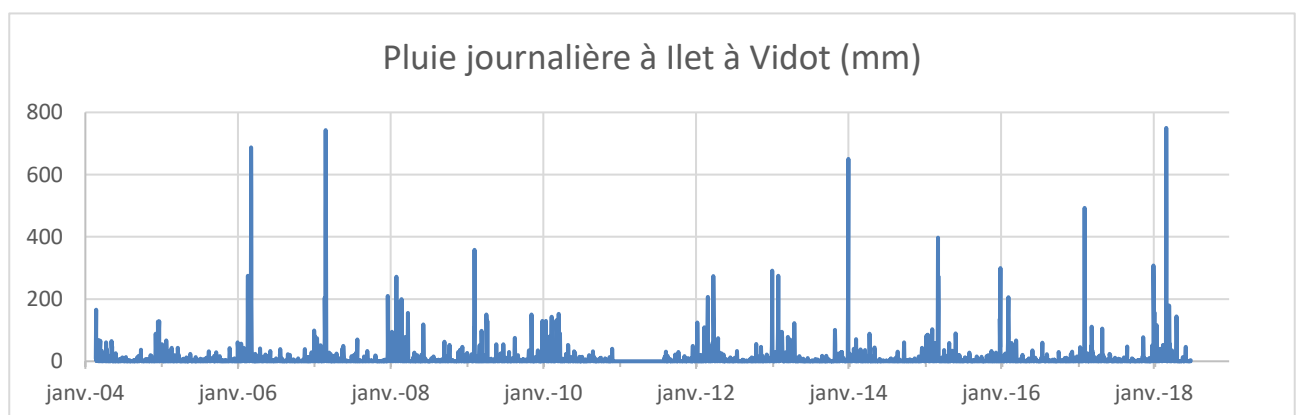


Figure 3 : Localisation des stations météorologiques dans le cirque de Salazie (©IGN Scan100® - 2010)

La comparaison des pluies journalières enregistrées aux stations de Grand Ilet et d'Ilet à Vidot (cf. Figure 4) sur la période de 2004 à 2018, confirme l'incidence des pluies journalières mais également les variations spatiales pouvant être observées (lors de Diwa notamment) :

- DIWA (mars 2006) : 1325 mm/j à Grand Ilet contre 687 mm/j à Ilet à Vidot (près de la moitié) ;
- GAMEDE (février 2007) : 725 mm/j à Grand Ilet contre 743 mm/j à Ilet à Vidot (équivalente) ;
- BEJISA (janvier 2014) : 650 mm/j à Grand Ilet contre 650 mm/j à Ilet à Vidot (équivalente).



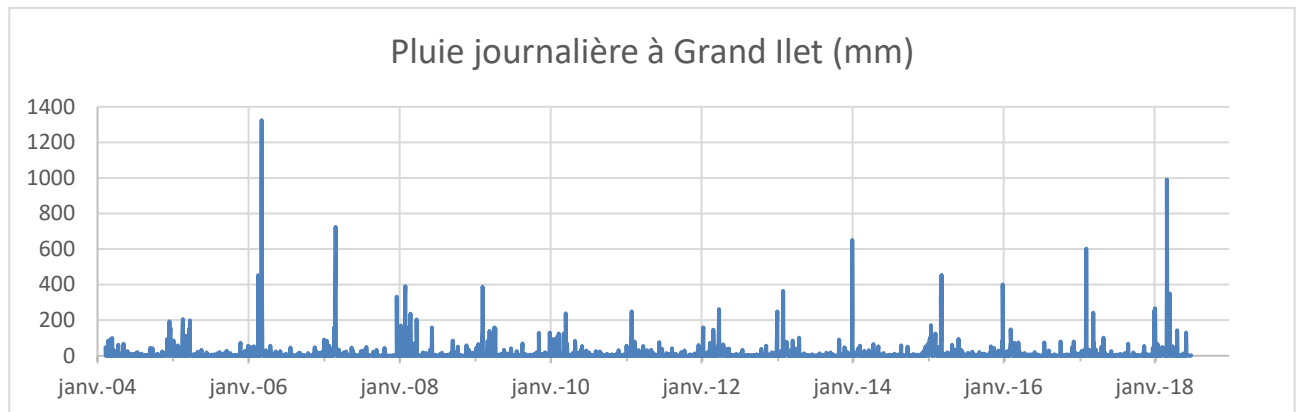


Figure 4 : Comparaison des pluies journalières enregistrées sur des postes pluviométriques installés à Grand Ilet et Ilet à Vidot (pluviomètres installés dans le cadre du programme de recherche MVTerre1, suivis par MétéoFrance)

Enfin, au-delà d'un seuil de l'ordre de 50 mm de précipitations journalières il peut être estimé, en règle générale, que le sol a atteint sa capacité limite d'infiltration, provoquant ainsi le phénomène de ruissellement. Pour les stations de Salazie pour lesquelles ces données sont disponibles, sur les 30 années de suivi (cf. Figure 3), les précipitations ont ainsi provoqué des ruissellements en moyenne 12 à 14 jours par an. Ces ordres de grandeurs sont toutefois à prendre avec précaution selon la nature du sol qui peut influencer significativement les conditions de ruissellement (imperméabilisation anthropique, nature des formations en place).

L'analyse des données de pluies, confirme la variation temporelle des pluies et dans une moindre mesure la variation spatiale à l'échelle du cirque de Salazie.

Les précipitations peuvent donc être très fortes, avec des cumuls journaliers pouvant atteindre des valeurs très fortes (jusqu'à 1600 mm par jour selon les stations suivies), notamment lors du passage d'évènement cyclonique et qui conditionnent les cumuls annuels. Ces derniers, pour le territoire de Salazie et d'après les données à disposition, présentent des valeurs fortes sans être les plus importantes comme celles observées à proximité dans certaines régions de La Réunion (secteurs de Takamaka et les flancs du Piton de La Fournaise notamment (cf. Figure 2)).

Ces précipitations intenses ont des conséquences sur les possibilités d'occurrence des phénomènes non seulement d'inondations mais également de mouvements de terrain, qui se produisent principalement durant les mois de décembre à avril, correspondant à la période des pluies (période cyclonique). Les phénomènes climatiques extrêmes (cyclones majeurs à temps de retour décennal), au cours desquels les équilibres naturels sont poussés à leur limite, sont par ailleurs à l'origine du déclenchement de nombreux mouvements de terrain (statistiquement - sur une centaine d'années - l'île de la Réunion est concernée par un cyclone tous les deux ans).

D'autre part, si l'augmentation de la fréquence des mouvements de terrain coïncide avec l'arrivée d'un cyclone, le retour à la normale ne coïncide jamais avec son départ. De nombreux terrains sont déstabilisés (perte de cohésion, petits glissements, phénomènes de ravinement) et se retrouvent en position d'équilibre extrêmement précaire. La plupart des ruptures se produisent bien pendant le paroxysme de la crise climatique, mais certains désordres n'apparaissent que dans les semaines voire les mois qui suivent.

3.1.4. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de Salazie compte 3 cours d'eau pérennes :

- La Ravine Roche à Jacquot affluent de la Rivière Fleurs Jaunes ;
- La Rivière Fleurs Jaunes affluent de la Rivière du Mât ;
- La Rivière du Mât exutoire du bassin versant de la commune de Salazie.

Les autres ravines sont des cours d'eau temporaires qui n'entrent en fonctionnement qu'en cas de fortes pluies. La forte pluviométrie observée dans le cirque de Salazie associée au relief marqué génère un réseau hydrographique particulièrement dense sur la commune et contribue lors d'épisodes pluvieux intenses à créer un débit important sur les rivières pérennes. Ce réseau de ravines contribue à l'érosion très active à laquelle est soumis le cirque de Salazie.

Les ravines du cirque de Salazie présentent généralement des lits encaissés favorisant le développement de l'érosion lors des crues.

Afin d'illustrer le caractère torrentiel du régime d'écoulement des ravines du cirque de Salazie, les caractéristiques hydrologiques et hydrauliques de la Rivière du Mât, définies dans l'étude hydrogéomorphologique de la Rivière du Mât (rapport BRGM/RP-56364-FR de février 2008⁴), sont les suivantes :

- surface du bassin versant estimée à 146 km² à l'exutoire dont l'intégralité de la surface de la commune de Salazie (103,8 km²) au pont de l'escalier (point bas de la commune) ;
- des débits instantanés importants : **1635 m³/s pour le débit décennal jusqu'à 2865 à 3300 m³/s pour le débit centennal** ;
- des temps de concentration très courts (environ 4h) ;
- des volumes d'eau écoulés pouvant être considérables selon la durée des épisodes de crue : 160 millions de m³ estimés lors du passage de Gamède en 2007 ;
- un débit de 300 m³/s dépassé en moyenne durant 24h par an ;
- un fort transport solide, difficile à quantifier précisément. Les matériaux arrachés par l'érosion sont transportés jusqu'à l'exutoire. Pas ou très peu de dépôts alluviaux se produisent dans le cirque.

⁴ Stollsteiner Ph. - collab. Aunay B. (2008) – Etude hydrogéomorphologique de la Rivière du Mât et propositions de solutions de gestion. Rapport BRGM RP-56364-FR ; 72 p.

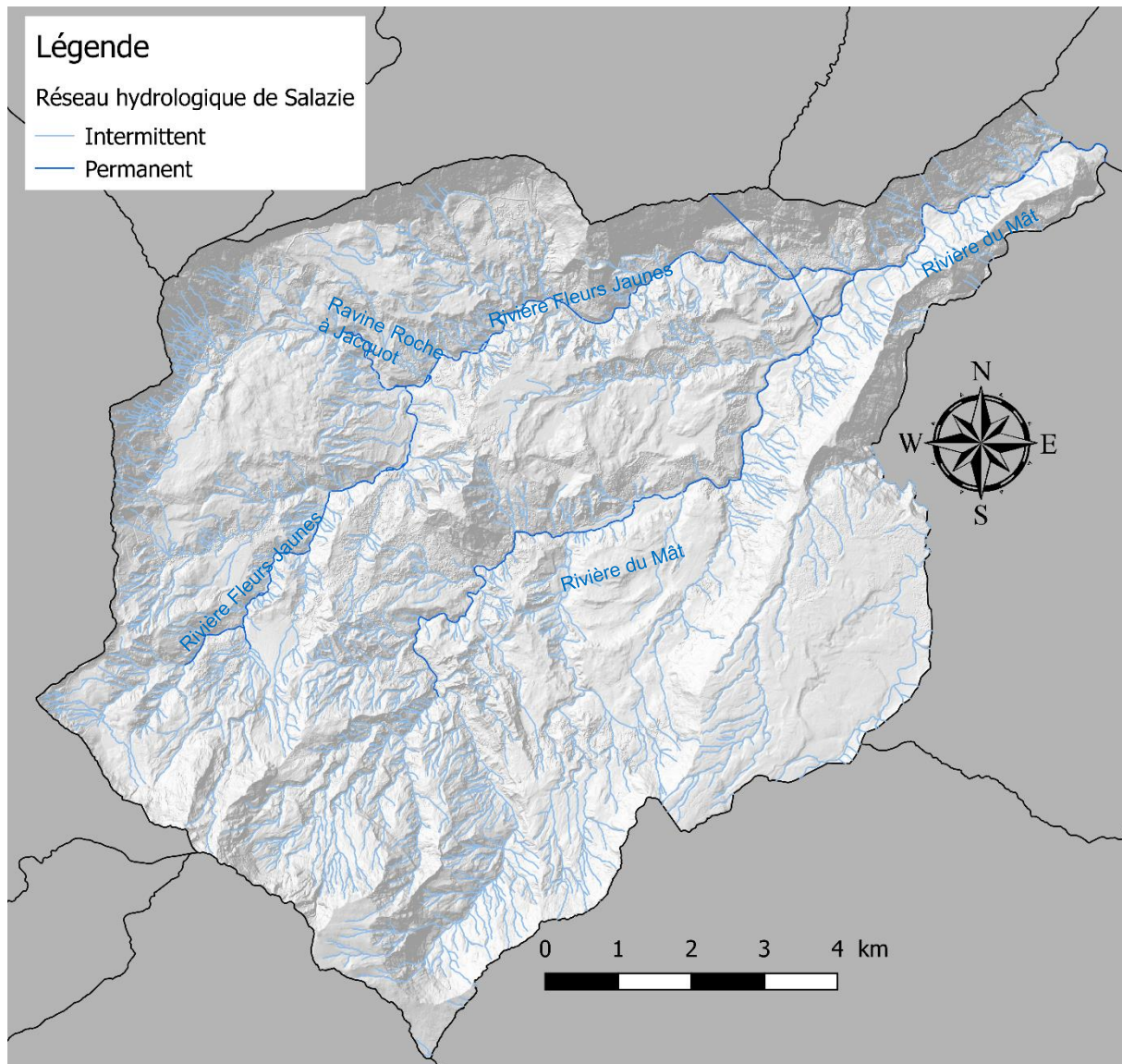


Figure 5 : Réseau hydrographique de Salazie (ombrage issu du Lidar 2015 ©Région Réunion)

3.1.5. Contexte géologique

Le cirque de Salazie s'inscrit dans le contexte géologique du massif du Piton des Neiges. Le cirque de Salazie est l'une des trois vastes dépressions, de forme quasi circulaire, du Piton des Neiges.

Le cirque est entouré d'imposants « remparts » (grandes parois de plus de 1000m de dénivelé), de grande hauteur et de forte pente. Au fond du cirque, des matériaux de remplissage (appelés brèches) sont présents suivant des épaisseurs de remplissage parfois très importantes (plusieurs centaines de mètres). L'origine de ces formations détritiques, est multiple (volcaniques, d'effondrement, de glissement, d'éboulis, voire alluvionnaire) et illustre l'histoire géologique de formation des cirques. Le faciès de ces brèches est également varié, pouvant être consolidé, induré, assurant la tenue sur de fortes pentes de certains talus et/ou parois ou plutôt meuble et sensible à l'érosion.

Les remparts bordant le cirque sont composés quant à eux des formations volcaniques issues des différentes phases d'activité du Piton des Neiges.

Les trois cirques du Piton des Neiges ont fait l'objet de multiples travaux géologiques. Récemment, dans le cadre du programme de recherche MvTerre, une carte géologique des 3 cirques dont Salazie a été publiée au 1/25 000 (Lacquement, Nehlig, Chevalier, Jacques, 2011). Des extraits de la publication dans le revue Géologie de France n°1, 2014 sont valorisés dans le présent chapitre⁵. Un extrait de la carte géologique à l'échelle du cirque de Salazie est présentée en Figure 6.

Les formations effusives

Phase I, les « océanites anciennes »

La phase I correspond aux plus anciennes formations visibles à l'affleurement < 2.1 Ma. Elles sont essentiellement affleurantes dans le fond des cirques et de certaines grandes rivières. Les lithologies la constituant sont hétérogènes, avec des basaltes aphyriques, des basaltes à olivine et des océanites. Elles présentent généralement une forte altération et une zéolitisation

Deux grandes familles de formations peuvent être distinguées à l'intérieur de cette phase : les formations correspondant à des empilements de coulées préservées (phase de construction), et celle associées au processus de démantèlement. Ces dernières se présentent sous forme de matériaux bréchiques fortement indurés, avec des éléments anguleux centimétriques à décimétriques, contenus dans une matrice fine.

Phase II, les « océanites récentes »

Cette deuxième phase correspond aux coulées émises durant la période de 2.1 Ma à 430 ka qui ont permis progressivement de constituer l'essentiel du volcan bouclier. Elle est décrite comme un empilement de coulées basaltiques dont les textures, associées à leur mise en place, sont préservées. Les lithologies rencontrées sont des basaltes aphyriques, des basaltes à olivine et des océanites. Ces coulées peuvent être localement zéolitisées à la base de la série. L'épaisseur totale de ces formations atteint plusieurs centaines de mètres d'épaisseur et constitue, en majorité, la partie inférieure des remparts.

La distinction principale entre les formations anciennes et récentes correspond donc au degré d'altération et de zéolitisation des faciès observés.

Le stade « différencié », de 340 ka à 12 ka »

La transition entre le stade basaltique et le stade différencié est associée à une phase de calme éruptif du Piton des neiges, de 430 à 340 ka. Cette période de faible activité volcanique correspond à la transition entre le stade basaltique et le stade différencié. Une telle phase est interprétée comme l'arrêt de l'alimentation du volcan par les apports du point chaud mantellique. Le rôle de l'érosion est alors prépondérant, permettant la formation de paléocirques et des incisions des grandes ravines.

De 340 à 200 ka, puis de 180 à 12 ka, l'activité du Piton des Neiges reprend avec l'émission de laves différenciées, comme les basaltes plagioclasiques, les hawaïtes et les mugéarites. Des trachyte (Grand Ilet et Bélouve) se sont mis en place dans le cirque de Salazie à cette période, notamment lors des dernières phases éruptives du Piton des Neiges (plateau de Bélouve, 29ka).

⁵ Carte géologique des cirques du Massif du Piton des Neiges (Île de La Réunion, France). F. Lacquement et P. Nehlig (BRGM). Géologie de la France, n° 1, 2014, p. 67-110, 30 fig., 1 carte h.t.

Les formations pyroclastiques

Des brèches pyroclastiques et des ignimbrites se sont mises en place au cours de cette phase éruptive (180 000 ans à +/- 25ka).

Les ignimbrites affleurent à l'entrée du cirque de Salazie après le pont de l'Escalier, suivant des épaisseurs de l'ordre de 100 m, de forme prismé, visible dans le rempart dominant la RD48 en direction de Salazie. Ce dépôt pyroclastique très compact forme un placage correspondant au remplissage d'une ancienne vallée. Il s'agit de brèche renfermant des fragments de laves différenciées, le tout englobé dans une matrice cendreuse couleur chocolat.

Les formations de démantèlement

Le démantèlement du volcan s'opère par des glissements et des effondrements partiels. Les volumes peuvent parfois atteindre plusieurs kilomètres cubes. Ils sont à l'origine de la mise en place de brèches dont la nature dépend du mode de dépôt et des formations qu'elles remanient. La plupart des dépôts sont récents, il existe cependant des brèches interstatifiées au sein des séries laviques et pyroclastiques, indiquant que les phénomènes de déstabilisation en masse sont des processus récurant au sein de l'édifice.

A La Réunion, les phases de démantèlement ont fait l'objet de nombreuses études, que ce soit en termes de processus ou de dépôts associés. Dans le cadre de la thèse d'Arnaud (2005), les caractéristiques texturales, structurales, pétrographiques et sédimentologiques ont été déterminées pour ces formations. Plusieurs processus de dépôts ont pu être distingués sur la base de ce travail :

- Les processus superficiels, liés soit à des écoulements gravitaires saturés (type coulées de débris ou lahars), soit à des effondrements de parois et de chutes de pierre (éboulis, colluvions)
- Les processus profonds de type déstabilisation de flanc (avalanche de débris)

Du point de vue textural, les brèches au sens large sont caractérisées par des faciès très grossiers, peu ou mal classés. Ce sont généralement des blocs de tailles variables décimétriques à pluridécamétriques (on parle alors de méga-bloc), contenus dans une matrice sableuse à graveleuse. Ces faciès sont, en outre, caractérisés par une forte hétérogénéité spatiale au sein d'un même dépôt, avec notamment des proportions variables entre le volume de matrice et celui de blocs. Les glissements de terrain de grande ampleur du cirque de Salazie affectent ces dépôts.

Chronologie et cartographie des événements sur le secteur de Salazie

Plusieurs événements de déstabilisation majeurs (cf. Figure 6) ont été individualisés suite à l'étude cartographique des formations bréchiques dans le cirque de Salazie (Arnaud, 2005) :

- Les brèches noires dans le cirque de Salazie (entre 950 et 580 ka) ;
- L'événement de Grand Ilet (entre 580 et 450 ka) ;
- L'événement de Mare à Poule d'Eau, durant le stade différencié (âge inférieur à 95,5 ka) ;
- L'événement d'Ilet à Vidot (moins de 95 ka), postérieur à celui de Mare à Poule d'eau.

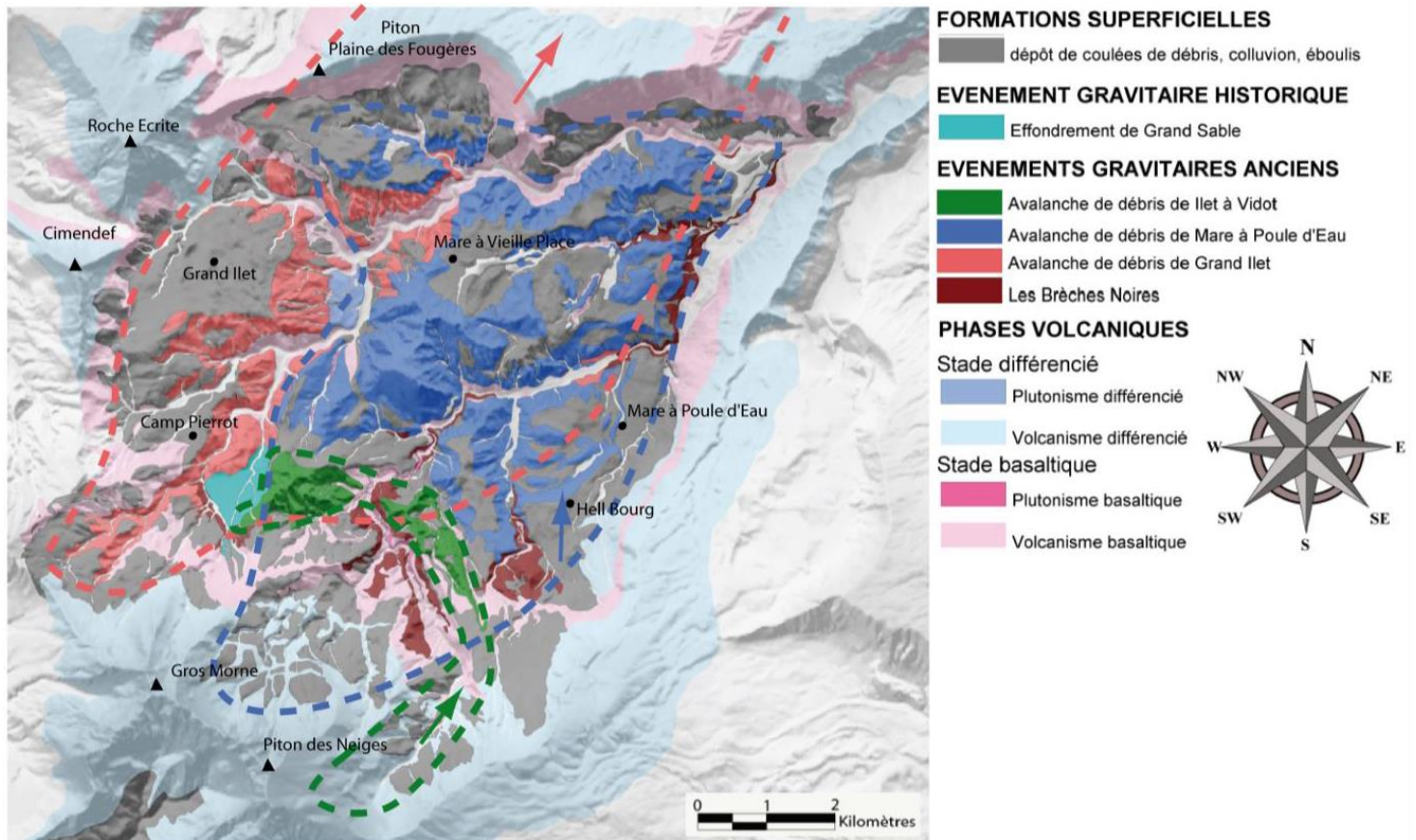


Figure 6 : Cartographie des dépôts d'avalanche de débris et direction de mise en place dans le cirque de Salazie (Arnaud, 2005)

Les mécanismes à l'origine de ces grandes déstabilisations sont généralement multiples, et leurs actions combinées. Les facteurs d'instabilité ayant été reconnus sont l'augmentation des contraintes par surcharge, l'infiltration des eaux de surface, l'altération hydrothermale, l'activité sismique, ou encore l'injection de magma dans les rift zones sous forme de dykes.

