



DEPARTEMENT DE LA REUNION

Commune des Aviron

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES

« *Inondation et Mouvements de terrain* »

NOTE DE PRESENTATION

Janvier 2020

Approbation



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 rouge/bleu 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 Prévention des Risques (PPR) naturels prévisibles	11
1.4. Catastrophes naturelles majeures à La Réunion.....	12
2. PRESENTATION DU PPR	13
2.1. Contexte réglementaire du PPR	13
2.2. Procédure réglementaire	14
2.2.1. Secteurs géographiques concernés.....	14
2.2.2. État des démarches menées.....	14
2.3. Assurances et infractions au PPR.....	18
2.3.1. Rappel du régime d'assurance en vigueur.....	18
2.3.2. Infractions au PPR et sanctions	20
2.4. Expropriation et Mesure de sauvegarde	21
2.5. Responsabilités	21
2.5.1. Etablissement du PPR.....	21
2.5.2. Autorisation d'occuper le sol.....	21
3. PRESENTATION DE LA COMMUNE	23
3.1. Contexte de la zone d'étude	23
3.1.1. Situation géographique.....	23
3.1.2. Contexte géomorphologique	24
3.1.3. Contexte climatique	24
3.1.4. Réseau hydrographique	29
3.1.5. Contexte géologique.....	30
3.2. Enjeux et vulnérabilité.....	34
4. HISTORICITE ET CARACTERISATION DES PHENOMENES NATURELS. 37	
4.1. Phénomènes historiques	37
4.2. Arrêtés de catastrophes naturelles.....	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)	46

4.4.	Caractérisation des phénomènes d'inondation	47
5.	CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ALEAS	51
5.1.	Définitions et notions générales	51
5.1.1.	Aléas considérés	51
5.1.2.	Probabilité d'occurrence et intensité.....	52
5.1.3.	Règles générales de zonage.....	52
5.2.	Aléa inondation	53
5.2.1.	Méthode d'évaluation de l'aléa	53
5.2.2.	Caractérisation de l'aléa inondation	54
5.3.	Aléa mouvements de terrain	55
5.3.1.	Règles générales de qualification de l'aléa mouvements de terrain	56
5.3.2.	Cas particulier de l'aléa chute de blocs	59
5.3.3.	Qualification de l'aléa mouvements de terrain	60
5.4.	Principes de traduction réglementaire.....	60
5.5.	Exemples de cartographie au droit de secteurs à enjeux	62
6.	LEXIQUE DES SIGLES ET TERMES TECHNIQUES.....	69
7.	PRINCIPAUX TEXTES OFFICIELS	71
7.1.	Législation - Réglementation.....	71
7.2.	Principales circulaires	71
7.3.	Publication de guides.....	71
ANNEXE 1 : GRILLES D'AIDE A LA CARTOGRAPHIE DE L'ALEA MVT (EXTRAIT DU RAPPORT BRGM/RP-66346-FR DE NOVEMBRE 2016)		73
ANNEXE 2 : BILAN DE CONCERTATION.....		75

Liste des illustrations

Figure 1 : Délimitation du territoire communal des Avirons (fond : Scan100® ©IGN2010)....	23
Figure 2 : Précipitations moyennes annuelles sur la période 1970-2009 (source : Météo France).....	25
Figure 3 : Régions pluviométriques déterminées par Météo-France Réunion (2010).....	26
Figure 4 : Localisation des stations météo à proximité des Avirons (IGN Scan 25).....	26
Figure 5 : Réseau hydrographique des Avirons (source : BDtopo2016®, fond ©IGN scan100® - 2010)).....	30
Figure 6 : Extrait de la carte géologique au 1/100 000 de la commune des Avirons (source : BRGM, Université de La Réunion, 2006., fond IGN scan 100 - 2002)	31
Figure 7 : Illustration de la carte géologique au 1/50 000 (Billard, 1974) à l'échelle de la commune des Avirons	31
Figure 8 : Carte morpho-pédologique à l'échelle du 1/50 000 (source : ©CIRAD (Raunet, 1991), fond ©IGN scan100® - 2002)	34
Figure 9 : Type de phénomènes rencontrés en fonction des catégories de terrain	40
Figure 10 : Chute d'un bloc isolé	41
Figure 11 : Eboulement	41
Figure 12 : Eboulement du 4 février 2010 sur la RD3 en rive gauche de la Ravine des Avirons	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 : Coulée de boue au Chemin Rivière suite à de fortes pluies en avril 2011.....	45
Figure 16 : Glissement affectant une parcelle bâtie aux Avirons suite au passage de Berguitta en janvier 2018.....	45
Figure 17 : Glissement obstruant la RD3 à la sortie du franchissement de la Ravine des Avirons – suite au passage de Berguitta en janvier 2018	46
Figure 18 : Possibilité de déplacement des personnes en fonction des caractéristiques d'écoulement (source : Guide PPRi ruissellement péri-urbain M.E.D.D.E.)	49
Figure 19 : Submersion du radier Chemin Cabri lors des fortes pluies d'avril 2011	50
Figure 20 : Exemple de représentation de la notion de continuité du niveau d'aléa mouvements de terrain.....	53
Figure 21 : Représentation schématique du principe de la ligne d'énergie et de la formule pour déterminer l'angle β (Berger, 2009b)	59
Figure 22 : Extraits du projet de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et zonage réglementaire au droit du secteur de Piton Rouge	64
Figure 23 : Extraits du projet de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et zonage réglementaire au droit du centre-ville	66
Figure 24 : Extraits du projet de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et zonage réglementaire au droit du secteur de la Chapelle	68