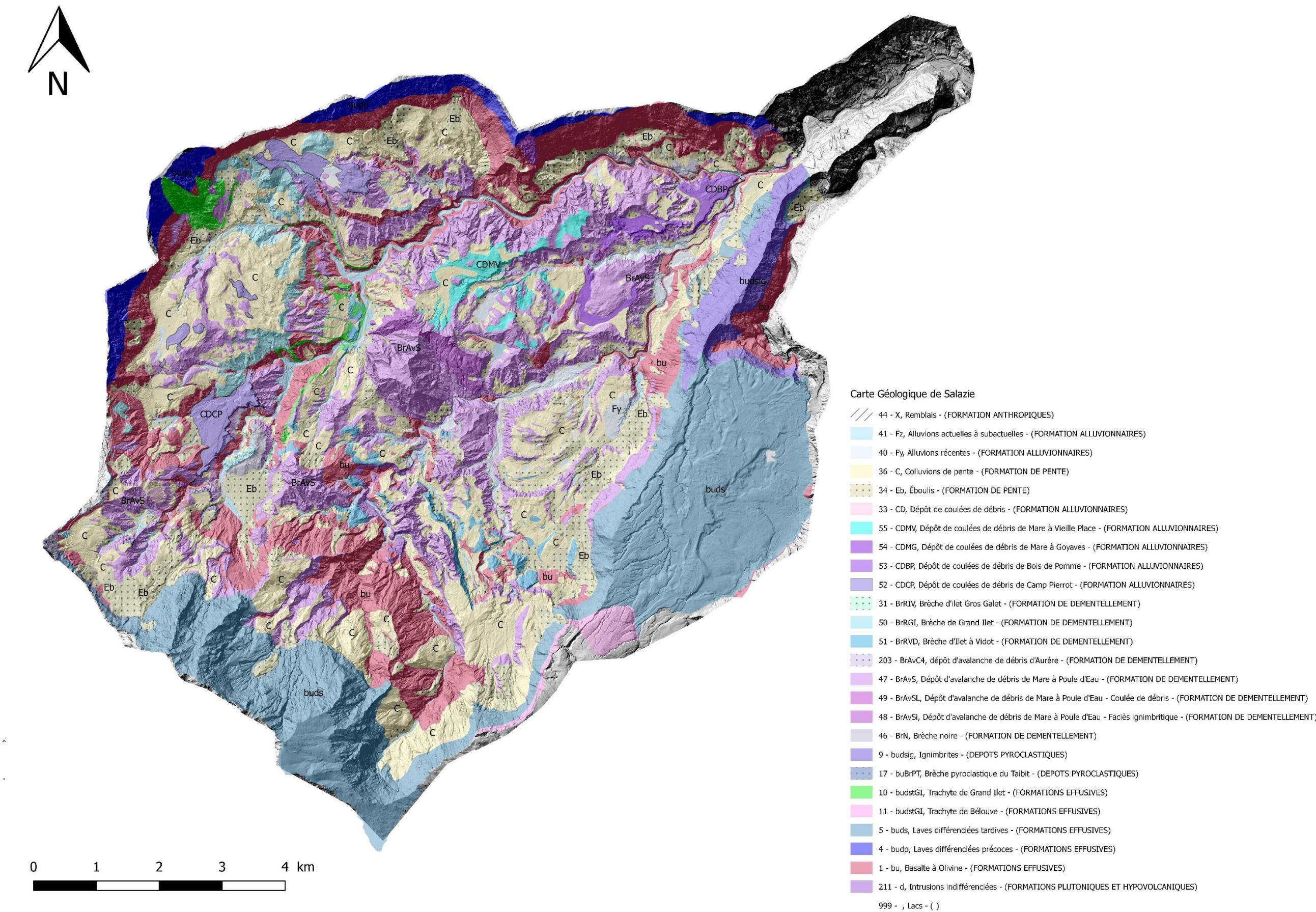


Figure 7 : Extrait de la carte géologique des trois cirques au 1/25000 (Lacquement et al. , 2011) – cirque de Salazie

3.2. ENJEUX ET VULNERABILITE

La commune de Salazie est la commune la plus sensible aux risques naturels de l'île. Les caractéristiques climatiques, hydrologiques et géologiques décrites précédemment favorisent la formation de mouvements de versants pouvant être de très grande ampleur et dont les conséquences sont parfois mortelles pour la population.

La morphologie du cirque a contraint cette dernière à se concentrer sur les plateaux du cirque, en particulier les principaux lieux suivants :

- Salazie village ;
- Mare à Citrons ;
- Mare à Vieille Place ;
- Grand Ilet ;
- Hell Bourg.

Du fait des contraintes topographiques, la densité de population sur la commune est faible (68.7 habitants/km²). Les lieux habités sont toutefois regroupés en « poches » d'habitat relativement dense. A titre d'exemple, sur le secteur de Grand Ilet environ 1200 habitants sur 5 km² sont recensés soit une densité de 240 habitants/km².

D'une population de 7406 unités en 2009, Salazie a vu ce chiffre diminuer de 3.7% en 5 ans. Cependant, le nombre de logement a lui augmenté de 8.5% pour atteindre 2987 unités en 2017 dont 81% de résidences principales, ce qui traduit une volonté d'urbanisation de la commune et une pression foncière existante sur la commune de Salazie.

	1968	1975	1982	1990	1999	2007	2009	2014
Population	7105	6462	6467	7004	7400	7181	7406	7132
Densité moyenne (hab/km ²)	68.44	62.24	62.29	67.46	71.28	69.17	71.34	68.70

Figure 8 : Evolution de la population de Salazie (source : ©I.N.S.E.E.)

Outre le bâti, les principaux enjeux qui ont été répertoriés et cartographiés dans la carte des enjeux présentés en annexe 3 du projet de PPR ainsi que dans la cartographie des aléas mouvements de terrain et inondation sont les suivants :

- les services de sécurité et de secours (gendarmerie, caserne de pompiers, cliniques et hôpitaux) ;
- les espaces communaux, les Z.A.C., les zones d'insalubrité (R.H.I.) ;
- les voies de circulation (RD52, RD48) ;
- le réseau d'Adduction d'Eau Potable (captages, stations de traitement) ;
- les établissements d'enseignement (écoles, collèges, lycées) ;
- les bâtiments administratifs (mairie principale et mairies annexes) ;
- les autres établissements recevant du public (crèche, bibliothèque, équipements sportifs) ;
- les zones agricoles et naturelles.

L'occupation du sol est caractérisée par une importante activité agricole qui représente un enjeu économique majeur. Le milieu physique naturel qui couvre le reste du territoire communal représente un enjeu environnemental et est notamment caractérisé par son inscription au patrimoine mondiale de l'UNESCO pour les remparts bordants le cirque.

Le cirque de Salazie est intégré dans l'emprise du Parc National de la Réunion, principalement dans la zone d'adhésion pour les espaces urbanisés situés au cœur du cirque. Le cœur du Parc National de la Réunion représente environ 52 km² au sein du cirque de Salazie, principalement au droit des remparts entourant le cirque et de la forêt de Bélouve.

La forêt départemento-domaniale du Cirque de Salazie d'une surface de près de 45 km² constitue également un enjeu important du cirque.

4. Historicité et caractérisation des phénomènes naturels

4.1. PHENOMENES HISTORIQUES

L'ensemble des événements recensés ayant affecté par le passé le territoire communal de Salazie est reporté en annexe 2 du dossier PPR (cartes des phénomènes historiques inondations et mouvements de terrain). Cette connaissance historique est principalement issue de l'analyse d'archives, notamment des revues de presse (cf. annexe 1 du dossier PPR : revue de presse de la DDE : « Salazie dans la tourmente »), des articles de journaux et de la base de données nationale sur les mouvements de terrain gérée nationalement par le BRGM (BDMVT, <http://www.georisques.gouv.fr/>). Quelques éléments sur les événements les plus marquants sont donnés ci-après :

Mouvement de terrain

1875

Ensevelissement du hameau de Grand Sable sous 18 millions de m³ de terrain, 62 victimes

1980 Hyacinthe

Grand Ilet

Le passage du cyclone Hyacinthe provoque des fissurations sur le plateau de Grand Ilet ainsi qu'une coulée de boue qui fera 10 victimes à Roche Plate

Eboulis étalés sur une largeur d'environ 200m entre la ravine Casabois et le pied du rempart, entre 30 et 50 millions de m³ de matériaux

Mare à Goyaves

Endommagement de la route d'accès et débordement de la mare

Mare à Poule d'Eau

Débordement du bras des Demoiselles : destruction de plusieurs maisons et glissement de terrain emportant la RD48 et comblant partiellement la mare en contrebas

1987

Route et habitations emportés à Hell Bourg lors du Cyclone Clotilda, 20 millions de m³ de terrain.

2007

Effondrement dans la rivière Fleurs Jaunes de la RD52 lors du passage du cyclone Gamède

2014

Serres et habitations menacées par un glissement de 75 000 m² survenu dans le secteur de la ravine Roche à Jacquot lors du passage du Cyclone Béjisa

Sources d'information : articles de presses, rapports BRGM

Inondation

1998

Crue générale à Mare à Vieille Place, épisode pluvieux extrême (422mm en 3h).

1 décès causé par le franchissement d'un radier, débordement des mares.

2002

Averses majeures lors du cyclone Dina, forte crues des ravines du cirque provoquant le débordement des mares

2006

800mm en 72h lors du cyclone Diwa causant des crues et le débordement des mares

Sources d'information : articles de presses

4.2. ARRETES DE CATASTROPHES NATURELS

Depuis 1993, 12 arrêtés de catastrophes naturelles ont été recensés sur la commune. Le tableau ci-après en présente la liste :

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	18/01/1993	20/01/1993	18/05/1993	12/06/1993
Inondations et coulées de boue	12/02/1993	14/02/1993	14/06/1993	27/06/1993
Inondations et coulées de boue	27/02/1993	03/03/1993	07/10/1993	24/10/1993
Inondations et coulées de boue	10/02/1994	12/02/1994	12/04/1994	23/04/1994
Inondations et coulées de boue	04/02/1998	05/02/1998	26/05/1998	11/06/1998
Inondations et coulées de boue	24/02/1998	25/02/1998	26/05/1998	11/06/1998
Inondations et coulées de boue	22/01/2002	23/01/2002	08/04/2002	18/04/2002
Mouvements de terrain	22/01/2002	23/01/2002	08/04/2002	18/04/2002
Inondations et coulées de boue	17/02/2006	18/02/2006	10/11/2006	23/11/2006
Inondations et coulées de boue	04/03/2006	06/03/2006	10/11/2006	23/11/2006
Inondations et coulées de boue	25/02/2007	26/02/2007	23/03/2007	28/03/2007
Inondations et coulées de boue	02/01/2014	03/01/2014	17/01/2014	18/01/2014

Tableau 6 : Liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sur la commune de Salazie – mise à jour de septembre 2018 (source : <http://www.georisques.gouv.fr/>)

Les ouvrages généraux de Météo-France (Soler, 1997 et Mayoka, 1998), indiquent les cyclones majeurs ayant concernés La Réunion depuis 1980 (cf. 8).

Cyclones	Passage au plus près des côtes réunionnaises	Pression minimale (hPa)	Vents max (Km/h)	Hauteur de houle
Gamède (23/02-28/02/2007)	230 km au Nord et à l'Ouest des côtes	935	137 (au Port)	H _{Max} : 11,7 m à la Pointe du Gouffre
Gafilo (02/03 -15/03 2004)	720 km au Sud de l'île	898	260	H _{1/3} : 4 au Port-Est 4,7 m à la Pointe du Gouffre
Hary (06/03 -13/03 2002)	371 km au Sud-Ouest de l'île	905	> 220	H _{1/3} : 5,3 m au Port-Ouest 4,5 m au Port-Est 4,3 m à la Pointe du Gouffre
Dina (17/01-26/01 2002)	65 km au Nord-Nord-Ouest de l'île	910	>180 (sur le littoral)	H _{1/3} : >3,5 m au Port-Ouest >3,4 m au Port-Est >4,2 m à la Pointe du Gouffre
Hollanda (06/02-15/02 1994)	20 km à l'Est de Saint-Philippe	940	150	-
Colina (14/01-21/01 1993)	Sur l'île le 19 janvier	970	> 140	-
Firinga (25/01- 07/02 1989)	Sur l'île le 29 janvier à Saint Benoît, ressort au niveau du Port	954	> 140	-
Clotilda (09/02- 22/02 1987)	Sur l'île le 13 février	970	> 120	H _{1/3} : 2,28 m au Port-Ouest.
Hyacinthe (Janvier 1980)	70 km au Sud de l'île	978 (au Port)	137 (à Gillot)	-

Tableau 7 : Liste des cyclones notables selon Météo-France

4.3. CARACTERISATION DES PHENOMENES MOUVEMENTS DE TERRAIN

D'une manière générale, un mouvement de terrain est une manifestation du déplacement gravitaire de masses de terrain déstabilisées sous l'effet de sollicitations naturelles (pluviométrie anormalement forte...) ou anthropiques (terrassement, déboisement, exploitation de matériaux ou de nappes aquifères...).

Sont distinguées classiquement 6 types de mouvements de terrain : chutes de pierres et blocs, glissements de terrain, coulées de boue et laves torrentielles, érosion, affaissements et effondrements (liés à des cavités souterraines), fluage (déformation lente de couches plastiques en profondeur). Ces types de phénomène sont ceux retenus dans le guide méthodologique d'élaboration des PPR mouvements de terrain (M.A.T.E. et M.E.T.L., 1999).

Les types de mouvements de terrain recensés sur le territoire de la commune de La Possession sont :

- les chutes de pierres ou de blocs et les éboulements (symbole P) ;
- les glissements de terrain et coulées de boue associées (G) ;
- les érosions de berge (E) ;
- le ravinement, l'érosion des sols (E).

Vis-à-vis des principales formations géologiques rencontrées à La Réunion, on peut identifier trois principales catégories de terrain, pour lesquelles les types de phénomènes naturels à risques associés et les critères d'évaluation d'aléas varient sensiblement :

Type de terrain	Exemple de formations géologiques	Phénomène naturel associé
Roche	Basalte, trachyte, lahars ...	Chute de blocs / Eboulements
Roche altérée et terrains meubles indurés	Tufs, altérites peu évoluées, alluvions indurées ...	Chute de blocs / Eboulements à Glissement de terrain Erosion / ravinement
Terrain meuble	Remblais, alluvions, colluvions, éboulis, altérites évoluées, formation de plage ...	Glissement de terrain Coulée de boue / lave torrentielle Erosion / ravinement

Figure 9 : Type de phénomène rencontrés en fonction des catégories de terrain

Salazie présente également la particularité de recenser plusieurs mouvements de terrains de grande ampleur par la surface mais aussi le volume de terrain mis en jeu, dont le glissement de Grand Ilet d'une surface de 5km² et impactant plus de 1200 personnes.

4.3.1. Chutes de pierres, de blocs et éboulements (P)

Les chutes de masses rocheuses sont des mouvements rapides, discontinus et brutaux résultant de l'action de la pesanteur et affectant des matériaux rigides et fracturés. En fonction du volume total de matériaux éboulés, on distinguera :

- **les chutes de pierres** (volume inférieur à 1 dm³) **ou de blocs** : le volume mobilisé lors d'un épisode donné est limité à quelques dizaines de m³ ;
- **les éboulements en masse** : le volume total en jeu atteint jusqu'à 10 000 m³ ;
- **les écroulements ou éboulements en grande masse** : le volume total mobilisé est supérieur à 10 000 m³ et peut atteindre plusieurs dizaines de millions de m³. La terminologie « avalanche de débris », également utilisée, désigne la propagation d'une masse non cohérente de fragments rocheux, de volume global généralement relativement important.

Les blocs déstabilisés ont une trajectoire plus ou moins autonome. L'extension du phénomène est variable, la distance parcourue par les blocs rocheux étant notamment fonction de la taille et de la forme du ou des élément(s) en jeu, de la morphologie du versant et de l'occupation des sols. L'ampleur du phénomène s'apprécie d'une part à partir du volume mobilisé (volume au départ, importance des blocs après fragmentation éventuelle), d'autre part par la surface et la topographie de l'aire de réception de la masse éboulée. Dans le cas des éboulements et a fortiori des écroulements, la forte interaction entre les éléments rend la prévision de leurs trajectoires et rebonds complexe.

L'occurrence du phénomène est plus ou moins directement liée à la conjonction de certains paramètres :

- **individualisation de blocs** au sein d'une formation massive fracturée ou d'une formation hétérogène présentant une matrice à grain fin (cas typique au sein des altérites avec altération en « boules ») ;
- **présence de facteurs naturels** favorables à la mobilisation des blocs :
 - action mécanique de l'eau (pression hydrostatique dues à l'infiltration des eaux météoriques dans les interstices ou les fissures du matériel rocheux) ;

- présence éventuelle d'une formation sous-jacente plus meuble, déformable ou érodable, induisant des contrastes de compétence (intercalation de niveaux de gratons, alternance de niveaux basaltiques massifs et de produits pyroclastiques – scories, cendres – créant des discontinuités stratigraphiques et des comportements mécaniques hétérogènes) ;
- présence fréquente de discontinuités structurales (diaclasses, joints, intrusions) sur un versant à la topographie sensible et participant au démantèlement de la masse rocheuse ;
- croissance de la végétation (action du système racinaire dans les fissures).

Les matériaux tombés s'accumulent de façon désordonnée en pied de pente, et forment une morphologie caractéristique en forme de cône d'éboulis, ou en placage de pente plus faible en pied de paroi. On peut observer également des « champs de blocs » (présence de blocs plus ou moins isolés témoignant de l'activité historique).

L'activité chutes de blocs et éboulements est directement tributaire des contextes lithologique et structural (ainsi qu'hydrogéologique).

De plus, les remparts et falaises du territoire sont le plus souvent constitués d'un empilement de coulées de laves plus ou moins épaisses et fracturées, éventuellement en alternance avec des niveaux de scories constituant des plans de faiblesse propices à un démantèlement de la masse rocheuse (le sous-cavage accroît considérablement la potentialité de survenue du phénomène du fait de la création de zones en surplomb).

Les chutes de blocs et éboulements génèrent une « perte » de matériaux au sein des falaises et des remparts qui peut engendrer, selon l'ampleur des effondrements pouvant se produire, des reculs de plusieurs mètres à dizaines de mètres en partie sommitale de ces derniers. Ces éboulements sont des événements brutaux, parfois sans signes précurseurs visibles en surface notamment en recul de la crête du rempart concerné. Toutefois, des indices précurseurs de ce type d'effondrement pouvant affecter la crête de rempart et les terrains en recul sont parfois présents et visibles en surface comme une fracturation subparallèle à la bordure du rempart ou encore un décrochement (matérialisé par un tassement) du compartiment proche de la crête du rempart et délimité par une ligne de fracturation.

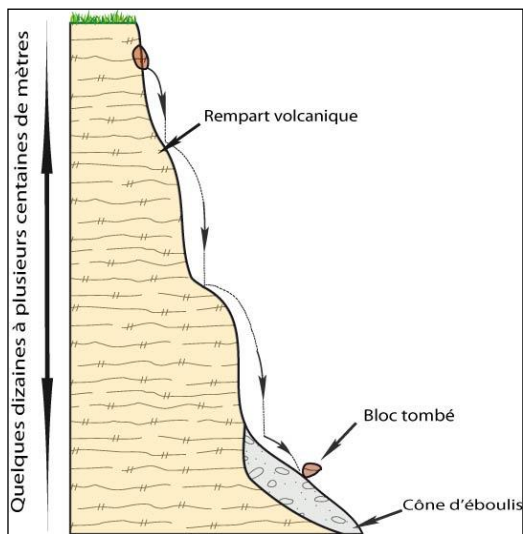


Figure 10 : Chute d'un bloc isolé

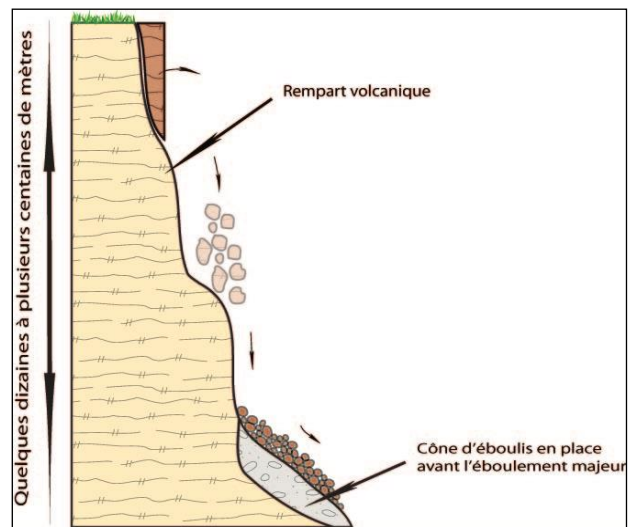


Figure 11 : Eboulement

Exemples de manifestations rencontrées :

Le 17/09/2010 un éboulement en masse a affecté le rempart au droit du cap Picard, à l'amont de l'Ilet Morin à Salazie. Un volume de 10 000 m³ s'est détaché de la falaise et a entraîné la formation d'un embâcle obstruant totalement le lit de la Rivière du Mât.

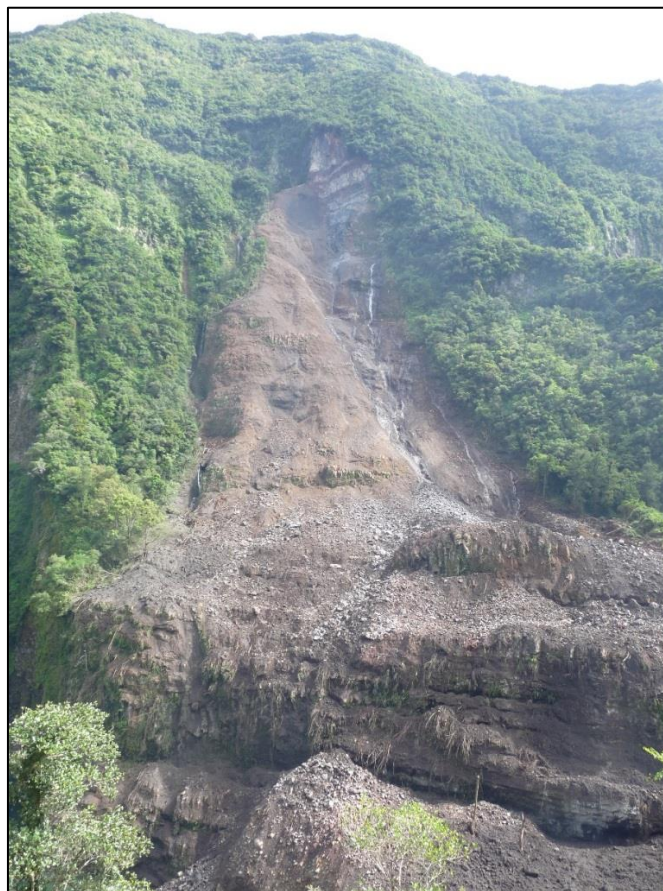


Figure 12 : Eboulement du 17/09/2010 à Ilet Morin

4.3.2. Glissements de terrain et coulées de boue associées (G)

Les glissements de terrain sont des déplacements en masse affectant des formations géologiques meubles, sur une surface de rupture et au cours desquels les produits déplacés gardent leur cohérence. La surface de rupture peut être plane (sur une discontinuité lithologique – on parle de glissement-plan) ou courbe (glissement rotationnel); les lois mécaniques de la rupture des matériaux font que cette surface a une forme plus ou moins sphérique en général. Sa profondeur peut varier de l'ordre du mètre (voire moins – glissements superficiels) à quelques dizaines de mètres (voire sensiblement plus pour des phénomènes exceptionnels).

Ce sont généralement des phénomènes lents, mais (en particulier sur une surface plane liée à une discontinuité) ils peuvent s'accélérer (ou se déclencher) brutalement. Ils peuvent aussi évoluer en avalanche de débris ou en coulée de boue, si le matériau contient assez d'eau. La cinématique peut ainsi être très variable, les phénomènes les plus rapides étant généralement les plus destructeurs.

La forme sphérique de la zone de départ donne une morphologie en loupe d'arrachement qui s'observe facilement (tout du moins tant que la végétation n'a pas repris une densité trop importante) dans le paysage. En revanche, la zone renflée en pied de glissement, correspondant à la nouvelle position des matériaux, s'observe moins facilement, entre autre à cause de la facilité avec laquelle les glissements évoluent en coulée de boue ou en avalanche de débris. Le déplacement rotationnel des terrains sur la surface sphérique de glissement provoque une rotation du bloc déplacé.

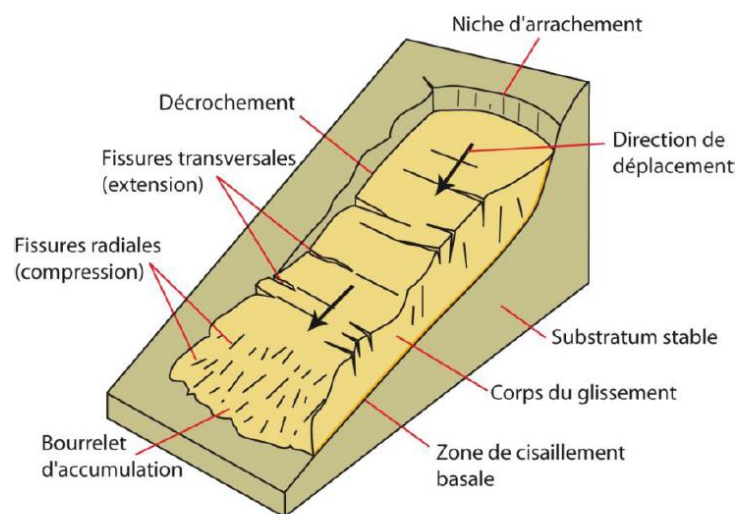


Figure 13 : Morphologie caractéristique d'un glissement de terrain (schéma adapté d'après Cruden et Varnes (1996))

Très souvent, des glissements de terrain sur des fortes pentes ne sont reconnus que lorsque la rupture brutale sur la surface de glissement a provoqué leur évolution en coulée de boue ou en éboulement important. Tant que ces glissements restent lents, ils présentent un risque faible pour les structures (bâtiments et routes). En revanche, la rupture brutale sur les surfaces de glissement peut causer l'éboulement de morceaux de terrains d'un volume important.

Les principaux paramètres intervenant dans le mécanisme de glissement sont :

- **l'eau**, qui représente dans la grande majorité des phénomènes de glissement un élément moteur prépondérant. Les phénomènes d'infiltration (anthropiques ou non), les circulations d'eau en surface (par un phénomène d'entraînement des particules) ou souterraines (développement de surpressions préjudiciables) associées à un épisode pluvieux peuvent notamment contribuer aux instabilités ;

- **la géologie** : l'état d'altération d'un matériau, et par corrélation ses caractéristiques mécaniques, sa perméabilité, conditionnent la pente limite d'équilibre d'un terrain et de fait la probabilité d'occurrence de désordres ;
- **la morphologie** : l'importance de la pente va notamment conditionner la possibilité que puissent survenir, de façon préférentielle, des phénomènes lents (*fluage*, phénomènes superficiels pouvant intéresser des terrains peu pentus) ou au contraire rapides ;
- **la nature et l'importance du couvert végétal**, jouant un rôle dans la stabilité, le déclenchement et la propagation des phénomènes de glissement ; ce rôle pouvant être bénéfique (renforcement de la cohésion des sols par le système racinaire) ou au contraire néfaste (effet de levier par les ligneux sous l'effet du vent pouvant déstabiliser les terrains et favoriser les infiltrations d'eau).

Les **coulées de boue** correspondent à des mouvements rapides d'une masse de matériaux remaniés, à forte teneur en eau et de consistance plus ou moins visqueuse. Elles sont la conséquence et la prolongation de certains glissements, dans des conditions de large remaniement et de forte saturation en eau, sur des terrains aux pentes généralement relativement fortes. Ces phénomènes, aussi connus sous le nom de **glissements – coulées**, peuvent se propager sur plusieurs dizaines de mètres, voire sensiblement plus en fonction du contexte topographique. L'épaisseur des terrains affectés par ces glissements-coulées peut atteindre la dizaine de mètres.

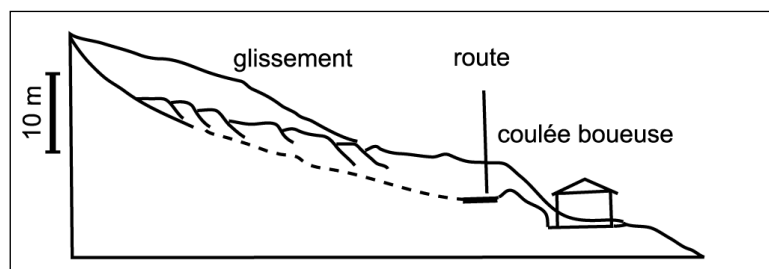


Figure 14 : Représentation schématique du glissement-coulée (exemple de Montauban, 1993 – cf. ci-après)

Les déboulés

Ce phénomène tend à être à l'origine des nombreux glissements catastrophiques observés à Salazie, notamment au front du glissement de Grand Ilet avec les événements qui se sont produits lors du cyclone Hyacinthe en 1980.

Il s'agit de la conséquence d'une forte infiltration d'eau dans les terrains qui génère une hausse de la pression interstitielle dans les sols lors d'épisodes pluvieux intenses. Cette mise en charge induit, au point de résurgence, des débits conséquents favorisant le déclenchement de déstabilisations gravitaires locales, qui peuvent être particulièrement importantes dans des contextes de brèches sensibles à l'érosion. Ce phénomène peut être associé à des coulées boueuses, induites principalement par des venues d'eau souterraines et aggravé par le ruissellement lors de fortes pluies.

Cas particulier des glissements de terrain actifs de grande ampleur

Le cirque de Salazie est impacté par plusieurs glissements de terrain actifs de grande ampleur. Ces glissements ont fait l'objet d'un suivi depuis plusieurs années (entre 2002 à 2013) dans le cadre des projets de recherche MvTerre1 et MvTerre2 pilotés par le BRGM, qui a permis de les identifier (emprise) mais aussi de mieux connaître leurs mécanismes.

Une synthèse du projet de recherche MvTerre2 ainsi qu'un film d'explication sur les glissements de terrain de grande ampleur de Salazie et la liste de l'ensemble des rapports publics publiés (MvTerre1 et MvTerre2) sont disponibles sur le site du BRGM : <http://www.brgm.fr/projet/mvterre-2-detection-suivi-modelisation-mouvements-terrain-grande-ampleur-reunion>.

Les résultats de ces travaux de recherche ont été valorisés dans le cadre de la cartographie de l'aléa mouvements de terrain de la présente procédure de révision du PPR de Salazie. La méthodologie est présentée au chapitre 5 suivant.

Les principaux éléments de contexte relatifs aux glissements de grande ampleur affectant le cirque de Salazie sont les suivants :

- 7 glissements actifs sont connus, de grande ampleur (mouvements profonds et lents⁶, de vitesse variable pouvant atteindre près d'1m de déplacement planimétrique par an par endroit), variant principalement selon l'intensité pluviométrique et l'état de saturation induit des formations mobilisées sur l'épaisseur des glissements actifs. Les secteurs concernés sont : Grand Ilet et Fond de Rond-Point pour les 2 principaux glissements actifs de grande ampleur du cirque, ainsi que Mare à Goyaves, Ilet à Vidot, le Bélier, Mathurin et Camp Pierrot (cf. localisation sur la Figure 23) ;
- Environ 140 bornes géodésiques ont été implantées dans le cirque de Salazie depuis le début des années 2000 (une centaine dorénavant exploitable) ainsi que des 10 GPS permanents. Le suivi du positionnement de ces points permet de préciser l'emprise et de suivre les déplacements des glissements. Le suivi a été mené de 2003 à 2013 et un levé complémentaire des bornes géodésiques a été réalisé en mai 2018 afin d'actualiser les connaissances sur les glissements actifs. Les informations et résultats relatifs à ce suivi sont disponibles sur le site infoterre du BRGM (<http://infoterre.brgm.fr/>) : rapport BRGM/RP-61994-FR⁷ d'octobre 2013 et rapport BRGM/RP-68284-FR de septembre 2018 qui détaillent les champs de vitesses de déplacement planimétrique et de tassements affectant les zones de glissements actifs instrumentées. Une synthèse des résultats de ce suivi (vitesses annuelles moyennes de déplacement planimétrique mesurées entre 2003 et 2013 et entre 2003 et 2018) est fournie sur les Figure 21 et Figure 23 ;
- Ces glissements de grande ampleur mobilisent des volumes considérables de matériaux (plusieurs millions à centaines de millions de m³), sans risque d'emballement catastrophique à court ou moyen terme (en l'état actuel de la connaissance de ces sites), hormis pour le glissement affectant le secteur de Mare à Goyaves pour lequel ce risque n'est pas exclu. Ces glissements affectent de manière très hétérogène à une échelle spatio-temporelle les terrains en surface, avec de nombreux désordres sur les réseaux routiers mais aussi affectant le bâti et donc menaçant les occupants (risque d'endommagement voir de ruine, cf. rapport BRGM sur l'exposition de certains habitats : rapport BRGM/RP-64089-FR⁸ de juin 2015). La sécurisation durable des terrains sur des parcelles affectées par ces mécanismes de grande ampleur n'est pas réalisable sur le long terme. Les principaux désordres observés sont les suivants (cf. Figure 15 à Figure 19) :

⁶ Par opposition à un phénomène gravitaire instantané et brutal. Ces mouvements sont sans risque d'emballement catastrophique à court ou moyen terme

⁷ Mazué R., Aunay B., Belle P. (2012) – Suivi des réseaux géodésiques dans les cirques de La Réunion – Rapport BRGM/RP-61994-FR, 57 p.

⁸ Aunay B., Bès de Berc S. et Weyland G. (2015) – Cirque de Salazie : exposition des habitations aux phénomènes gravitaires. Rapport BRGM/RP-64089-FR, 74 p.

- Apparition ou ouverture de fissures (au sol, dans les ouvrages, dans les bâtis et les routes traversant et/ou présents au sein des glissements) ;
- Déformation, voire décrochement dans les terrains : tassement, formation de contre pente, d'escarpement, voire surélévation de compartiments par endroit. Ces mouvements induits en surface par le mécanisme du glissement de grande ampleur peuvent générer la formation de dépression fermée en surface (phénomène de « mare sèche »).
- Par ailleurs, du fait de la morphologie au front de certains glissements (pentes plus fortes), d'autres types de phénomènes sont observés (érosion régressive, déboûlés, effondrements, glissements). **Ces désordres sont brutaux (instantanés) et très destructeurs, mettant directement en danger les occupants des parcelles situées à proximité immédiate** comme ce fut le cas lors du passage du cyclone Hyacinthe en 1980, au front du glissement de Grand Ilet, emportant notamment la maison d'une famille entière (8 décès). On parle alors de glissement catastrophique (cf. Figure 20).

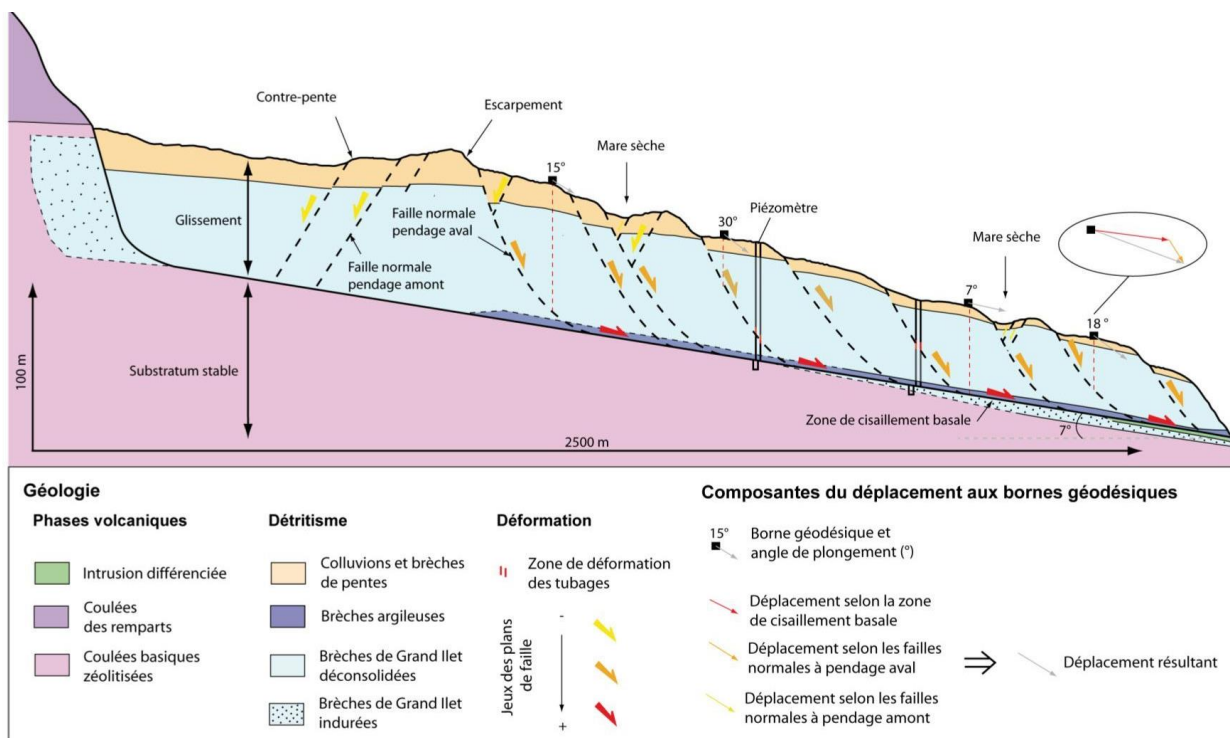


Figure 15 : Schéma conceptuel du glissement de grande ampleur de Grand Ilet (Thèse Belle P., 2014)



Figure 16 : Exemple de désordre dans le bâti causé par les glissements de terrain de grande ampleur



Figure 17 : Désordre sur le bâtiment abritant l'ancienne Poste de Grand Ilet (Garnier, 2008)



Figure 18 : Illustration de l'impact du glissement de Mare à Poule d'Eau sur les terrains – déplacement dans le temps de plusieurs mètres



Figure 19 : Conséquence sur le bâti – exemple d'une maison dans l'emprise du glissement de Mare à Goyaves

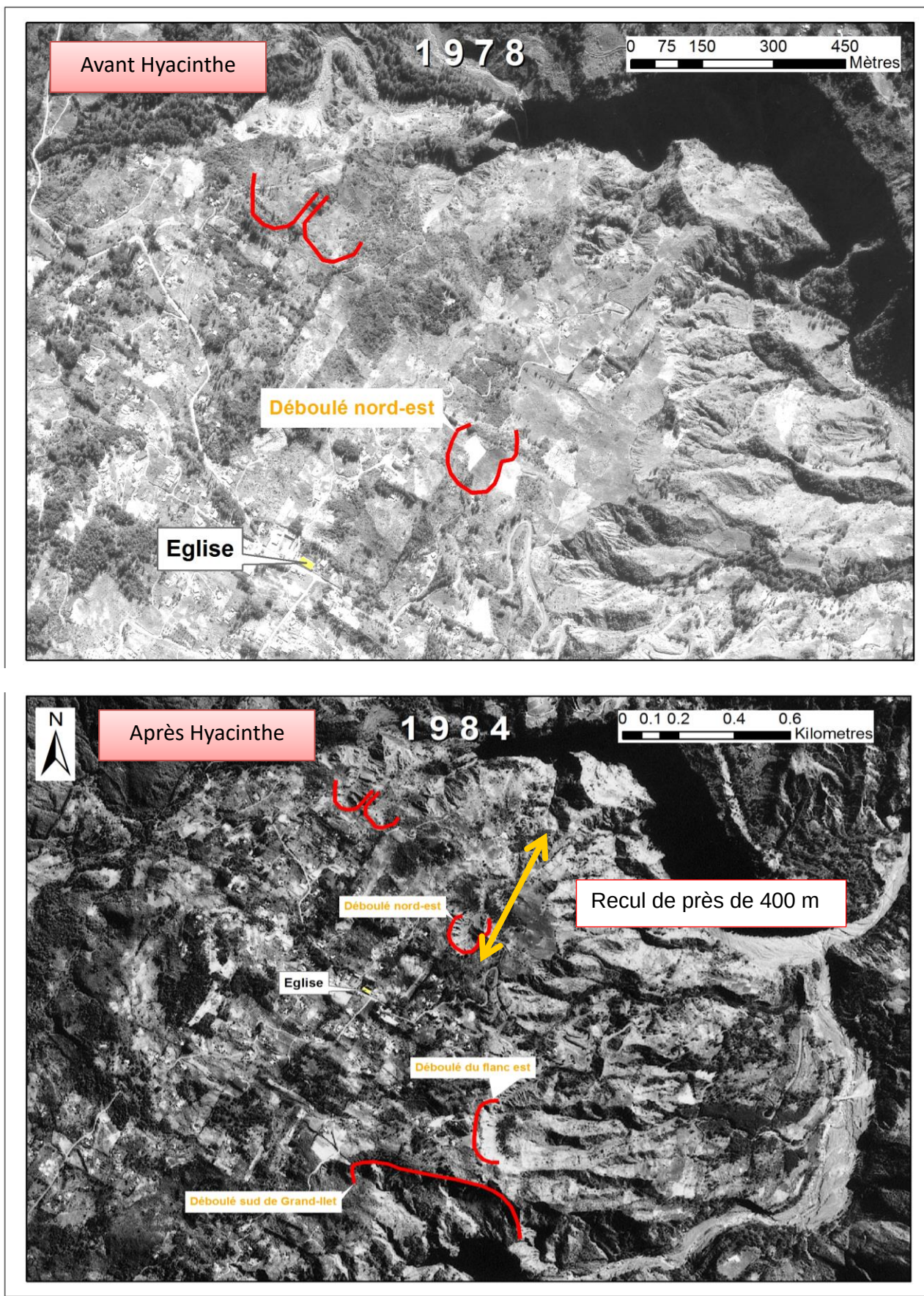


Figure 20 : Glissement catastrophique au front de Grand Ilet – Impact du cyclone Hyacinthe en 1980

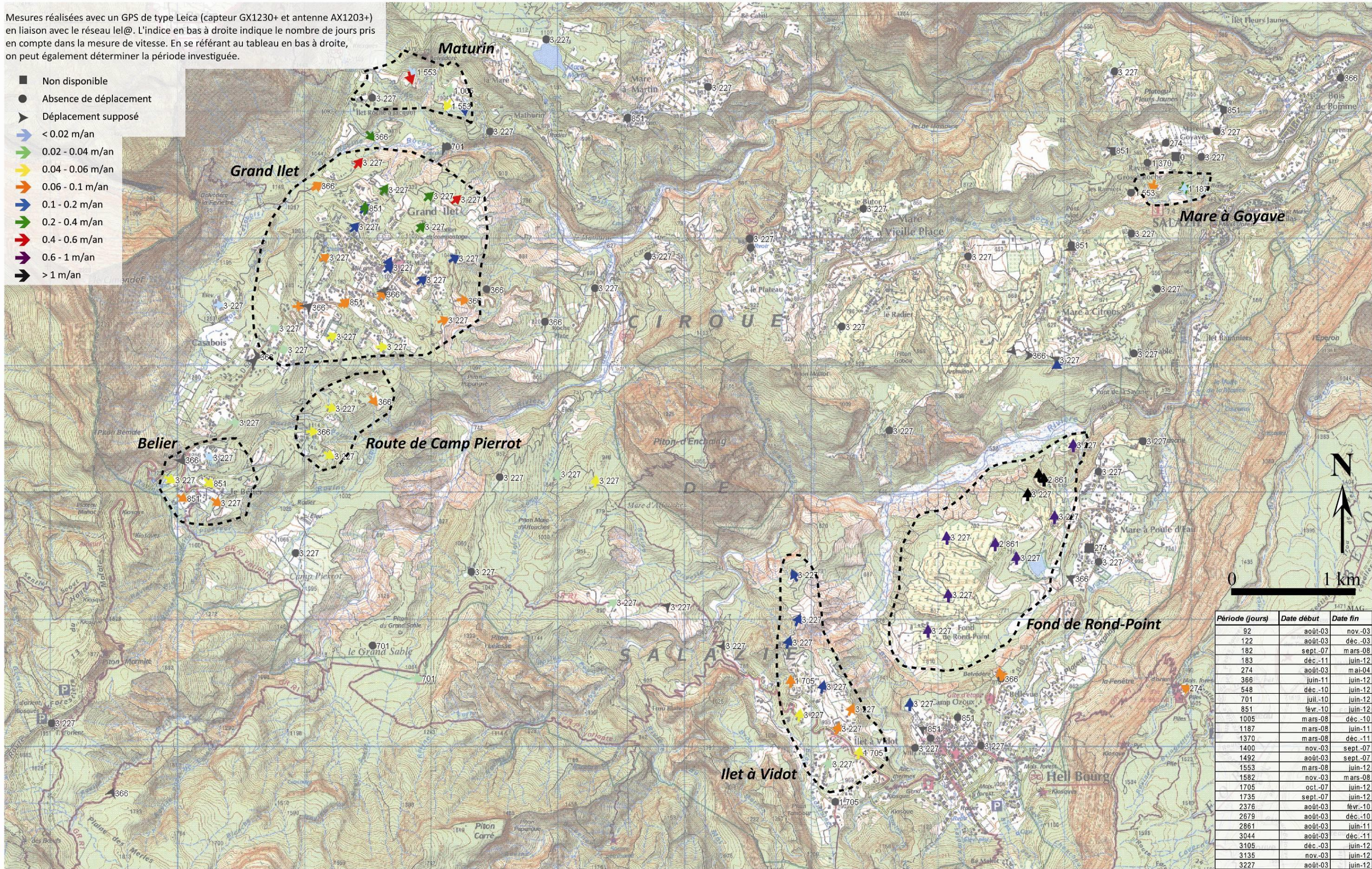


Figure 21 : Localisation des principaux glissements de grande ampleur et vitesses annuelles de déplacements planimétriques en m/an – période 2003-2013, extrait de MVTerre2 (BRGM/RP-61994-FR – Mazué R., Aunay B., Belle P., 2013)

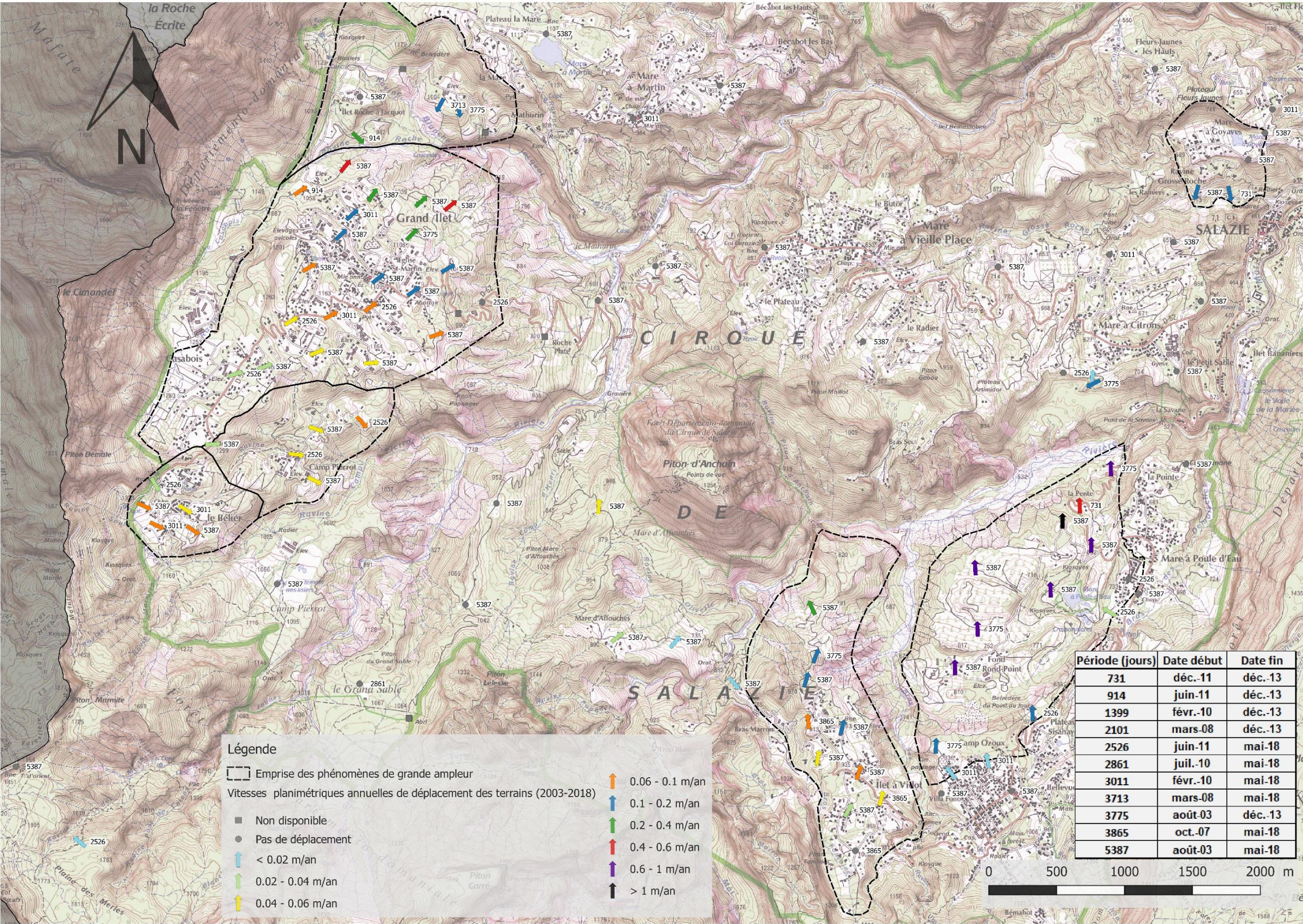


Figure 22 : Localisation des principaux glissements de grande ampleur et vitesses annuelles de déplacements planimétriques en m/an – période 2003-2018 (BRGM/RP-68284-FR – Cance A., Rey A., 2018)

4.3.3. Érosion et ravinement (E)

Deux types principaux de phénomènes, liés l'un comme l'autre à l'action mécanique de l'eau, peuvent être distingués :

Les érosions de berge

Ce phénomène se manifeste par un « arrachement » ou un éboulement de la berge d'un cours d'eau soumis aux facteurs suivants :

- la force érosive de l'écoulement des eaux sapant le pied des rives et conduisant au glissement ou à l'éboulement de la berge par suppression de la butée qui assurait l'équilibre.
- l'incision du cours d'eau au fil du temps conduisant également à l'éboulement de la berge (par décompression gravitaire par exemple).

Les phénomènes d'érosion des berges sont présents dans la majorité des ravines de la commune. La vulnérabilité des berges à ce type de phénomène est principalement fonction :

- de la constitution géologique de la berge, qui conditionne son érodabilité : berge rocheuse, berge constituée de matériaux cimentés ou meubles, présence de remblais, etc ;
- du pouvoir érosif du cours d'eau (pente du profil en long, débits de crues caractéristiques, transport solide charrié).

Ces phénomènes d'érosion de berge concernent de façon plus ou moins généralisée l'essentiel des ravines du réseau hydrographique drainant la commune. Les désordres observés se traduisent par des affouillements, voire par des dégradations sur les infrastructures.

Le ravinement

Outre les désordres liés aux écoulements de crue, les phénomènes érosifs sont liés au ruissellement des eaux superficielles. Le ravinement qui en résulte peut-être localisé, ou diffus sur toute une pente.

L'érosion des sols dépend de plusieurs paramètres qui sont en premier lieu :

- la topographie ;
- l'intensité des précipitations ;
- la géologie (érodabilité des terrains en place) ;
- l'occupation du sol (notamment présence et densité du couvert végétal) ;
- la sensibilité à la battance. Elle est provoquée par les eaux de pluie qui, ne pouvant plus s'infiltrer dans le sol, ruissellent en emportant des particules de terre. Ce refus du sol d'absorber les eaux excédentaires apparaît lorsque l'intensité des pluies est supérieure au pouvoir d'absorption du sol.

Les zones touchées sont souvent des terrains en partie dénudés et vallonnés, voire accidentés, qui favorisent de ce fait le développement et la concentration de ruissellements. Bien que dans le cas général il s'agisse d'un processus lent, avec une abrasion des terrains sur une épaisseur n'excédant pas quelques centimètres par an, l'érosion peut prendre une ampleur sensiblement plus importante (notamment sous l'effet du passage de courants à forte densité de type « lave torrentielle ») et être un phénomène très rapide. Lorsque les matériaux entraînés se concentrent, des coulées de boues peuvent apparaître.

Etant donné les conditions climatiques particulières, ainsi que la géomorphologie du site présentés au chapitre 3 ces phénomènes sont tous deux d'intensité particulièrement élevée sur le territoire communal.

On distingue deux type de ravinement :

- un ravinement diffus va créer des paysages de « badlands » ;
- un ravinement concentré va créer des ravins encaissés et localisés, par érosion régressive, parfois de manière brutale et dans des secteurs dépourvus d'axe d'écoulement marqué. Ces phénomènes de ravinement, d'érosion régressive se développe généralement dans des horizons bréchiques très sensibles à l'érosion et peuvent s'accompagner de zones d'alluvionnement à l'aval (où se déposent les matériaux arrachés par l'érosion) ou alors la rivière passant parfois en pied de ces zones remobilisent les matériaux et les transportent jusqu'à l'exutoire.

Exemples de manifestations rencontrées :

Front du glissement d'Ilet à Vidot – érosion régressive

Il s'agit d'un phénomène d'érosion sur des versants non stabilisés dans l'encaissement de la Rivière du Mât, où le recul est régulier et accéléré lors de forts épisodes pluvieux. Un recul de près de 200 m a pu être observé en près de 60 ans. Dans ce secteur, il n'est pas exclu que des phénomènes de « déboulés » (résurgence de venues d'eau souterraine favorisant l'érosion en surface) soient également associés à la dynamique érosive observée liée au ravinement

La dynamique de ces phénomènes peut générer des reculs brutaux de plusieurs mètres voire dizaines de mètres en un épisode cyclonique, engendrant un danger pour la population pouvant occuper les terrains en recul.



Figure 23 : Recul d'une dizaine de mètres du versant en bordure Est d'Ilet à Vidot suite à Gamède. Cet événement a emporté une partie du chemin menant à un élevage porcin.



Figure 24 : Erosion régressive active se développant au front du glissement d'Ilet à Vidot (BRGM, juin 2018)

4.4. CARACTERISATION DES PHENOMENES D'INONDATION

L'**inondation** désigne un recouvrement d'eau qui déborde du lit mineur à différents niveaux d'un cours d'eau ou dans les dépressions et les plaines côtières.

Deux types de risques (pouvant se cumuler sur certaines zones) doivent être distingués sur le territoire de Salazie :

- risque d'inondation lié au **débordement des cours d'eau** hors de leur lit ordinaire (lit mineur). Ces inondations, rapides, peuvent être accompagnées de phénomènes d'érosion et d'accumulation massive de matières solides. Suite à des pluies violentes ou durables, l'augmentation du débit des cours d'eau peut être telle que ceux-ci peuvent gonfler au point de déborder de leur lit mineur, pour envahir entièrement leur lit majeur. Les dégâts peuvent être très importants, et surtout, le risque de noyade existe (en particulier lors du franchissement de gués au moment de l'arrivée de l'onde de crue) ;
- risque d'inondation résultant du **ruissellement des eaux pluviales** sur les voies de communication et dans les terres agricoles, eaux issues de bassins naturels plus ou moins importants sans thalweg marqué. Il est à noter que le phénomène de ruissellement des eaux pluviales (communément appelé ruissellement urbain) n'est pas pris en compte dans la cartographie de l'aléa inondation, et que l'érosion des sols est intégrée directement à la cartographie de l'aléa mouvements de terrain.

Différents paramètres contribuent au processus d'augmentation temporaire du débit d'un cours d'eau. On distingue notamment :

- l'eau mobilisable, constituée de l'eau reçue par le bassin versant ;
- le ruissellement, qui correspond à la part de l'eau qui n'a pu s'infiltrer dans le sol. Il dépend de la nature du sol, de son occupation de surface et de l'intensité de l'épisode pluvieux ;
- le temps de concentration, qui est défini par la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau partant du point le plus éloigné de l'exutoire du bassin versant parvienne jusqu'à celui-ci ;
- la propagation de l'onde de crue, qui est fonction de la structure du lit et de la vallée alluviale, notamment de la pente et des caractéristiques du champ d'inondation.

De nombreux paramètres influencent l'apparition d'une crue :

- **quantité et surtout répartition spatiale et temporelle des pluies** : Le contexte local se caractérise par des épisodes pluvieux de forte intensité, d'autant plus préjudiciables qu'ils sont en mesure de déverser des cumuls très importants sur des bassins versants de superficie relativement modeste ;
- **nature et occupation du sol** : L'absorption d'eau par le sol, l'infiltration dans le sous-sol ou le ruissellement influencent fortement le temps de concentration des eaux. Enfin, la topographie du lit, la pente et la forme du bassin versant jouent également un rôle important dans la genèse de la crue ;
- **facteurs naturels aggravants** : la formation et la rupture d'embâcles. Les matériaux flottants transportés par le courant peuvent en effet s'accumuler en amont des passages étroits, des ouvrages hydrauliques. La rupture éventuelle de ces embâcles peut provoquer une onde puissante et destructrice en aval.

Trois principaux critères permettent de caractériser un phénomène d'inondation :

- **hauteur de submersion** : Pour l'homme, on considère généralement que des hauteurs d'eau supérieures à 50 cm sont dangereuses. À titre d'exemple, une voiture commence à flotter à partir de 30 cm d'eau ;
- **vitesse d'écoulement** : elle est conditionnée par la pente du lit et sa rugosité. Elle peut atteindre plusieurs mètres par seconde. La dangerosité de l'écoulement dépend du couple hauteur/vitesse. À titre d'exemple, à partir de 0,50 m/s, la vitesse du courant devient dangereuse pour l'homme (cf. figure ci-dessous), avec un risque d'être emporté par le cours d'eau ou d'être blessé par des objets charriés à vive allure.

Un troisième critère permet de caractériser l'aléa inondation, mais plus délicat à estimer dans le contexte Réunionnais :

- **le volume de matière transportée** : Ce volume est communément appelé « *transport solide* ». Il s'agit de matériaux (argiles, limons, sables, graviers, galets, blocs, etc.) se trouvant dans les cours d'eau, et dont le transport peut s'effectuer soit par suspension dans l'eau, soit par déplacement sur le fond du lit, du fait des forces liées au courant. Le terme de transport solide ne comprend pas le transport des flottants (bois morts, etc.).

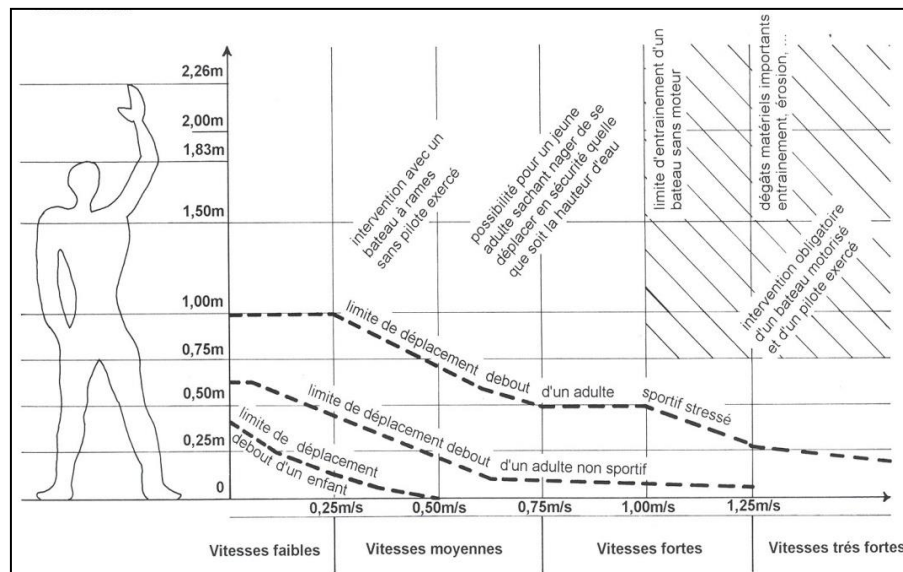


Figure 25 : Possibilité de déplacement des personnes en fonction des caractéristiques d'écoulement (source : Guide PPRi ruissellement péri-urbain M.E.D.D.E.)

Exemples de manifestations rencontrées :

Cas particuliers des « mares » de Salazie, le cas de Mare à Goyaves

Sur la plupart des plateaux de la commune on recense des mares, soit des accumulations d'eau dans des cuvettes naturelles. Certaines de ces mares sont pérennes comme la Mare à Poule d'eau ou la Mare à Martin, d'autres sont des « mares sèches » qui se mettent en charge lors d'épisodes pluvieux comme la Mare à Goyaves.

Cette dernière a fait l'objet d'une étude par « Mascareignes Géologie » en mai 2013 (réf. RAP11MG09). Les résultats de cette étude montrent que l'eau est omniprésente dans la zone, les sondages confirment la présence d'un niveau de saturation à faible profondeur. Ainsi, en période de fortes pluies, de nombreuses résurgences apparaissent dans la zone de glissement, sous le plateau de Mare à Goyaves. Ces résurgences sont en relation directe avec les précipitations. D'après les habitants, les résurgences apparaissent quelques heures après le début des précipitations.

De plus, la Mare à Goyaves constitue une menace du fait du risque de débordement de cette dernière vers les pentes de la Ravine Grosse Roche. La dépression de la mare ne dispose pas de trop plein. En période cyclonique, la mare s'étend sur le plateau. De plus elle favorise l'activité du mouvement de terrain éponyme par l'apport d'eau qu'elle génère dans les matériaux.

Ce phénomène de surverse a notamment eu lieu en 1980, lors du passage de Hyacinthe. M. Humbert (<http://infoterre.brgm.fr/rapports/81-SGN-543-GEG.pdf>), rapporte qu'une coulée de boue s'est produite à la suite d'un débordement de la Mare et a emporté une case au-dessus de la Ravine Grosse Roche.



Figure 26 : Mare à Goyaves en décrue suite au passage du Cyclone tropicale intense Gamède en 2007

5. Caractérisation et cartographie des aléas

5.1. DEFINITIONS ET NOTIONS GENERALES

La **notion d'aléa** est complexe et de multiples définitions ont été proposées. Nous retiendrons la définition suivante :

« L'aléa traduit, en un point donné, la probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel de nature et d'intensité définies pour une période de retour donnée ».

Une définition récente (Fell et al., 2008⁹), spécifique à l'aléa mouvements de terrain mérite également d'être citée au regard notamment de la notion de dommage intégrée à la définition de l'aléa :

« Condition (ou circonstance) susceptible de provoquer des dommages. La description (ou caractérisation) de l'aléa mouvement de pente doit inclure la localisation, le volume (ou la surface), la classification, la vitesse du mouvement potentiel et sa probabilité d'occurrence dans une période de temps donnée. »

Du fait de la grande variabilité des phénomènes naturels et des nombreux paramètres qui interviennent dans leur déclenchement, l'aléa ne peut être qu'estimé et son estimation est très complexe. Son évaluation fait appel à l'ensemble des informations recueillies au cours de l'étude, aux connaissances sur le contexte géologique, aux caractéristiques des précipitations, etc., et à l'appréciation du chargé d'études. Pour limiter l'aspect subjectif, des critères de caractérisation des différents aléas ont été définis et sont explicités dans les paragraphes suivants.

On notera que la **période de référence** retenue pour l'**aléa mouvements de terrain** est le **siècle**. Pour l'**aléa inondation**, conformément aux dispositions des dernières circulaires ministérielles (du 24 janvier 1994 et du 24 avril 1996), celui-ci est évalué en prenant en compte la **plus forte crue connue ou**, si cette crue est plus faible que la crue centennale, c'est la **crue d'occurrence centennale** qui est considérée dans le cadre de la cartographie de l'aléa. Pour la commune de Salazie, la crue centennale a été retenue.

5.1.1. Aléas considérés

Les risques pris en compte dans le cadre de la procédure de révision du PPR de la commune de Salazie sont les suivants :

- Les crues par débordement des cours d'eau ;
- Les chutes de pierres ou de blocs et les éboulements ;
- Les glissements de terrain et coulées de boue associées ;
- Les érosions de berge ;
- Le ravinement, l'érosion des sols.

L'inondation liée au ruissellement urbain n'est pas considérée dans la présente procédure de révision du PPR.

⁹ Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. Robin Fell, Jordi Corominas, Christophe Bonnard, Leonardo Cascini, Eric Leroi, William Z. Savage on behalf of the JTC-1 Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes.

5.1.2. Probabilité d'occurrence et intensité

La définition de l'aléa impose de connaître, sur l'ensemble de la zone étudiée, **l'intensité et la probabilité d'occurrence** (ou d'apparition) des phénomènes naturels.

L'**intensité** d'un phénomène peut être appréciée de manière variable en fonction de sa nature même : volume des éléments pour une chute de blocs, importance des déformations du sol pour un glissement de terrain, importance du volume érodé pour une érosion de berge, etc... L'importance des dommages causés par des phénomènes passés ou l'échelle des parades nécessaires pour se prémunir du phénomène redouté peuvent également être prise en compte dans l'évaluation de l'intensité des aléas mouvements de terrain.

La **probabilité d'occurrence** est la traduction de la probabilité qu'un phénomène se produise. Elle est définie soit par la présence du phénomène (historique et/ou actif) sur la zone géographique étudiée soit par la probabilité d'apparition du phénomène sur la période de référence donnée en fonction de la configuration de la zone géographique étudiée. Cette probabilité d'occurrence est fonction de la présence ou non de facteurs déterminants propres à chaque phénomène étudié (facteurs de prédisposition) et de facteurs non permanents (ou aggravants).

5.1.3. Règles générales de zonage

Chaque zone distinguée sur les cartes d'aléas est matérialisée par une limite et une couleur traduisant le degré d'aléa et la nature des phénomènes naturels intéressant la zone.

De nombreuses zones, dans lesquelles aucun phénomène actif n'a été décelé, sont cependant décrites comme étant exposées à un aléa mouvements de terrain plus ou moins fort. Le zonage traduit un contexte topographique ou géologique dans lequel une modification des conditions actuelles peut se traduire par l'apparition de phénomènes. Les modifications peuvent être très variables tant par leur nature que par leur importance. Les causes les plus fréquemment observées sont les terrassements, les rejets d'eau et les épisodes météorologiques intenses. Le zonage traduit également un contexte similaire à celui d'une autre zone où un phénomène a été recensé.

Dans la majorité des cas, l'évolution des phénomènes naturels considérés est continue, la transition entre les divers degrés d'aléa est donc théoriquement linéaire. Lorsque les conditions naturelles - notamment la topographie - n'imposent pas de variations particulières, les zones d'aléas élevé, moyen et faible sont « emboîtées ». Il existe donc, dans ce cas, pour une zone d'aléa élevée donnée, une zone d'aléa moyen et une zone d'aléa faible à modéré qui traduisent la décroissance de l'intensité et/ou de la probabilité du phénomène avec l'éloignement. Cette gradation est théorique et elle n'est pas toujours représentée notamment du fait des contraintes d'échelle et de dessin.

La cartographie des aléas inondations et mouvements de terrain est présentée sur fonds topographiques, avec en règle générale une carte couvrant l'ensemble du territoire communal (échelle adaptée au contour communal, 1/17 500 pour le territoire de Salazie, objet de la présente procédure PPR) et des cartes produites à l'échelle du 1/5 000 sur les secteurs urbains et bâtis de la commune (secteurs à enjeux).

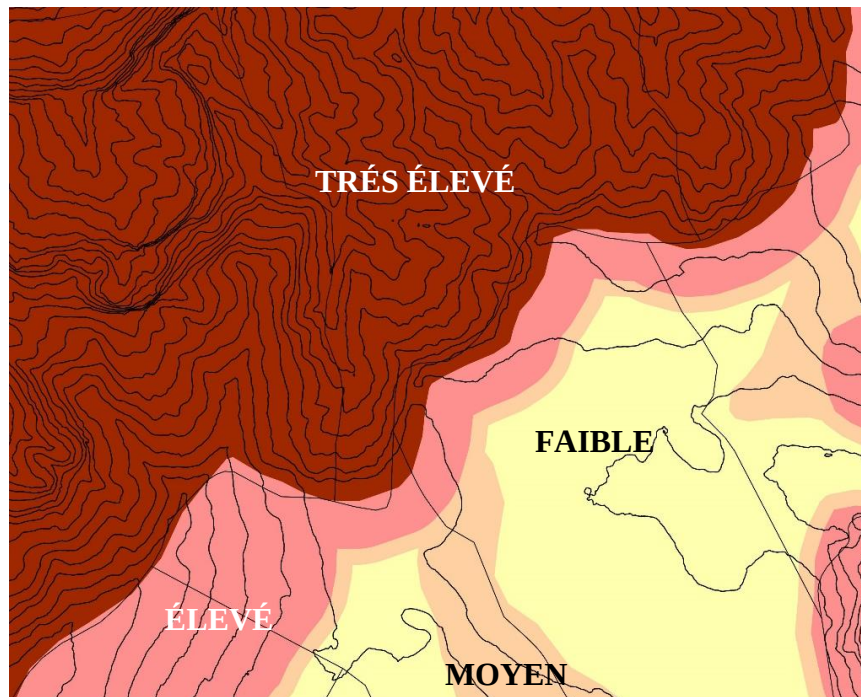


Figure 27 : Exemple de représentation de la notion de continuité du niveau d'aléa mouvements de terrain

5.2. ALEA INONDATION

5.2.1. Méthode d'évaluation de l'aléa

Sur le territoire communal de Salazie, l'aléa inondation n'est pas disponible (aléa non intégré au PPR approuvé en 2005).

Selon les dispositions des circulaires ministérielles (du 24 janvier 1994 et du 24 avril 1996), **l'aléa inondation doit être évalué en prenant en compte la plus forte crue connue ou, si cette crue est plus faible que la crue centennale, cette dernière.**

L'aléa inondation lié au ruissellement urbain (ou pluvial) n'est pas considéré dans la présente procédure de révision.

Chaque zone susceptible d'être inondée suite aux crues d'un cours d'eau (axe d'écoulement et zones de débordement pour une crue d'occurrence centennale) est considérée dans l'évaluation de l'aléa inondation, avec un niveau d'aléa défini en fonction de l'intensité de l'inondation (selon principalement la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement).

La méthodologie de travail pour établir la carte d'aléa inondation s'appuie sur une démarche « à dire d'experts » (approche naturaliste), sans recours à des modélisations systématiques.

La démarche d'élaboration du zonage inondation est effectuée en intégrant l'analyse de l'hydrologie des bassins versants du territoire communal (estimation des débits de crue), l'analyse hydrogéomorphologique appuyée par des enquêtes de terrain (traduction des débits de crue sur le terrain en termes d'inondabilité) et l'intégration des phénomènes historiques connus (éléments de calage). Des calculs hydrauliques ponctuels sont menés afin de renforcer l'analyse « à dire d'experts », notamment au niveau des ouvrages de franchissement afin d'évaluer les possibilités de débordement en crue centennale.

Les principes de cartographies de l'aléa inondation sont détaillés dans le guide d'élaboration des plans de prévention des risques naturels à La Réunion (DEAL, 2012). Les éléments techniques suivants sont utilisés dans le cadre de cette démarche :

- La prise en compte d'outils topographiques précis qui permet d'apprécier finement les différents thalwegs et ravines du territoire communal :
 - Le **MNTR®** (2012) développé par l'IGN© est une base de données altimétrique unique donnant une représentation tridimensionnelle de la forme de la position du sol sur le territoire réunionnais. La précision altimétrique du modèle est de l'ordre de 20 cm et la précision planimétrique est de l'ordre de 50 cm.
 - La Région Réunion a fourni un relevé **Lidar®** du cirque de Salazie réalisé en 2015 (©Région Réunion). D'une précision planimétrique de 20 cm et altimétrique de 10 cm, ces données permettent d'obtenir une représentation récente et très précise de la topographie du cirque.
- **La connaissance nouvelle** sur les inondations sur le territoire, et plus particulièrement au droit des secteurs à enjeux de la commune, avec notamment l'analyse et l'intégration des résultats d'études hydrauliques lorsque ceux-ci sont jugés pertinents et adaptés à la méthodologie de cartographie des aléas inondations du PPR ;
- Une **mise en cohérence avec la cartographie de l'aléa mouvements de terrain** ;

Les récentes données de l'IGN (Bd Topo 2016 et les orthophotos de 2011) font également partie des données fréquemment utilisées dans la démarche de précision de la cartographie.

La cartographie de l'aléa « inondation » est présentée sur fonds topographiques :

- à l'échelle 1/17 500 pour l'ensemble du périmètre d'étude (planche 1) ;
- à l'échelle 1/5 000 sur les secteurs à enjeux de la commune, qui correspondent aux zones bâties (planche 2 à planche 6) :
 - ✓ secteur Ilet Morin / Plateau Wickers (planche 2) ;
 - ✓ secteur Centre-Ville de Salazie / Mare à Citrons (planche 3) ;
 - ✓ secteur Mare à Martin (planche n° 4) ;
 - ✓ secteur Grand Ilet (planche n° 5) ;
 - ✓ secteur Hell Bourg (planche n° 6).
- à l'échelle 1/10 000 sur les flancs du Piton des Neiges (planche 7) :

5.2.2. Caractérisation de l'aléa inondation

Trois degrés d'aléa inondation ont été définis pour la crue centennale, en fonction des caractéristiques prévisibles du champ d'inondation (hauteur de submersion et vitesse d'écoulement) :

		vitesses (m/s)		
		$v < 0,5$	$0,5 < v < 1$	$v > 1$
hauteur (m)	$0,2 < h < 0,5$	faible	moyen	fort
	$0,5 < h < 1$	moyen	moyen	fort
	$h > 1$	fort	fort	fort

Tableau 8 : Caractérisation de l'aléa inondation pour la crue centennale en fonction des vitesses et des hauteurs d'eau

- **Aléa fort**

- Hauteur d'eau en crue centennale supérieure ou égale à 1 m, et/ou des vitesses d'écoulement supérieures à 1 m/s ;
- Chenal d'écoulement principal de la crue centennale.

- **Aléa moyen**

- Zone inondée en crue centennale avec des hauteurs d'eau comprises entre 0,5 et 1 m et/ou des vitesses d'écoulement comprises entre 0,5 et 1 m/s ;

- **Aléa faible**

- Zone inondée en crue centennale avec des hauteurs d'eau comprises entre 0,2 et 0,5 m et des vitesses d'écoulement inférieure à 0,5 m/s.

Un aléa nul est attribué par défaut à tous les autres secteurs de la commune, y compris les secteurs potentiellement concernés par des hauteurs d'eau comprises entre 0 et 0,20 m lors d'une crue centennale, où il a été considéré que de telles hauteurs d'eau s'apparentaient à une problématique de gestion des eaux pluviales courante.

5.3. ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN

5.3.1. Méthode d'évaluation de l'aléa

La cartographie de l'aléa mouvements de terrain s'appuie sur le zonage du PPR approuvé par l'arrêté préfectoral n°0561 du 9 mars 2005.

L'élaboration de la cartographie de l'aléa mouvements de terrain s'appuie sur une méthodologie robuste, qui s'inscrit dans le respect des règles édictées dans les guides nationaux (PPR mouvements de terrain – Guide national méthodologique, 1999, actuellement en cours de révision) et mise en œuvre sur tout le territoire réunionnais depuis plusieurs années.

La révision de la cartographie de l'aléa mouvements de terrain est élaborée à partir d'une approche « à dire d'experts », sans recours à des modélisations et/ou sondages systématiques, dont les principes sont détaillés dans le guide d'élaboration des plans de prévention des risques naturels à La Réunion (DEAL, 2012), en intégrant les outils méthodologiques suivants :

- Les récentes évolutions méthodologiques dans l'élaboration des cartographies d'aléas mouvements de terrain et leur transcription réglementaire, présentées dans le rapport BRGM/RP-66346-FR de novembre 2016¹⁰ ont été considérées dans le cadre du PPR de la commune de Salazie (grilles d'aide à la cartographie pour chaque type d'aléa mouvements de terrain considéré) ;
- La connaissance sur les mouvements de terrain de grande ampleur acquise entre 2002 et 2013 dans le cadre des programmes de recherche **MvTerre1** et **MvTerre2** (projets cofinancés par les programmes opérationnels FEDER, le FIDOM, la Région Réunion, le Département de La Réunion (MvTerre1) et le BRGM). Dans ce cadre, le suivi des bornes géodésiques réalisé sur une période de 10 ans¹¹ (cf. Figure 21) a notamment été valorisé dans la révision de la cartographie de l'aléa mouvements de terrain. Un levé complémentaire

¹⁰ Rey A. (2016) – PPR multi-aléas des communes de La Réunion. Propositions d'évolutions méthodologiques. Rapport final. BRGM/RP-66346-FR, 167 p., 57 ill., 38 tabl., 5 ann.

¹¹ Mazué R., Aunay B., Belle P. (2012) – Suivi des réseaux géodésiques dans les cirques de La Réunion – Rapport BRGM/RP-61994-FR, 57 p.

des bornes implantées sur Salazie, réalisé en mai 2018 par le BRGM, a permis d'actualiser la connaissance sur les déplacements observés dans le cirque (cf. Figure 22) ;

- Les **observations de terrain** (analyses visuelles de type "expertise") afin de relever les indices hydrogéomorphologiques pouvant témoigner d'anciens mouvements de terrain ou justifier la possibilité d'occurrence sur la période de référence. Dans le cadre de la révision du PPR de Salazie, les observations de terrain ont été réalisées par le BRGM à partir de 2015, puis au cours de la phase de concertation avec les services municipaux entre 2016 et 2018 (cf. notamment le rapport d'avis sur 85 demandes de précision du projet PPR (rapport BRGM/RP-68031-FR¹² de juin 2018) ;
- La prise en compte d'outils topographiques précis :
 - Le **MNTR®** (2012) développé par l'IGN© est une base de données altimétrique unique donnant une représentation tridimensionnelle de la forme de la position du sol sur le territoire réunionnais. La précision altimétrique du modèle est de l'ordre de 20 cm et la précision planimétrique est de l'ordre de 50 cm.
 - La Région Réunion a fourni un relevé **Lidar®** du cirque de Salazie réalisé en 2015 (©Région Réunion). D'une précision planimétrique de 20 cm et altimétrique de 10 cm, ces données permettent d'obtenir une représentation récente et très précise de la topographie du cirque.
- Les résultats d'**études ponctuelles, généralement à l'échelle de projet d'aménagement permettant de préciser la connaissance sur les risques naturels à l'échelle du projet et/ou de préciser le zonage des aléas**. Ces études font l'objet d'une analyse critique par le BRGM avant une intégration éventuelle (partielle ou totale selon l'analyse) au projet de PPR (cas du projet de la RHI Mare à Vieille Place porté par la SHLMR notamment).
- La **mise en cohérence avec l'aléa inondation** (pour l'aléa érosion de berges notamment).

Les récentes données de l'IGN (BD Topo 2016 et les orthophotos de 2011) font également partie des données fréquemment utilisées dans l'élaboration de la cartographie.

La cartographie de l'aléa « mouvements de terrain » est présentée sur fonds topographiques :

- à l'échelle 1/17 500 pour l'ensemble du périmètre d'étude (planche 1) ;
- à l'échelle 1/5 000 sur les secteurs à enjeux de la commune, qui correspondent aux zones bâties (planche 2 à planche 6) :
 - ✓ secteur Ilet Morin / Plateau Wickers (planche 2) ;
 - ✓ secteur Centre-Ville de Salazie / Mare à Citrons (planche 3) ;
 - ✓ secteur Mare à Martin (planche n° 4) ;
 - ✓ secteur Grand Ilet (planche n° 5) ;
 - ✓ secteur Hell Bourg (planche n° 6) ;
- à l'échelle 1/10 000 sur les flancs du Piton des Neiges (planche 7).

¹² Rey A., Cance A., Magat E. (2018) – Commune de Salazie. Plan de Prévention des Risques Naturels « inondations et mouvements de terrain » de Salazie. Analyse des demandes de précision. Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-68031-FR. 176 p., 23 fig., 8 tab., 2 ann.

5.3.2. Règles générales de qualification de l'aléa mouvements de terrain

La définition de l'aléa impose de connaître, sur l'ensemble de la zone étudiée, **l'intensité et la probabilité d'occurrence** (ou d'apparition) des phénomènes naturels.

L'**intensité** d'un phénomène peut être appréciée de manière variable en fonction de sa nature même : volume des éléments pour une chute de blocs, importance des déformations du sol pour un glissement de terrain, importance du volume érodé pour une érosion de berge, etc... L'importance des dommages causés par des phénomènes passés ou l'échelle des parades nécessaires pour se prémunir du phénomène redouté peuvent également être prise en compte dans l'évaluation de l'intensité des aléas mouvements de terrain.

La **probabilité d'occurrence** est la traduction de la probabilité qu'un phénomène se produise. Elle est définie soit par la présence du phénomène (historique et/ou actif) sur la zone géographique étudiée soit par la probabilité d'apparition du phénomène sur la période de référence donnée en fonction de la configuration de la zone géographique étudiée. Cette probabilité d'occurrence est fonction de la présence ou non de facteurs déterminants propres à chaque phénomène étudié (facteurs de prédisposition) et de facteurs non permanents (ou aggravants).

Le guide PPR spécifique aux mouvements de terrains (M.A.T.E. et M.E.T.L., 1999), fort du constat qu'il est très délicat de qualifier un phénomène d'instabilité de pentes par une notion de fréquence (contrairement aux phénomènes d'inondations, de houle ou de vent), accepte que le critère d'intensité ou de gravité permette à lui seul de qualifier l'aléa mouvements de terrain.

La carte d'aléa est établie en fonction d'un aléa de référence, qui dans le cadre du PPR s'exprime généralement à partir d'une **période de référence (ou de retour) donnée**. Dans le cadre des PPR, cette période de référence donnée est le siècle à venir (**100 ans**), qui correspond approximativement à la durée de vie d'une habitation.

Probabilité d'occurrence

La prévision de la date de déclenchement d'une instabilité de terrain est très rarement possible car elle dépend de facteurs permanents imparfaitement connus et de facteurs déclenchant non prévisibles avec certitude (pluies, séismes, vibrations, activités humaines, etc.).

En pratique, la probabilité d'occurrence est la plupart du temps estimée de façon qualitative (faible, moyenne, forte, très forte) en évaluant la prédisposition du site à un phénomène donné en fonction des facteurs permanents d'instabilité. Cette probabilité est donnée en fonction d'une échéance (ex : pour les PPR mouvements de terrain, la période de référence est le siècle).

L'évaluation de cette « probabilité » est donc basée sur la détermination des contextes favorable à la manifestation des phénomènes. Pour cela, des facteurs de prédisposition (permanents) et des facteurs non permanents (aggravants ou non) sont déterminés :

- **facteurs de prédisposition (= permanents)**
 - géologie : lithologie, altération, fracturation, épaisseur des faciès, hétérogénéités des formations ;
 - morphologie : pentes, encaissement.
- **facteurs non permanents (= généralement déclenchants, aggravants)**
 - altitude : différence de pluviométrie ;
 - venue d'eau, d'humidité : résurgence, écoulement... ;
 - végétation : présence ou non, culture en terrasse... ;
 - activité humaine : ouvrages de protection, drainage mal adaptés, vibrations, ...
 - séisme

- ...

La définition et la précision des critères de prédisposition font appel à l'expérience de l'expert en charge de la cartographie de l'aléa mouvements de terrain, sur les phénomènes naturels à La Réunion, ainsi qu'à un inventaire des phénomènes historiques survenus sur la commune et à proximité immédiate (recherche historique en mairie, enquête auprès des habitants, etc.).

Les relevés de terrain effectués sur le bassin de risque étudié permettent d'identifier les facteurs de prédisposition et de préciser les facteurs potentiellement aggravants afin de définir, ou tout du moins d'estimer la probabilité d'occurrence d'un phénomène dans la période de temps considérée (en l'occurrence le siècle).

Le Tableau 9 présente une proposition d'échelle qualitative de probabilité d'occurrence.

Très élevée (te)	L'occurrence du phénomène est normale. Sa non-occurrence serait exceptionnelle	La probabilité est appréciée en fonction des facteurs déterminants (présence et/ou intensité)
Élevée (e)	L'occurrence du phénomène est plus envisageable que sa non-occurrence	
Modérée (m)	L'occurrence du phénomène est équivalente à sa non-occurrence	
Faible (f)	La non-occurrence du phénomène est plus envisageable que son occurrence	
Très faible (tf)	La non-occurrence du phénomène est normale. Son occurrence serait exceptionnelle	

Tableau 9 : Echelle qualitative de probabilité d'occurrence (LCPC, guide technique sur les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux, 2004)

Intensité

L'évaluation de l'intensité des phénomènes de mouvements de terrain s'appuie sur une approche naturaliste de type expertise, excluant tout recours à des études complémentaires (sondages, essais et modélisations), sauf lorsque celles-ci sont déjà disponibles lors de l'établissement des cartes d'aléas. Les facteurs de base sont le relief et la nature des terrains et donc, plus généralement, la géomorphologie du terrain. En fonction du type de formation rencontré, les critères vont différer : globalement plus les terrains seront indurés (roche, etc.) et plus la pente devra être importante pour créer des instabilités, et inversement.

Peuvent s'ajouter aux facteurs de prédisposition des facteurs non permanents, variables, qui vont soit augmenter soit diminuer l'exposition d'une zone face à un phénomène mouvement de terrain. Par exemple, la présence d'eau, la présence d'un défrichement intempestif vont augmenter l'exposition d'une zone. A contrario, la présence d'ouvrage de confortement de bonne qualité peut dans certains cas conduire à une diminution de l'exposition.

On doit, par ailleurs, tenir compte de la propagation d'un phénomène de mouvement de terrain :

- plus les masses en mouvement sont importantes et plus leur zone de départ est élevée, plus la zone de propagation potentielle est vaste ;
- plus la pente est importante et plus la zone de propagation sera importante.

De façon pratique, il convient de retenir que le zonage d'intensité distingue des secteurs homogènes où le niveau d'exposition à un aléa a été considéré constant. Cela signifie que des secteurs n'ayant fait l'objet d'aucun témoignage d'instabilité peuvent être considérés comme exposés s'ils présentent une configuration similaire à un ou plusieurs secteurs actifs ou historiquement touchés (notion de potentialité).

Aléa

De façon globale, l'évaluation des aléas repose sur un croisement de la probabilité d'occurrence et de l'intensité du phénomène à l'aide d'une grille de définition. Le résultat est exprimé de façon qualitative :

		Intensité croissante			
		Faible			Très élevée
Probabilité d'occurrence croissante	Faible	Faible			
	Très élevée				Très élevé

Tableau 10 : Principe de grille de qualification des aléas

Il est à noter que la hiérarchisation (le croisement finalement adopté) de l'aléa, selon ce type de grille, peut être variable d'un phénomène à un autre selon le nombre de classes d'intensité par exemple.

Le détail de chaque grille d'aide à la qualification de l'aléa mouvements de terrain (par type de phénomène gravitaire considéré) est présenté dans le rapport BRGM RP-66346-FR de Novembre 2016 et en annexe de la présente note de présentation.

Les aléas mouvements de terrain cartographiés dans le cadre de la procédure de révision du PPR de Salazie sont :

- **les chutes de pierres, les chutes de blocs et les éboulements (symbole P) :** phénomènes de recul de rempart, de propagation d'éboulement ou de chute de blocs isolés, de remobilisation de blocs sur les pentes ;
- **les glissements de terrain et coulées de boue associées (G) ;**
- **les érosions de berge (E) ;**
- **le ravinement, l'érosion des sols (E).**

5.3.3. Cas particulier des glissements de terrain actifs de grande ampleur

Vis-à-vis de la cartographie de l'aléa mouvements de terrain dont la période de référence considérée correspond au siècle à venir, les différents phénomènes induits par les glissements de terrain de grande ampleur sont pris en compte (cf. chapitre 4.3.2). A partir de la connaissance actuelle de ces phénomènes et leur occurrence possible sur le siècle à venir, les hypothèses suivantes ont été retenues :

Pour les terrains aux fronts et en bordure des glissements actifs :

- **Ces zones actives sont considérées en aléa élevé mouvements de terrain** (par exemple le récent glissement de terrain survenu au front du glissement de grande ampleur de Grand llet, lors du cyclone Béjisa en 2014 ou les phénomènes d'érosion régressive au front du glissement d'Ilet à Vidot où un recul de près de 200 m a pu être observé en près de 60 ans). Ces zones sont généralement caractérisées par des désordres historiques connus et caractéristiques des désordres pouvant se développer sur la période de référence. L'analyse des phénomènes historiques permet ainsi de se projeter sur l'ampleur des désordres pouvant survenir sur le long terme. Au-delà des phénomènes brutaux pouvant survenir, ces terrains sont également fréquemment soumis à de forts déplacements liés au glissement actif (vitesse de déplacement souvent au-delà de 10 cm/an), voire à d'importants tassements avant rupture brutale (cas du Belvédère du Point du Jour sur la RD48 dominant le glissement actif de Fond de Rond-Point où un tassement de l'ordre de 2 m entre 2013 et 2018 a été observé).

Pour les terrains au sein de l'emprise des glissements actifs de grande ampleur :

- Ces zones subissent ou subiront inéluctablement des déformations, des désordres. Sur la base des connaissances actuelles en terme de déplacement des glissements actifs, notamment à partir des résultats du suivi des bornes géodésiques implantés à Salazie (période de suivi 2003 à 2013, cf. Figure 21, confirmés par de récentes mesures GPS réalisées en mai 2018, soit 15 ans de suivi, cf. Figure 22), ces valeurs ont été jugées représentatives des vitesses d'évolution prévisibles sur la période de référence du PPR. Ainsi, une distinction a été retenue entre les zones à faibles et fortes vitesses de déplacement planimétriques pour distinguer respectivement un aléa moyen et élevé mouvements de terrain :
 - Un **aléa moyen mouvements de terrain** est considéré pour les zones de glissement avec des valeurs de vitesses de déplacement planimétriques **en-dessous de 6 à 10 cm par an**, sans tassement significatif et sans désordre connu en surface ;
 - Au-delà un **aléa élevé mouvements de terrain** est considéré (fortes vitesses de déplacement planimétriques, au-delà de 6 à 10 cm/an).

Une analyse de terrain spécifique est menée pour les zones affectées de vitesses de déplacement planimétriques de 6 à 10 cm/an afin de préciser la limite entre l'aléa moyen et élevé mouvements de terrain (en fonction notamment de la configuration morphologique et des désordres connus).

Les données de vitesses ne sont qu'une indication parmi d'autres qui entrent dans la caractérisation de l'aléa mouvements de terrain et ne constituent pas la seule donnée prise en compte. La configuration morphologique au sein de ces glissements actifs (proximité de grandes parois par exemple) peut également conditionner le niveau d'aléa retenus (cf. ci-dessous caractérisation de l'aléa chute de bloc/éboulement).

5.3.4. Cas particulier de l'aléa chute de blocs

Le détail des éléments méthodologiques utilisés est présenté dans le rapport BRGM RP-66346-FR de Novembre 2016.

Etant donné la géomorphologie du cirque de Salazie avec des remparts de plusieurs centaines de mètres de hauteur dominant l'intérieur du cirque, le territoire communal est particulièrement sensible et exposé aux phénomènes de chutes de blocs et aux éboulements, comme en témoignent les nombreux événements impactant la route d'accès au cirque (RD48) ou encore l'éboulement de l'Ilet Morin du 17 septembre 2010 (10 000 m³, cf. Figure 12). Les terrains en pied des grandes parois (« rempart ») délimitant le cirque de Salazie sont particulièrement exposés à ces mouvements de terrain (chutes de blocs et éboulements).

Sur la base des résultats du groupe de travail MEZAP (Méthode d'Evaluation du Zonage de l'Aléa chute de Pierre) initié par la DGPR (Direction Générale de la Prévention des Risques), une méthode de définition des enveloppes de propagation de chutes de blocs est décrite dans le rapport BRGM/RP-66589-FR¹³ et a été valorisée dans le présent PPR. Cette méthode s'appuie sur une base de données d'événements décrits (plus de 2700 chutes de blocs analysés dont un certain nombre d'événements observés à la Réunion (une cinquantaine)) et permet d'établir une relation, dans des contextes variés, entre la morphologie de la paroi pouvant libérer des blocs rocheux et les valeurs d'angle de ligne d'énergie (cf. Figure 28) associées.

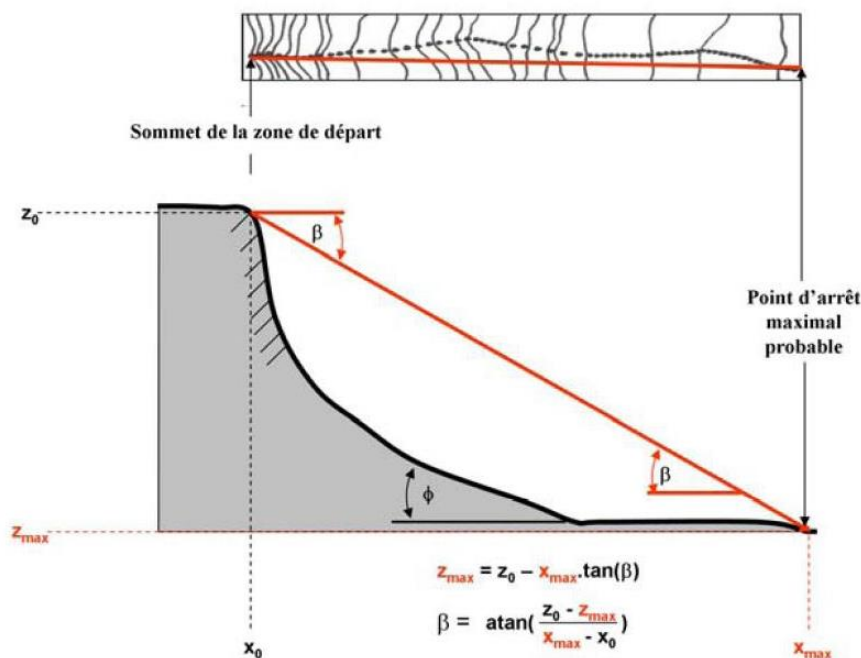


Figure 28 : Représentation schématique du principe de la ligne d'énergie et de la formule pour déterminer l'angle β (Berger, 2009b)

En complément de l'approche méthodologique présentée dans le rapport BRGM/RP-66346-FR de novembre 2016, cette méthode récente permet de définir des enveloppes variables de propagation en pied de paroi (à partir de valeurs d'angle variables), selon la morphologie des couloirs de propagation.

D'un point de vue méthodologique pour la caractérisation de l'aléa mouvements de terrain, ces valeurs obtenues permettent de préciser la probabilité d'atteinte en pied de paroi puis par croisement avec l'indice d'activité et l'intensité (= volume des blocs susceptibles de s'ébouler) l'aléa mouvements de terrain. D'une manière générale, **étant donnés les volumes éboulés et susceptibles de s'ébouler en pied des parois présentes à Salazie (volume considéré systématiquement $> m^3$)**, un aléa élevé mouvements de terrain est ainsi considéré au sein de l'enveloppe de propagation définie par la méthode présentée.

¹³ Colas B., Faure P., J. Rohmer (2017) – Valorisation des travaux réalisés dans le cadre du GT MEZAP (Année 1). Rapport d'avancement. BRGM/RP-66589-FR, 64 p., 57 fig., 1 ann.

5.3.5. Qualification de l'aléa mouvements de terrain

Le niveau d'aléa mouvements de terrain (pour chaque aléa mouvement de terrain considéré) est défini par croisement de la probabilité d'occurrence et de l'intensité du phénomène étudié.

Dans les secteurs concernés par plusieurs aléas, le niveau d'aléa le plus élevé sera prédominant pour la définition du niveau d'aléa « résultant ». Ainsi quatre niveaux d'aléa mouvements de terrain sont définis par regroupement des typologies rencontrées :

Niveau d'aléa des phénomènes naturels cartographiés	Niveau d'aléa résultant	Exemple de types de zones (indiciage)	Potentiel de dommages sur des enjeux bâtis (existants ou non)
si au moins un aléa faible	Faible	E1, P1, G1 et toute combinaison comprenant un de ceux-ci	Pas de dommage au gros œuvre Pas ou peu de dommage aux éléments de façades
si au moins un aléa moyen	Moyen	E2, G2, P2, et toute combinaison comprenant un de ceux-ci	Dommage au gros œuvre sans ruine. Intégrité structurelle sollicitée
si au moins un aléa élevé	Elevé	P3, E3, G3 et toute combinaison comprenant un de ceux-ci	Dommage important au gros œuvre. Ruine probable. Intégrité structurelle remise en cause.
si au moins un aléa très élevé	Très élevé	P4, E4, G4 et toute combinaison comprenant un de ceux-ci	Destruction du gros œuvre Ruine certaine Perte de toute intégrité structurelle

Tableau 11 : Définition du niveau d'aléa mouvements de terrain résultant en fonction des différents aléas caractérisés

5.4. PRINCIPES DE TRADUCTION REGLEMENTAIRE

Les principes de traduction réglementaire des aléas seront détaillés dans le règlement du projet de PPR (règlement en cours d'élaboration).

Par similitude avec les procédures d'élaboration et/ou de révision de PPR actuellement en vigueur, la grille de croisement des aléas permettant la définition des zones réglementaires servira de base au projet de règlement du PPR de Salazie.

Les règles et prescriptions définies et propres à chaque zone ainsi que les différentes dispositions réglementaires applicables au titre du PPR de Salazie seront décrites dans le règlement du projet, suite à une phase de concertation entre les services de la DEAL et de la commune.

Les principes de croisement des aléas afin de définir le zonage réglementaire intègrent les principales règles suivantes :

- Toute zone concernée par un aléa fort inondation ou élevé et très élevé mouvements de terrain est classée en R1 = zone « rouge » dotée d'un principe d'inconstructibilité ;
- L'aléa moyen mouvements de terrain est traduit (en dehors de zones d'aléa fort inondation) suivant deux zones réglementaires (R2 = zone « rouge (orange cartographique) » dotée d'un principe d'inconstructibilité et B2u zone « bleue » dotée d'un principe de constructibilité avec prescriptions). La distinction réglementaire des terrains classés en aléa moyen mouvements de terrain est définie en fonction du caractère « sécurisable » dans le cadre d'un projet

d'aménagement dans des zones à enjeux, où des travaux de sécurisation sont jugés réalisables. La délimitation des zones à enjeux s'appuie sur les limites des espaces forestiers gérés par l'ONF et les limites du cœur du Parc National de la Réunion. Les terrains inclus au sein de ces 2 périmètres, classés en aléa moyen mouvements de terrain, sont ainsi maintenus en zone R2. En dehors de ces espaces naturels, les principaux critères utilisés pour juger du caractère sécurisable sont les suivants :

- La capacité technique à protéger la zone considérée doit être garantie dans le cadre d'un projet éventuel ;
- Le coût de la protection, directement lié à l'intensité des instabilités pouvant se développer dans la zone considérée doit être proportionné au projet éventuel.

Par exemple, les terrains classés en aléa moyen en recul de la crête des remparts ou ceux situés en pied de parois de grande hauteur où des chutes de blocs et des éboulements peuvent se produire et impacter ces terrains ne sont pas considérés comme sécurisables à l'échelle d'un particulier ou d'un porteur de projet (capacité technique très difficile voire hypothétique ; coût disproportionné par rapport au projet). Une traduction réglementaire R2 est retenue dans ces cas d'espèce.

La constructibilité dans les zones réglementaires B2u nécessite au préalable la réalisation d'une étude technique (généralement géotechnique) afin de définir les conditions de réalisation du projet ;

- En dehors des zones d'aléa moyen et élevé/très élevé mouvements de terrain, l'aléa faible et l'aléa moyen inondation conditionnent la traduction réglementaire des zones B2 (aléa moyen inondation) et B3 (aléa faible inondation), zones « bleues » dotées d'un principe de constructibilité avec prescriptions.

Durant la phase de concertation sur le projet de règlement entre les services de la DEAL et de la commune, étant donnée la spécificité de Salazie, avec plusieurs glissements de terrain actifs de grande ampleur, à la surface desquels l'urbanisation est présente, une démarche spécifique avec des règles adaptées a été retenue pour ces zones particulières qui seront délimitées. Il est ainsi envisagé de définir des zones réglementaires spécifiques pour les terrains concernés par les glissements actifs (zones réglementaires indice « g »). Pour les autres secteurs (hors zone de glissement de grande ampleur), les zones réglementaires ne seront pas indicées.

La délimitation de l'emprise des glissements de grande ampleur est établie à partir de l'état actuel des connaissances relatif à ces phénomènes (informations issues des résultats des projets MvTerre1 et 2). (cf. Figure 22). Dans le cadre de la révision des cartes d'aléa et du zonage réglementaire, à partir du suivi complémentaire des bornes géodésiques et des observations de terrain, ces contours ont été précisés. Afin de simplifier la compréhension et l'utilisation du zonage réglementaire dans les secteurs concernés par ces glissements actifs de grande ampleur, la configuration morphologique aux abords immédiats des glissements actifs connus ainsi que l'évolution possible sur le siècle à venir ont également été considérés pour définir ces emprises.

Concernant ces secteurs impactés par des glissements actifs de grande ampleur, les éléments méthodologiques suivants ont été considérés pour la traduction réglementaire de l'aléa moyen mouvements de terrain :

- au sein de l'emprise connue des glissements actifs de grande ampleur où des désordres et des déplacements sont identifiés : traduction retenue en R2g. Il est considéré qu'au sein de ces zones, même avec des vitesses modérées de déplacement planimétrique et/ou de tassement (supérieures à quelques cm/an et inférieures à 10 cm/an), la connaissance actuelle ne suffit pas pour exclure l'absence de risque d'accélération ou d'aggravation des désordres. La construction de nouveaux enjeux bâtis à vocation d'habitation dans ces zones est donc proscrite ;

- au sein (dans les zones en arrière des glissements) ou à proximité immédiate de l'emprise connue des glissements actifs de grande ampleur, où des vitesses nulles, faibles ou supposées de déplacement planimétrique et/ou de tassement sont observées (quelques cm/an, voire nulles), il est probable que ces secteurs puissent subir des désordres sur la période de référence du PPR. Toutefois, à partir des éléments de connaissance actuel, une adaptation et une sécurisation des projets de constructions sont envisageables dans ces secteurs, tout en intégrant la contrainte que représente les conséquences des glissements actifs proches. Ces zones sont traduites en B2ug. C'est le cas notamment du secteur de Casabois à Grand Ilet, du plateau haut du Bélair, de la partie haute du quartier d'Ilet à Vidot ou encore d'une partie du plateau de Mare à Goyaves où aucun désordre significatif n'a été observé et où les vitesses de déplacement mesurées sont faibles et proches des incertitudes de mesure voire nulles à ce stade.

Transcription réglementaire aléa/enjeux		MOUVEMENTS DE TERRAIN							
		<i>Très élevé</i> <i>élevé</i>		<i>Moyen</i>				<i>Faible</i>	<i>Nul</i>
				Autres secteurs		Secteurs jugés sécurisables			
		Non concernés par les glissements de terrains de grande ampleur	concernés par les glissements de terrains de grande ampleur	Non concernés par les glissements de terrains de grande ampleur	concernés par les glissements de terrains de grande ampleur	Non concernés par les glissements de terrains de grande ampleur	Concernés par les glissements de terrains de grande ampleur		
INONDATION	<i>fort</i>	R1	R1g	R1	R1g	R1	R1g	R1	R1
	<i>moyen</i>	R1	R1g	R2	R2g	B2u	B2ug	B2	B2
	<i>nul</i>	R1	R1g	R2	R2g	B2u	B2ug		

Tableau 12 : Principe de traduction réglementaire des aléas du projet de PPR de Salazie

5.5. EXEMPLES DE CARTOGRAPHIE AU DROIT DE SECTEURS À ENJEUX

Afin d'illustrer les zonages inondation, mouvements de terrain et leur traduction réglementaire au projet de PPR, quelques exemples de secteurs habités et exposés aux aléas de la commune sont présentés ci-dessous. Pour chaque secteur, un extrait des cartes d'aléa inondation et mouvements de terrain, ainsi qu'un extrait du zonage réglementaire seront présentés (cf. Tableau 13 pour les légendes utilisées).

- Secteur de Mare à Goyaves ;
- Secteur de Grand Ilet ;
- Secteur de Hell-Bourg – Mare à Poule d'Eau.

Niveau d'aléa MVT :	Niveau d'aléa Inondation :	Zonage réglementaire :
TRES ELEVE ELEVE MOYEN FAIBLE : Emprise supposée des glissements actifs	FORT MOYEN	B2u B2ug B2 R1 R1g R2 R2g

Tableau 13 : Légendes des extraits cartographiques du projet de PPR

Secteur de Mare à Goyaves

Le plateau de Mare à Goyaves est délimité au nord par le plateau Fleurs Jaunes qui le sépare du pied de rempart nord. Il est en continuité avec les plateaux de Butor et de Mare à Vieille Place, situés plus à l'Ouest. Ce plateau est situé à l'entrée du cirque et est relativement urbanisé.

La dépression perchée de Mare à Goyaves est drainée par la Ravine Grosse Roche qui rejoint la Rivière du Mât en aval du village de Salazie.

Le zonage de l'inondation est largement influencé par la présence de la Mare à Goyave sur le plateau (dépression fermée) ainsi que les ravines qui la drainent. L'emprise de l'aléa inondation « fort » sur le plateau est basé sur la topographie du terrain aux alentours de la mare ainsi que sur les crues historiques observées.

Les résultats des analyses hydrologique et hydraulique présentés dans le rapport de Sogreah de juin 2007 (Protection du secteur de Mare à Goyaves contre les inondations – étude préliminaire, réf. 2.85.0269) ont été valorisées, ainsi la cote de référence potentiellement atteinte par un évènement pluvieux centennal, évaluée à environ 586 m NGR, a été considérée. Les récentes données topographiques issues du levé Lidar de 2015 (©Région Réunion) ont permis de préciser le contexte topographique de cette dépression et de définir les niveaux d'aléa inondation du secteur.

Les zones potentiellement concernées par des hauteurs de plus d'1m sont ainsi cartographiées en aléa fort inondation avec une auréole périphérique en aléa moyen pour les zones exposées à de moindre hauteurs d'eau.

L'aléa mouvements de terrain a été cartographié en tenant compte du glissement actif de Mare à Goyaves dont l'emprise concerne le versant sud du plateau par lequel passe la route ainsi que le versant abrupt d'environ 100m de haut le surplombant au Nord (pente marquée de plus de 45°).

Les suivis du secteur réalisés dans le cadre du projet MvTerre ont notamment montré de nombreux désordres en surface au niveau de la route d'accès au plateau bâti de Mare à Goyaves (ouverture de fissures, tassement), évolutifs dans le temps, ainsi que des déplacements planimétriques significatifs, de l'ordre de 10 à 20 cm/an avec également une forte composante de tassement (près de 70 cm de tassement observé sur 15 ans).

Ce contexte géomorphologique impose un aléa élevé mouvements de terrain sur tout le versant Sud affecté d'un glissement de terrain actif ainsi qu'au niveau du versant dominant le hameau de Mare à Goyaves au Nord pour tenir compte des risques de déclenchement d'instabilité dans ce type de configuration (chute de blocs et/ou glissement).

Une incertitude demeure, à partir des éléments de connaissance actuel sur l'emprise précise du glissement actif de Mare à Goyaves, notamment au niveau du plateau bâti en recul de l'emprise active connue. La seule borne géodésique présente au sein du secteur n'a pas pu être exploitée dans le cadre du suivi réalisé durant le projet MvTerre. L'incertitude sur l'incidence du glissement actif sur les terrains en recul a été confirmée par l'étude géologique du glissement réalisée en mai 2013 par Mascareignes Géologie dans le cadre du projet MvTerre.

Dans ce cadre, le plateau bâti de Mare à Goyave est classé en aléa moyen mouvements de terrain du fait de son exposition, d'une part, pour les terrains les plus proches du versant dominant au risque de chute de blocs et d'autre part, du fait de sa proximité avec le glissement actif affectant le versant sud en contrebas et de l'incertitude de la répercussion de ce glissement sur le long terme sur les terrains en recul. En effet, étant donné les forts tassements observés dans ce secteur, le glissement de Mare à Goyaves est celui du cirque de Salazie pour lequel un emballement catastrophique n'est

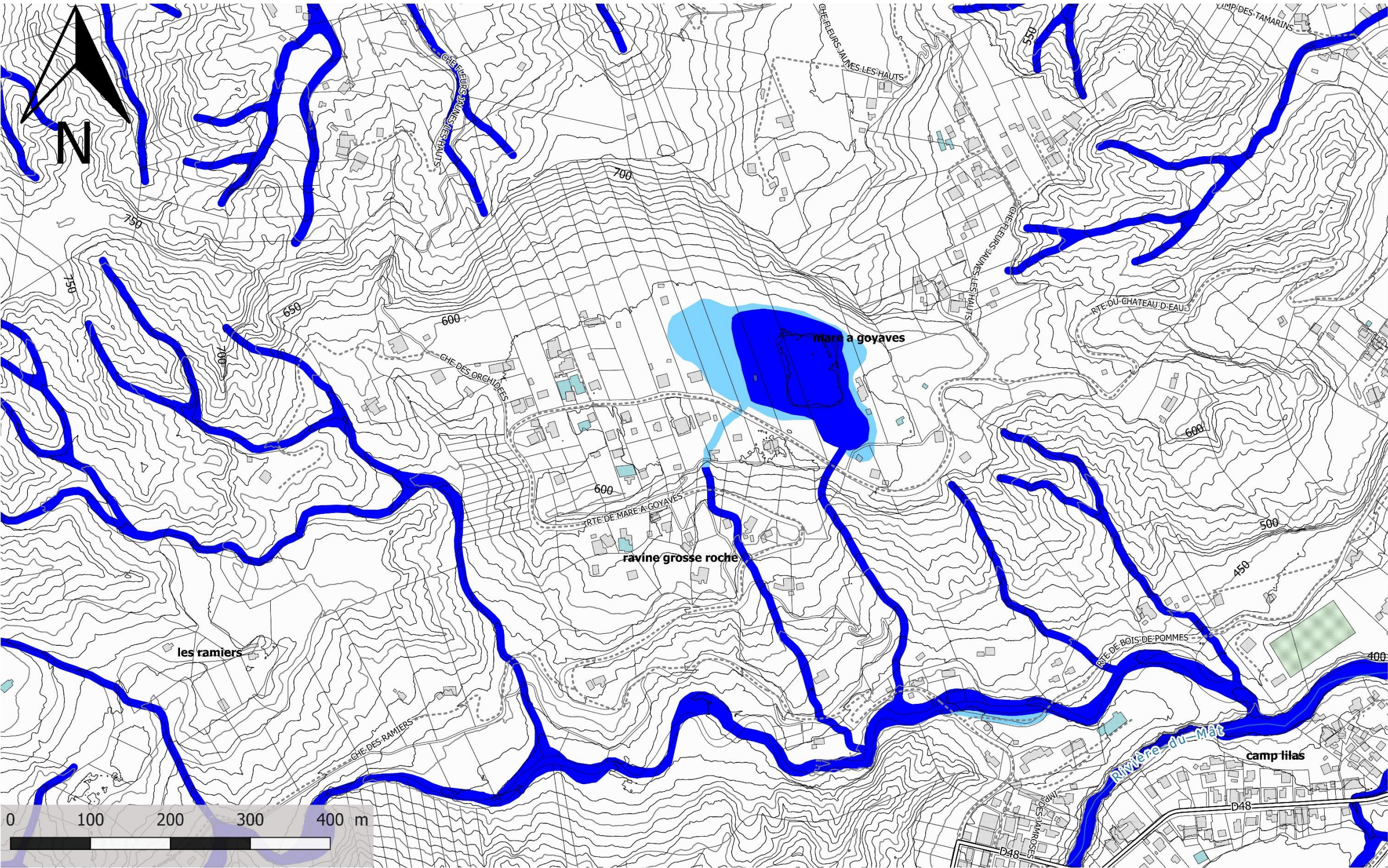
pas exclu sur le moyen/long terme, pouvant le cas échéant avoir des répercussions sur les terrains du plateau en recul.

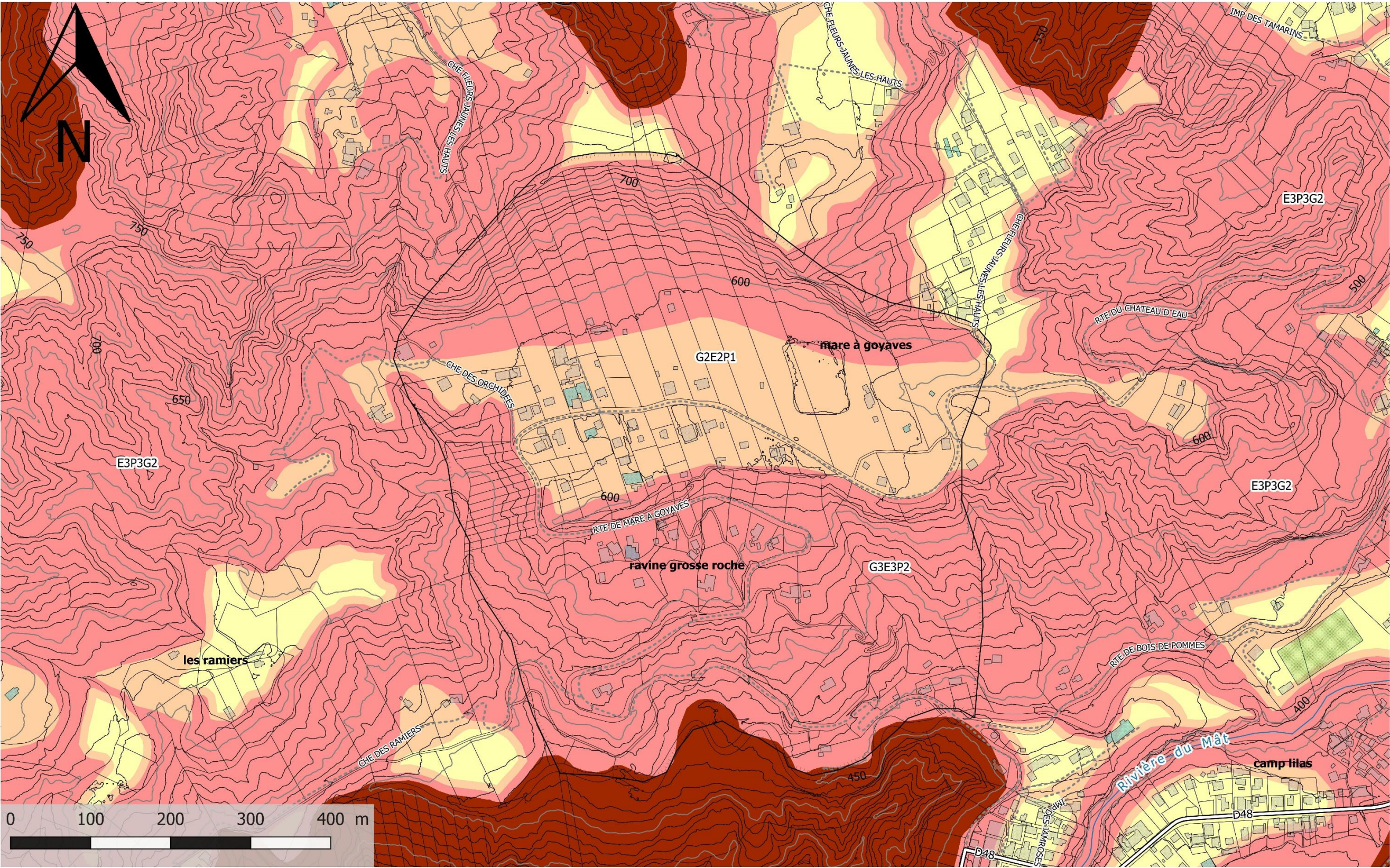
Cet aléa moyen mouvements de terrain est classé en R2g au zonage réglementaire du projet de PPR pour la bande de terrain en recul immédiat du glissement actif connu (bande d'environ 50 m depuis la rupture de pente au sud du plateau) car la sécurisation du glissement actif n'est pas envisageable à l'échelle de projet individuel voire collectif et l'incidence du glissement sur le long terme au droit de ces terrains en recul immédiat, est fort probable. Ce classement limitera le développement de l'urbanisation au niveau de ce plateau situé à proximité immédiate du glissement actif de Mare à Goyave pouvant l'affecter.

Les terrains plus en recul, principalement en amont de la route d'accès au plateau de Mare à Goyaves, sont classés en B2ug au zonage réglementaire du projet de PPR du fait de l'absence de désordres et d'indices pouvant suspecter une incidence à court ou moyen terme du glissement actif de Mare à Goyaves.



Figure 29 : Indices d'instabilité observés dans la zone du glissement actif de Mare à Goyave





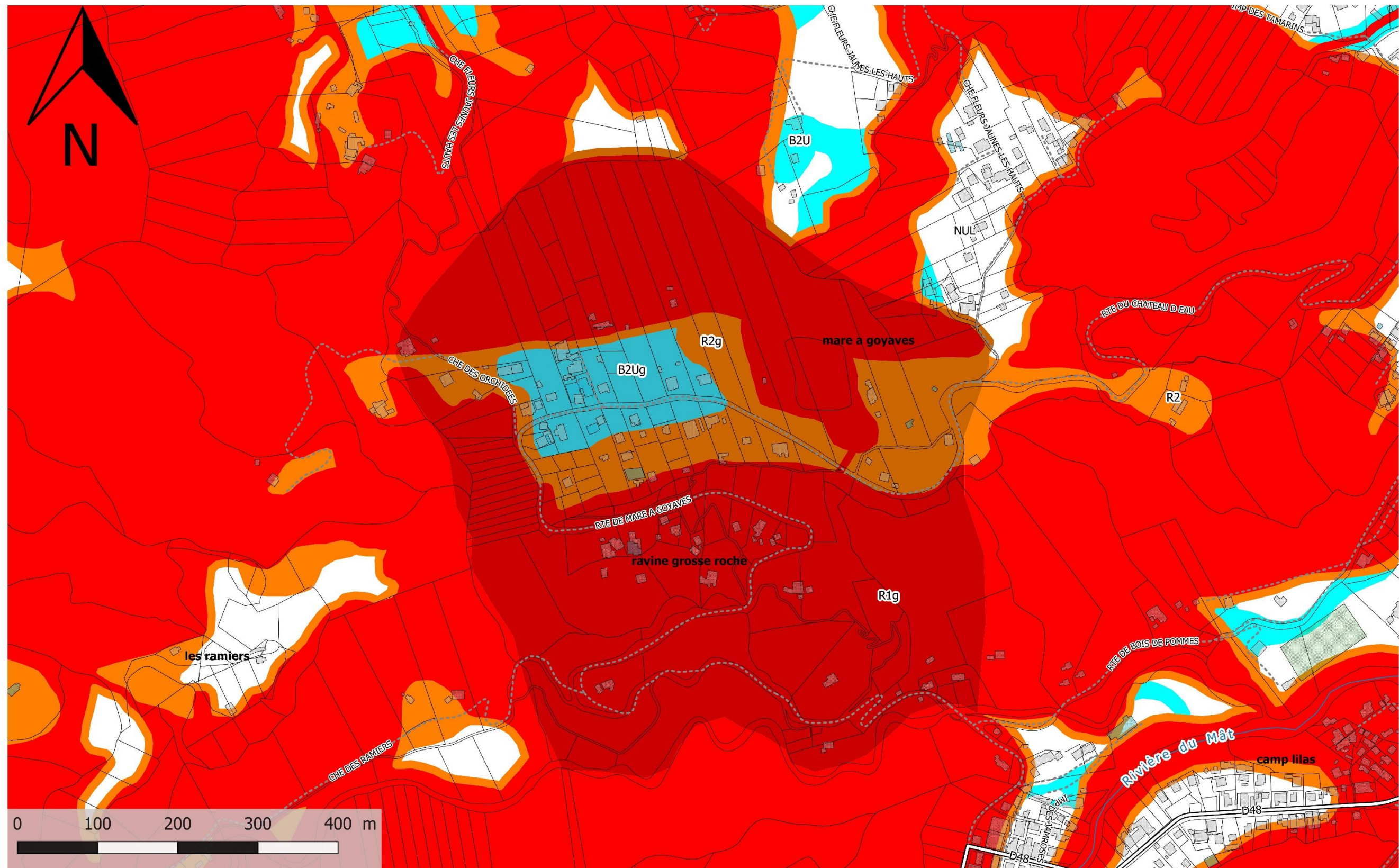


Figure 30 : Extraits du projet de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et zonage réglementaire au droit du secteur de Mare à Goyave.

Secteur de Grand Ilet - Casabois

Le plateau de Grand Ilet montre une pente générale orientée vers le Nord-Est de l'ordre de 10°-15°. Situé entre 900m et 1300m d'altitude il est délimité :

- A l'ouest par le rempart du cirque (hauteur variant entre 350 et 1000 m) ;
- Au nord par la ravine Roche à Jacquot ;
- A l'est par le versant rive gauche de la rivière Fleurs Jaunes ;
- Au sud par la ravine Camp Pierrot.

Avec ses 1200 habitants sur une surface totale d'environ 5 km² il constitue une zone densément peuplée de Salazie.

Au titre du PPR le zonage de ce secteur est largement influencé par le glissement actif de grande ampleur de Grand Ilet, un des phénomènes majeurs du cirque dont le volume de matériaux en mouvement est estimé à plus de 300 millions de m³.

En dehors des ravines bordant le plateau l'aléa inondation dépend des « mares sèches » soit des dépressions du terrain qui se chargent en eau lors d'épisodes pluvieux. On en recense une dizaine sur le plateau. Ces mares sont le résultat de la formation de dépressions topographiques causées par le glissement actif.

Le mouvement de terrain de grande ampleur de Grand Ilet a fait l'objet, dans le cadre du programme de recherche MvTerre, de nombreuses études, associant observations de terrain et instrumentation. Un réseau de bornes géodésiques a notamment été suivi entre 2003 et 2013 sur le secteur, complété par un récent levé réalisé en mai 2018, qui tend à confirmer les déplacements connus. Ce suivi a permis de mettre en évidence la coexistence sur le plateau de Grand Ilet de deux mouvements distincts :

- Le **mouvement « principal »** orienté vers le Nord-Est, qui concerne de façon plus ou moins marquée une large partie septentrionale du plateau : les déplacements soulignent distinctement une décroissance de l'activité vers le Sud-Ouest (vers le haut du plateau), avec l'existence de trois grands compartiments. Le panneau le plus actif, au front du glissement, avance à une vitesse moyenne planimétrique comprise entre 30cm/an et 55cm/an. Les deux autres panneaux se sont déplacés à des vitesses moyennes planimétriques comprises entre 15 et 30 cm/an, et entre 12.5 et 3.5 cm/an.
- **Les secteurs de Camp Pierrot et du Bélér**, en bordure Sud du plateau de Grand Ilet, sont affectés de mouvements orientés vers le Sud-Est (direction de la Ravine Camp Pierrot) avec de vitesses moyennes planimétriques comprises entre 3 et 6.5 cm/an.

Les observations de terrain réalisées révèlent l'existence de nombreux indices d'activité : niches d'arrachement, fissuration, affaissement.

Ces données (vitesses de déplacement planimétrique, de tassement et observations de terrain) sont valorisées afin de cartographier l'aléa mouvements de terrain sur cette zone.

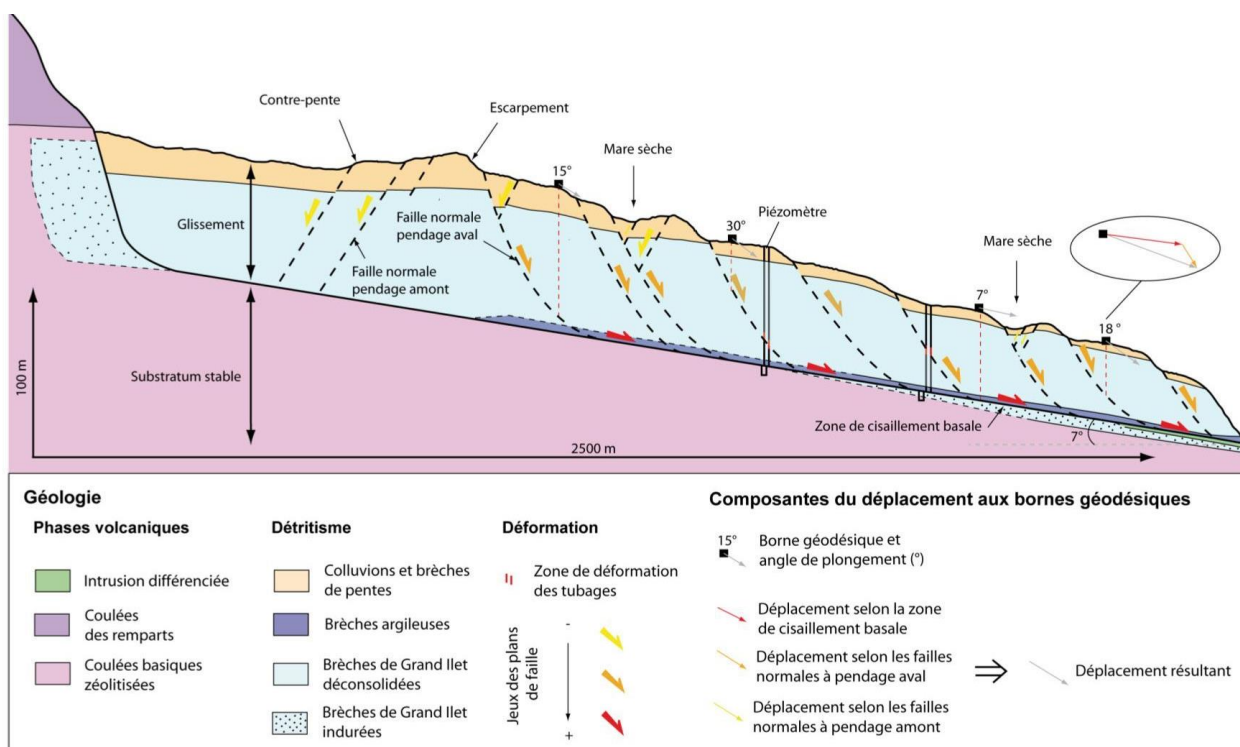


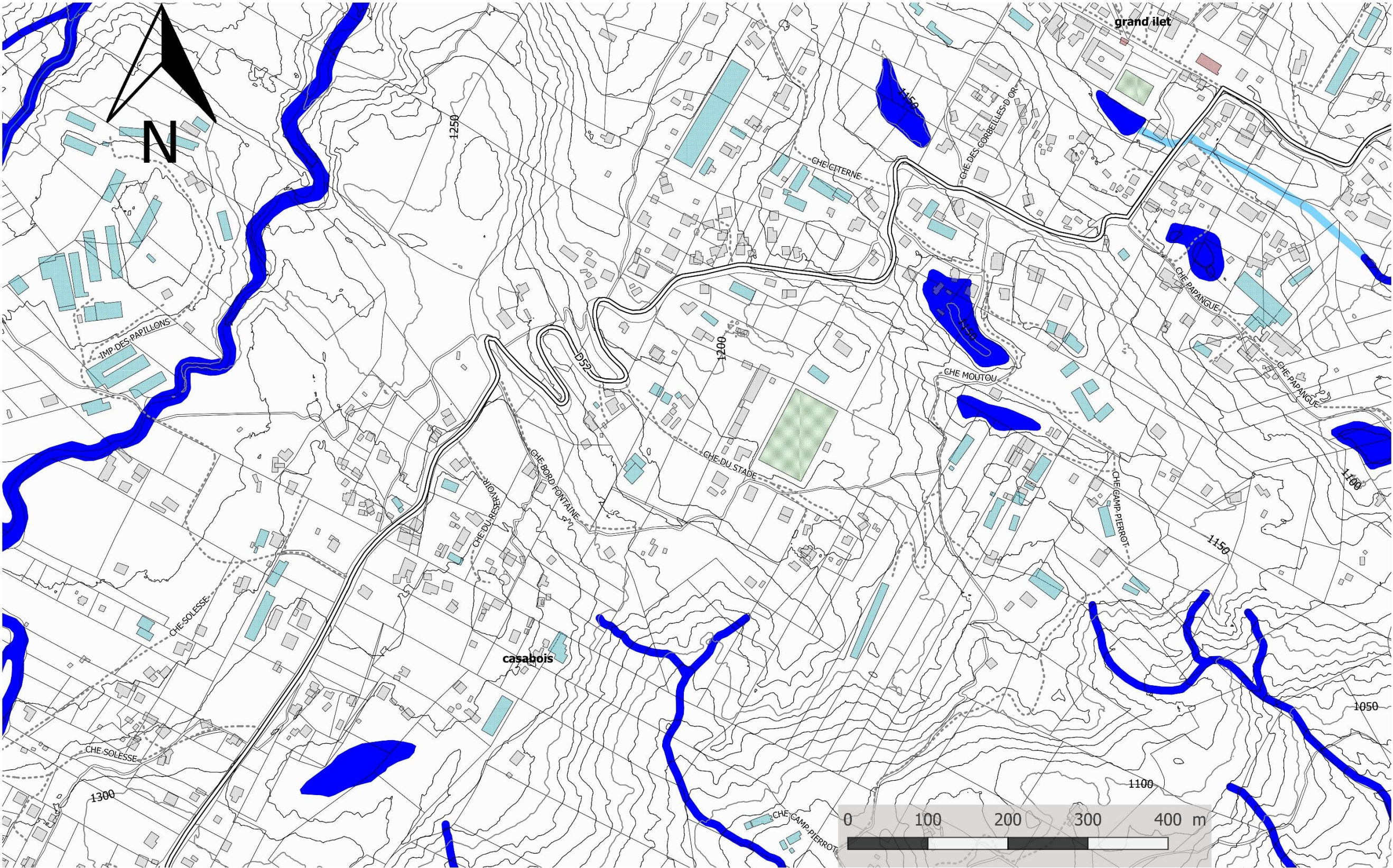
Figure 31 : Schéma conceptuel du glissement de grande ampleur de Grand Ilet (Thèse Belle P., 2014)

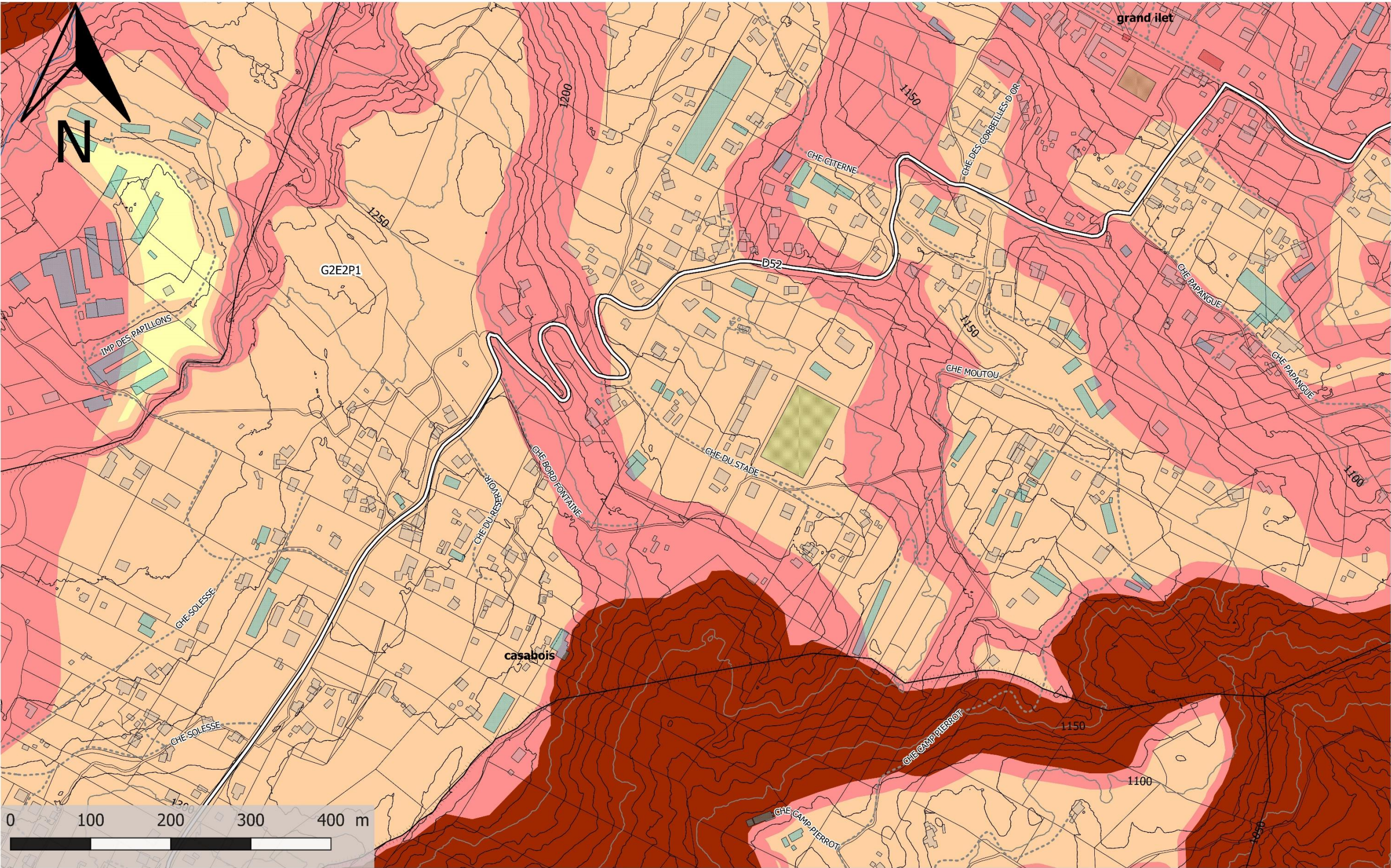
Comme indiqué aux chapitres précédents, le front du glissement, qui présente des valeurs de déplacement dépassant plusieurs dizaines de cm/an est cartographié en aléa élevé du fait des conséquences sur les terrains concernés. Au cœur du glissement puis progressivement en recul, un aléa moyen mouvements de terrain est considéré pour les terrains affectés de vitesses faibles à modérées (moins de 10 cm/an).

Ainsi les plateaux constitués par les deux panneaux du glissement les plus en recul du front sont majoritairement cartographiés en aléa moyen mouvements de terrain hormis au droit des escarpements les plus prononcés. Le plateau situé dans le quartier de Casabois est également cartographié en aléa moyen mouvements de terrain. Ce dernier se voit également impacté par le rempart le surplombant à l'Ouest (Cimendef), une zone protégée par la ravine Casabois a pu néanmoins être cartographiée en aléa faible.

Enfin, le secteur du Bélier et Camp Pierrot faisant partie du deuxième mouvement mentionné plus haut ont été cartographiés selon les mêmes principes méthodologiques, avec un aléa moyen retenu sur les plateaux bâtis et un aléa élevé mouvements de terrain au droit des versants abrupts proches.

Au projet de PPR, les terrains classés en aléa moyen et élevé mouvements de terrain au sein du glissement actif de Grand Ilet sont respectivement traduits en R2g et R1g (principe d'inconstructibilité). Les terrains en recul de l'emprise connue du glissement actif, d'une manière générale, le plateau de Casabois, sont jugés sécurisables, aménageables en tenant compte du contexte du glissement actif sont traduit en B2ug. En effet, le risque d'emballement catastrophique du glissement lent de Grand Ilet est écarté à partir des éléments de connaissance actuel et les terrains montrant des déplacements faibles voire nul, malgré leur proximité avec la partie arrière du glissement, peuvent faire l'objet d'adaptation des techniques constructives et de travaux de sécurisation afin de pérenniser les projets de construction dans ce secteur.





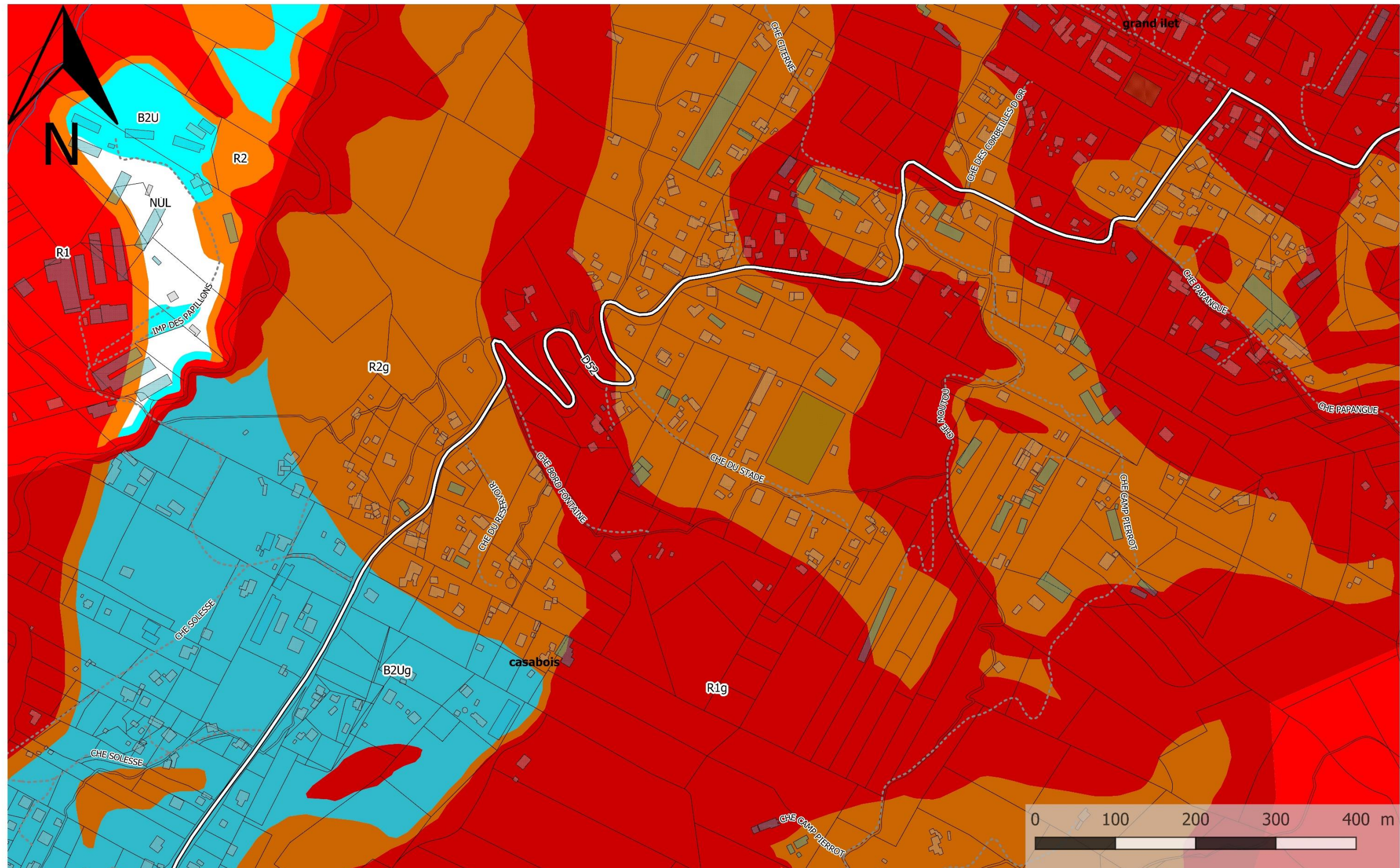


Figure 32 : Extraits du projet de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et zonage réglementaire au droit du secteur de Grand Ilet – Casaboiss

Secteur de Hell-Bourg – Mare à Poule d'Eau

Ce secteur comprend trois principales zones d'urbanisation :

- Au nord le village de Mare à Poule d'Eau situé sur un plateau dominant de 150 à 200 m la Rivière du Mât.
- Au sud-ouest de la zone précédente le village d'Hell Bourg est délimité au nord par un escarpement de 100 m environ qui se prolonge en direction du plateau de Mare à Poule d'Eau et qui surplombe le secteur de Fond de Rond-Point. A l'est, la limite est matérialisée par le versant rive droite du Bras Sec, d'une hauteur de 50 à 100 m ;
- A l'Ouest d'Hell Bourg, Ilet à Vidot se situe sur un plateau présentant une déclivité générale vers le nord. Il est rattaché au rempart au sud, et est délimité à l'est par la ravine précédente et à l'ouest par le Bras Fontaine

A l'instar de Grand Ilet on recense plusieurs mouvements de grande ampleur sur ce secteur qui ont été instrumentés dans le cadre des projets de recherche MvTerre 1 et 2 depuis 2003.

Le glissement actif de grande ampleur de Fond de Rond-Point (ou de Mare à Poule d'Eau) couvre une superficie de plusieurs km² en contrebas d'Hell Bourg. Les mesures soulignent un déplacement général vers le Nord. Les vitesses de déplacement planimétriques sont les plus importantes relevées dans le cirque avec des valeurs atteignant plus d'1m par an (suivi entre 2003 et 2018). Ce mécanisme a des répercussions importantes sur les terrains en surface au droit du glissement :

- La bordure nord-ouest de Mare à Poule d'Eau ainsi que le secteur de Fond de Rond-Point sont les zones sur lesquelles l'activité du glissement est la plus importante avec des vitesses de déplacement moyenne atteignant 1m/an à 1.7m/an ;
- Un des indice d'activité est la déformation de la RD48 au niveau des virages permettant d'accéder à Mare à Poule d'Eau. Ce phénomène oblige les services du Conseil départemental à refaire cette portion de route plusieurs fois par an ;
- les maisons présentes au sein du glissement sont régulièrement affectées de désordres structurels avec parfois des risques pour leurs occupants du fait de l'ampleur de ces désordres et des évolutions possibles à très court terme (quelques mois, voire années) ;

Ce glissement a également des répercussions sur les terrains encaissants en bordure du glissement, que ce soit au niveau du plateau de Mare à Poule d'Eau mais aussi d'Hell Bourg (secteur du cimetière ou encore le belvédère dit du « point du jour » à l'entrée du village) :

- apparition de fissures dans les terrains et de panneau en décrochement témoignant de mouvement associé au glissement actif en contrebas ;
- plusieurs maisons dans ces secteurs proches, en recul des zones actives, sont endommagées et parfois inhabitables du fait des désordres constatés.

La coupe schématique ci-dessous présente le fonctionnement général du mouvement de grande ampleur d'Hell Bourg.

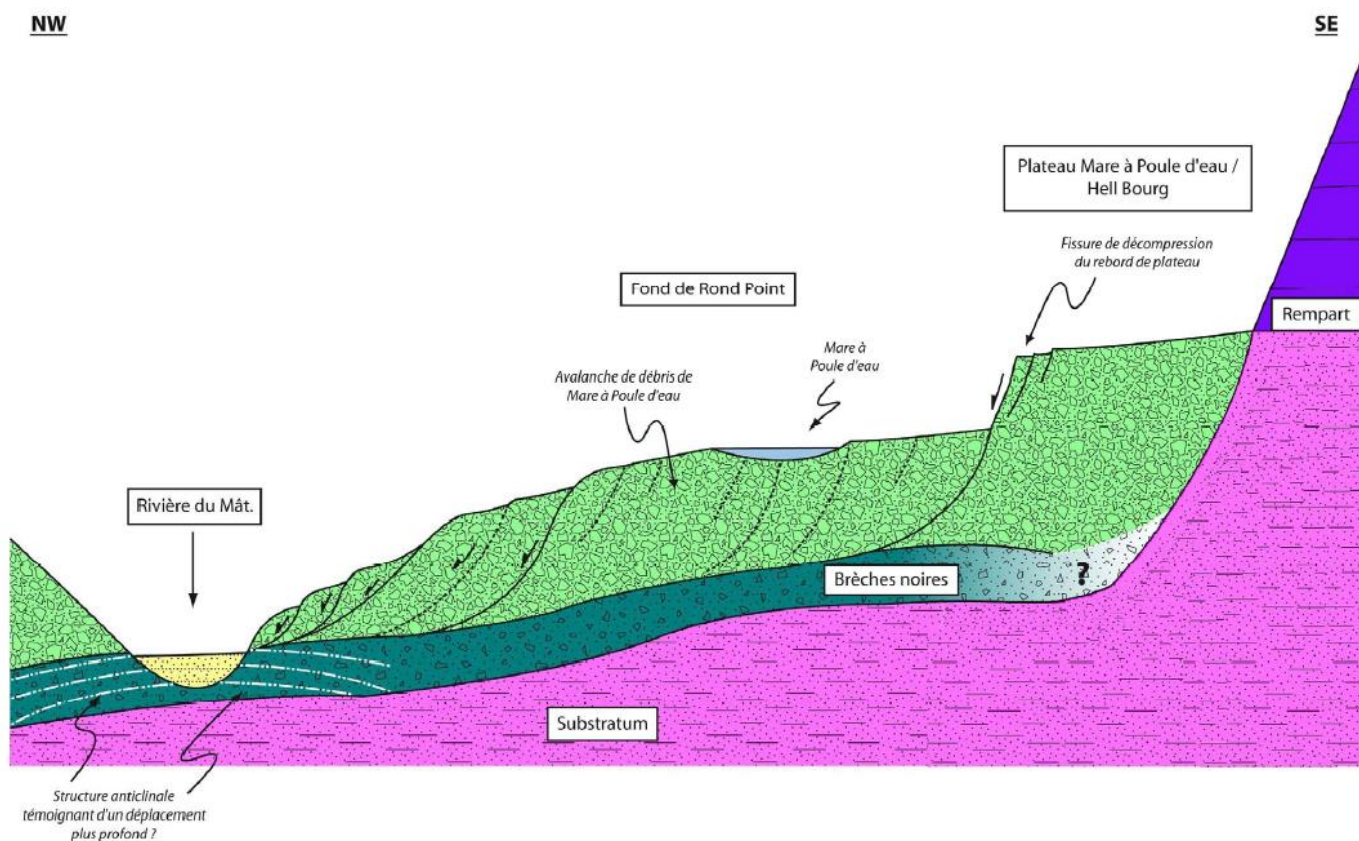


Figure 33 : Coupe schématique interprétative du glissement d'Hell Bourg

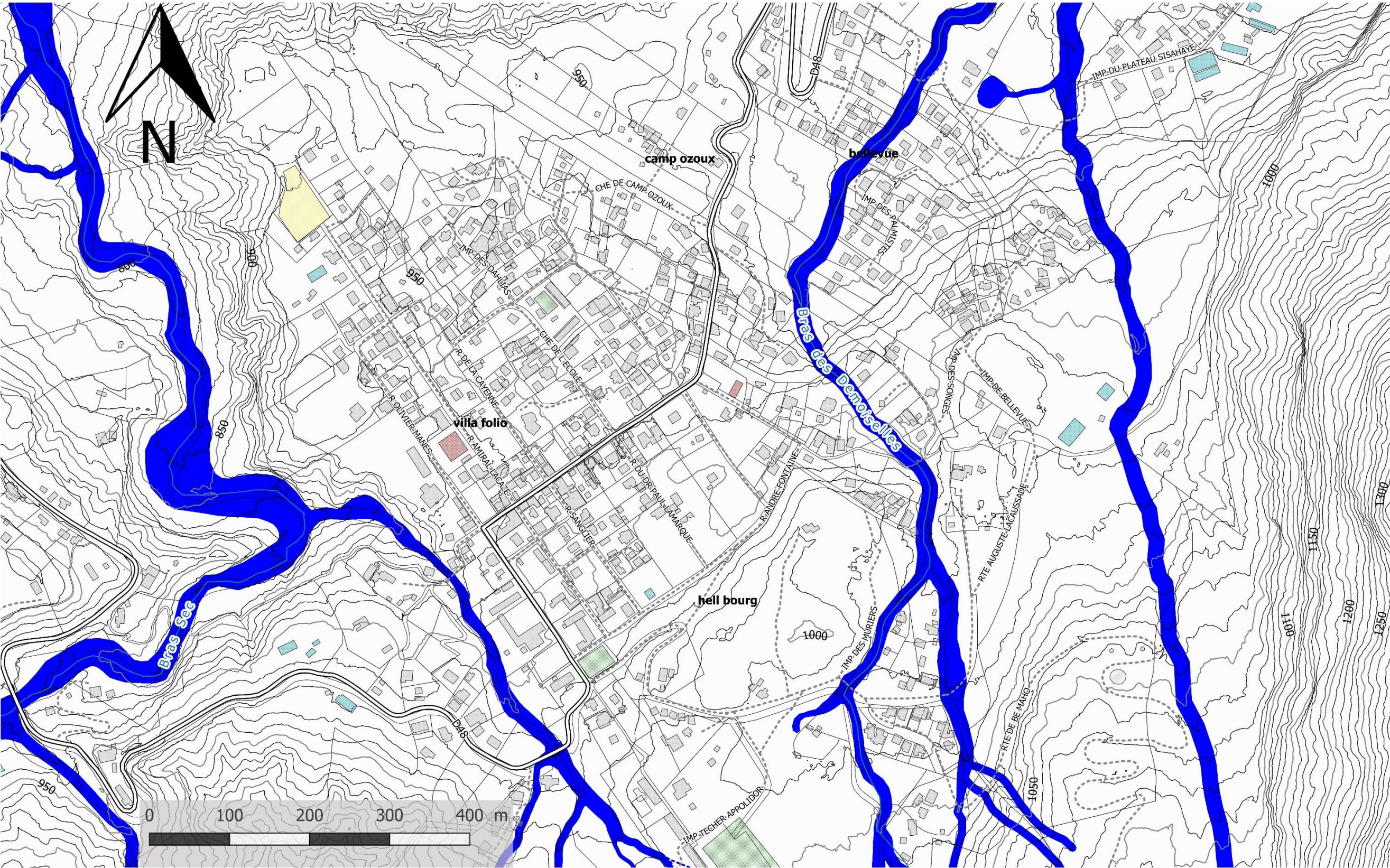


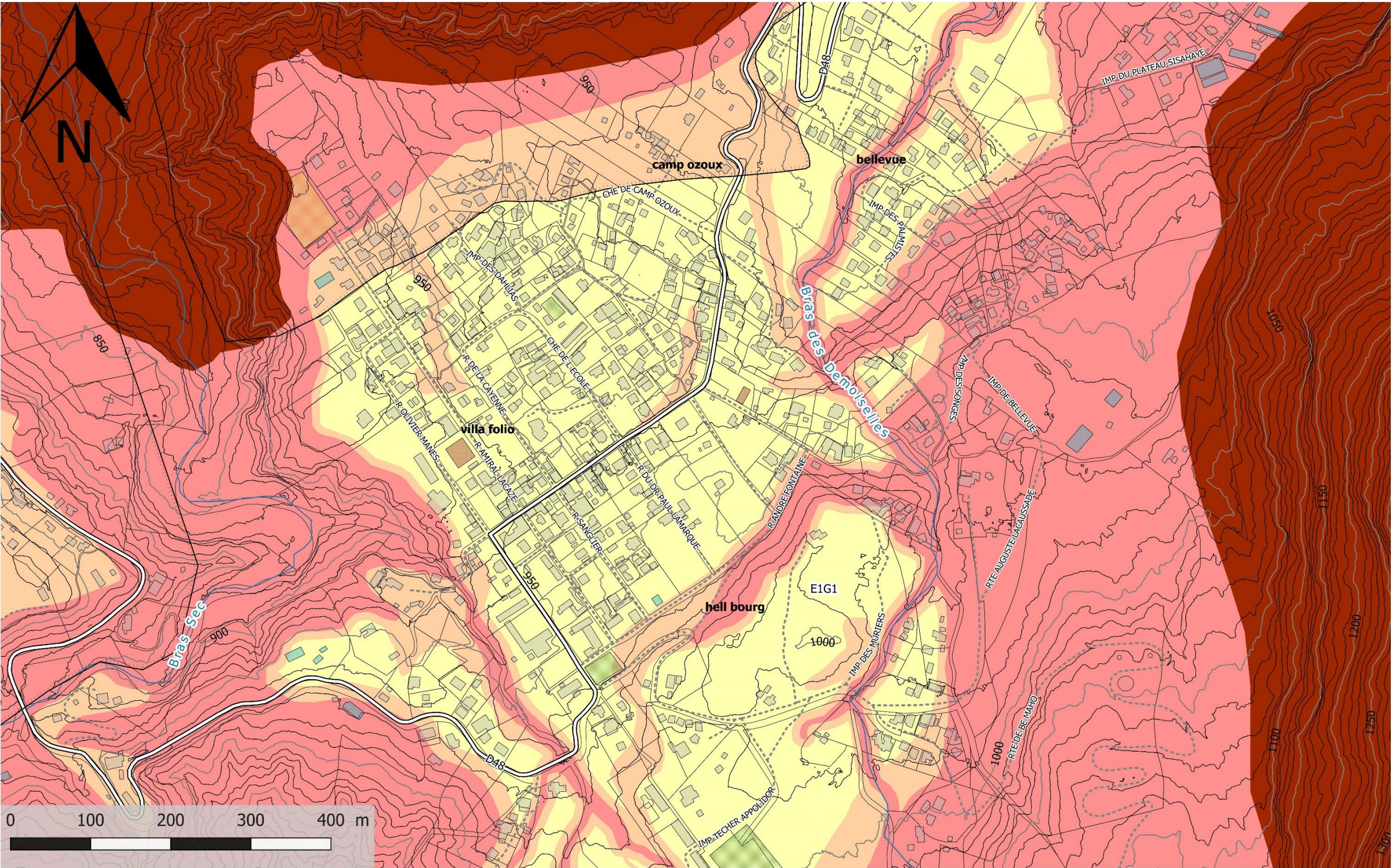
Figure 34 : Déformation de la RD48 dans le secteur de Hell-Bourg (Mars 2018)

Concernant la cartographie des aléas mouvements de terrain et leur traduction réglementaire (secteur Hell Bourg proche du glissement actif), les éléments suivants ont été considérés :

- dans l'emprise du glissement actif de Mare à Poule d'Eau, les fortes vitesses associées aux indices d'activité marqués de Fond de Rond-Point induisent un aléa mouvement de terrain élevé à très élevé ;
- l'analyse des photographies aériennes anciennes (jusqu'à 1950) montre un recul observé de près de 30 à 40 m au niveau de la bordure active en recul du glissement, principalement lié à des déstabilisations gravitaires lors de Hyacinthe en 1980. Le recul est métrique depuis. Ces éléments ont été pris en considération afin de se projeter sur le recul potentiel pouvant survenir sur la période de référence du PPR (100 ans). Les observations de désordres au bâti et le déplacement des bornes géodésiques du secteur d'Hell Bourg ont également été pris en considération :
 - un aléa très élevé mouvements de terrain a été considéré sur une bande d'environ 40 m en recul de la bordure active actuelle.
 - un aléa élevé mouvements de terrain est considéré jusqu'au cimetière et aux premières maisons d'Hell Bourg où des désordres importants ont pu être observés. La borne géodésique du secteur (à l'aval du cimetière) montre également des déplacements de l'ordre de 10 à 15 cm/an confirmant les risques d'importantes déformations sur le long terme.
 - ces deux zones sont traduites en R1 au projet de PPR ;
 - en recul, le village d'Hell Bourg est classé en aléa faible et moyen mouvements de terrain (traduction en B2ug au projet de PPR pour l'aléa moyen mouvements de terrain). La délimitation a été définie à partir des indices de surface, des indices géologiques de fracturation (cf. carte géologique des trois cirques au 1/25000 (Lacquement et al., 2011)) et des déplacements observés.

Au-delà de la zone sous l'influence du glissement actif, les éléments méthodologiques présentés dans les chapitres précédents ont été considérés pour l'élaboration de la cartographie des aléas et leur traduction réglementaire au projet de PPR.





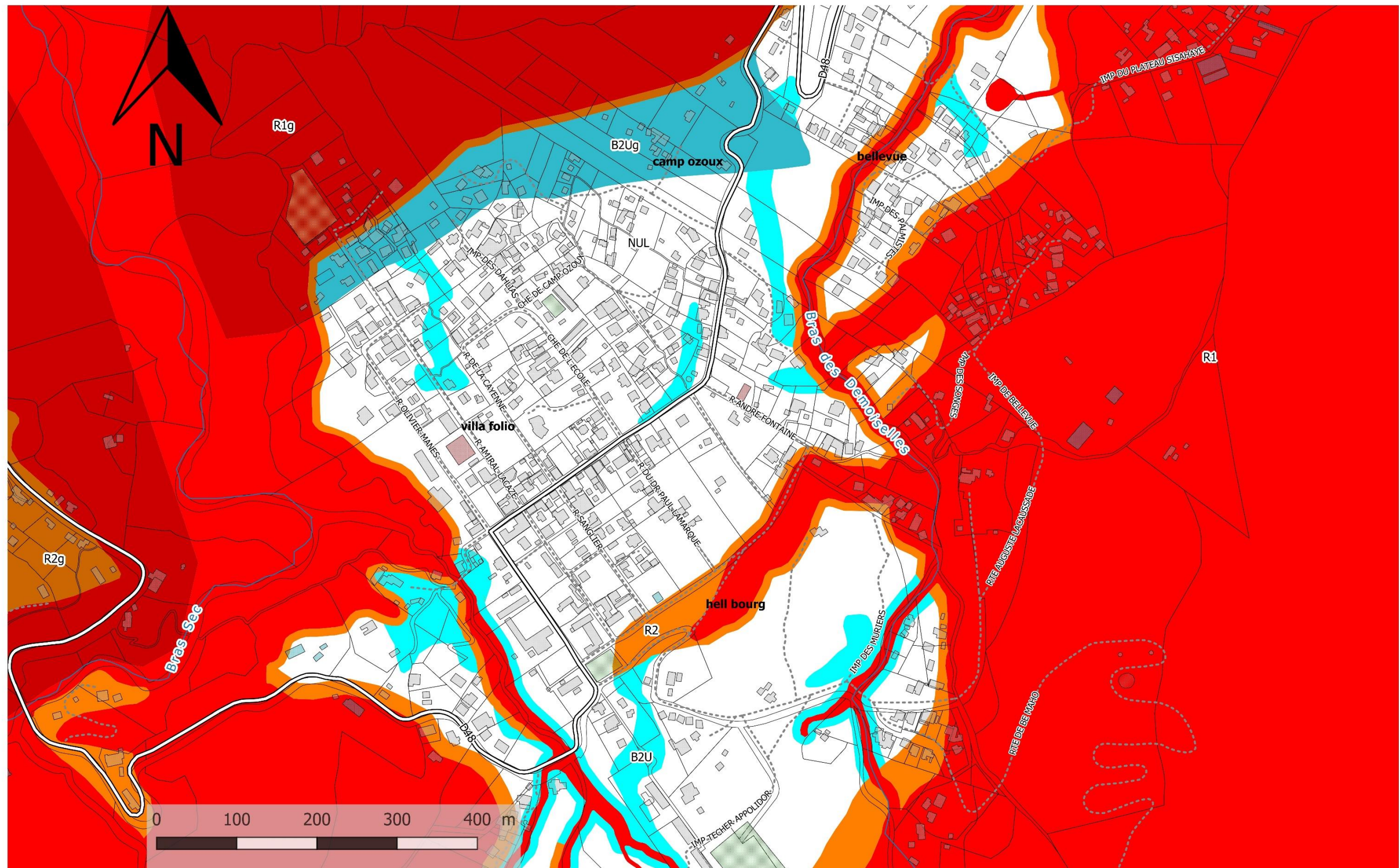


Figure 35 : Extraits du projet de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et zonage réglementaire au droit du secteur de Hell-Bourg

6. Lexique des sigles et termes techniques

Sigles

I.C.P.E.	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
P.L.U.	Plan Local d'Urbanisme
P.O.S.	Plan d'Occupation des Sols
P.K.	Point Kilométrique
PPR	Plan de Prévention des Risques
PPRi.	Plan de Prévention des Risques Inondation
PPR MVT.	Plan de Prévention des Risques Mouvements de Terrain
P.R.	Point Repère
R.D.	Route Départementale
R.H.I.	Résorption de l'Habitat Insalubre
R.N.	Route Nationale
T.O.C.	Tempête – Ouragans – Cyclones
Z.A.C.	Zone d'Aménagement Concerté

Organismes / Administrations

B.C.T.	Bureau Central de Tarification
B.R.G.M.	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
C.A.H.	Commissariat à l'Aménagement des Hauts
C.I.R.A.D.	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
D.A.A.F.	Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
D.E.A.L	Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
E.M.Z.P.C.O.I.	Etat-Major de Zone de Protection Civile – Océan Indien
I.G.N.	Institut national de l'information géographique et forestière
I.N.S.E.E.	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
O.N.F.	Office National des Forêts
S.H.O.M.	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

Termes techniques

Aléa : Phénomène naturel (ex.: mouvement de terrain, inondation, crue,...) d'une intensité donnée avec une probabilité d'occurrence/apparition.

Bassin de risque : Entité géographique homogène soumise à un même phénomène naturel.

Caldeira : Cuvette de grande dimension résultant de l'effondrement du cratère d'un volcan à la suite d'une éruption.

Cartographie réglementaire des risques naturels : Volet essentiel de la politique de lutte contre les catastrophes naturelles visant à déterminer les zones exposées et à définir les mesures de prévention nécessaires.

Catastrophe naturelle : Phénomène ou conjonction de phénomènes dont les effets sont particulièrement dommageables.

Déclassement : modification de zonage **au titre du projet de PPR** (aléas, réglementaire) avec une réduction localisée de son emprise et/ou de son intensité.

Désordres : Expression des effets directs et indirects d'un phénomène naturel sur l'intégrité et le fonctionnement des milieux.

Embâcle : Accumulation de matériaux transportés par les flots (végétation, rochers, véhicules automobiles, etc.) en amont d'un ouvrage, ou bloqués dans des parties resserrées d'une vallée (gorges étroites), gênant l'écoulement normal du cours d'eau.

Enjeux : Personnes, biens, activités, moyens, patrimoine, etc., susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel. Les enjeux s'apprécient aussi bien pour le présent que le futur.

Exutoire : Point le plus en aval d'un réseau hydrographique, où passent toutes les eaux de ruissellement drainées par le bassin.

GEDC : Guide d'estimation des débits de crue (DDE, 1992).

Mouvement de terrain : Phénomènes naturels tels que glissements de terrain, éboulements et chutes de blocs rocheux, coulées de boue, laves torrentielles, érosion, etc.

Phénomène naturel : Manifestation, spontanée ou non, d'un agent naturel.

Pluviomètre : Instrument servant à mesurer la quantité d'eau de pluie tombée dans un lieu donné en un laps de temps donné.

Prévention : Ensemble des dispositions visant à réduire les impacts d'un phénomène naturel : connaissance des aléas, réglementation de l'occupation des sols, mesures actives et passives de protection, information préventive, prévisions, alerte, plans de secours, etc.

Risque naturel : Pertes probables en vies humaines, en biens et en activités consécutives à la survenance d'un aléa naturel (risque = aléa X vulnérabilité).

Servitude réglementaire : Mesures d'interdiction, de limitation ou de prescription relatives aux constructions et ouvrages, définies dans certaines zones par un arrêté réglementaire.

STPC : Schémas techniques de protection contre les crues.

Surclassement : modification de zonage **au titre du projet de PPR** (aléas, réglementaire) avec une augmentation localisée de son emprise et/ou de son intensité.

Talwegs (ou thalweg) : Zones en creux d'un terrain où peuvent s'écouler les eaux.

Vulnérabilité : Exprime au sens le plus large, le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les personnes, les biens et les activités. On peut distinguer la vulnérabilité économique et la vulnérabilité humaine.

7. Principaux textes officiels

7.1. LEGISLATION - REGLEMENTATION

1. Loi n° 87.565 du 22 juillet 1987 modifiée, relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs ;
2. Loi n° 95.101 du 02 février 1995 dite loi Barnier, relative au renforcement de la protection de l'environnement, et notamment son titre II sur les dispositions relatives à la prévention des risques naturels (transposée dans les articles L.562.1 à L.562.9 du code de l'Environnement) ;
3. Décret d'application n° 95.1089 du 05 octobre 1995 relatifs aux plans de prévention des risques naturels prévisibles modifié par le décret 2005-3 du 4 janvier 2005 ;
4. Loi n°2003.699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages (Journal Officiel du 31 juillet 2003) ;
5. Décret d'application n°2011.765 du 28 juin 2011 relatif à la procédure d'élaboration, de révision et de modification des PPR naturels.

7.2. PRINCIPALES CIRCULAIRES

1. La circulaire interministérielle (Intérieur - Equipement - Environnement) du 24 janvier 1994 relative à la prévention des inondations et à la gestion des zones inondables ;
2. La circulaire du ministère de l'Environnement du 19 juillet 1994 relative à la relance de la cartographie réglementaire des risques naturels prévisibles ;
3. La circulaire interministérielle (Equipement - Environnement) du 24 avril 1996 relative aux dispositions applicables au bâti et aux ouvrages existants en zones inondables ;
4. La circulaire interministérielle (Equipement - Environnement) du 30 avril 2002 relative à la politique de l'Etat en matière de risques naturels prévisibles et de gestion des espaces situés derrière les digues de protection contre les inondations et les submersions marines ;
5. La circulaire du 21 janvier 2004 relative à la maîtrise de l'urbanisation et adaptation des constructions en zones inondables ;
6. La circulaire du 03 juillet 2007 relative à la consultation des acteurs et la concertation avec la population pour l'élaboration des PPR ;
7. La circulaire du 28 novembre 2011 relative à la procédure d'élaboration, de révision et de modification de PPR naturels.

7.3. PUBLICATION DE GUIDES

1. Guide général « Plans de Prévention des Risques (PPR) naturels prévisibles » (paru à la documentation Française – 1997) ;
2. Guide méthodologique « Plans de Prévention des Risques (PPR) de « mouvements de terrain » (paru à la documentation Française – 1999) ;
3. Guide méthodologique « Plans de Prévention des Risques (PPR) – Risques inondation » (paru à la documentation Française – 1999) ;
4. Guide d'élaboration des « Plans de Prévention des Risques Naturels à La Réunion » – d'août 2012 (document édité par la DEAL de la Réunion).

8. Annexe 1 : Grilles d'aide à la cartographie de l'aléa MVT (extrait du rapport BRGM/RP-66346-FR de novembre 2016)

9. Annexe 2 : Bilan de concertation établi pour le lancement de l'enquête publique en décembre 2018