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evénements historiques majeurs survenus à La Réunion	12
Tableau 3 : Précipitations journalières décennales et centennales issues du GEDC, 1992 (en mm).....	27
Tableau 4 : Evolution de la population de la commune des Aviron (source : I.N.S.E.E.)	35
Tableau 5 : Principaux évènements historiques connus ayant impacté la commune des Aviron	37
Tableau 6 : Liste des arrêtés de catastrophes naturelle sur la commune des Aviron (source : http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/telechargement - Base nationale de gestion assistée des procédures administratives relatives aux risques (GASPAR) - mise à jour 26/06/2019)	38
Tableau 7 : Liste des cyclones notables selon Météo-France (Soler,1997)	39
Tableau 8 : Evénements recensés sur le territoire des Aviron au droit de la RD3	42
Tableau 9 : Caractérisation de l'aléa inondation pour la crue centennale en fonction des vitesses et des hauteurs d'eau	54
Tableau 10 : Echelle qualitative de probabilité d'occurrence (LCPC, guide technique sur les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux, 2004)	57
Tableau 11 : Principe de grille de qualification des aléas.....	58
Tableau 12 : Définition du niveau d'aléa mouvements de terrain résultant en fonction des différents aléas caractérisés	60
Tableau 13 : Principe de traduction réglementaire des aléas du projet de PPR des Aviron	61
Tableau 14 : Légendes des extraits cartographiques du projet de PPR.....	62

Préambule

Ce dossier est le **Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (PPR) inondations et mouvements de terrain de la commune des Avirons**. 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 réglementaires et informatifs :

✓ les documents réglementaires :

- la note de présentation, décrivant succinctement le territoire des Avirons et les phénomènes naturels qui le concernent, ainsi que les règles méthodologiques adoptées ;
- une cartographie du zonage réglementaire à l'échelle 1/ 15 000 et 1/5 000 dans les zones à enjeux ;
- le règlement associé au zonage réglementaire.

✓ les documents informatifs :

- des cartes de localisation des phénomènes naturels historiques (inondations et mouvements de terrain) à l'échelle 1/12 500 ;
- une cartographie des aléas « inondation » et « mouvements de terrain » à l'échelle 1/15 000 et 1/5 000 dans les zones à enjeux ;
- une cartographie des enjeux à l'échelle 1/16 000.

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 sans doute pas une démarche naturelle, et le soleil fait oublier ou efface trop rapidement les cicatrices laissées par ces événements. 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).

Les Avirons, commune peuplée de 11 148 habitants (population recensée par l'INSEE en 2015), est affectée par des phénomènes de mouvements de terrains 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 de la préfecture de La Réunion, l'élaboration d'un PPR multirisques « inondations et mouvements de terrain » sur le territoire des Avirons, dont le service instructeur est la Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DEAL).

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).

La commune des Aviron est concernée par cette politique de prévention car elle cumule une évolution économique et démographique avec des aléas (inondations et mouvements de terrain) impactant directement son territoire, liés aux cyclones et fortes pluies. 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 PREVISIBLES

Le nouveau 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 des Aviron est dotée d'un Plan de Prévention des Risques inondation approuvé par l'arrêté préfectoral n°1664 du 28 juillet 2003. L'élaboration d'un Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles sur la commune des Aviron, relatif aux phénomènes d'inondations et de mouvements de terrain, a été prescrite par l'arrêté préfectoral n° 2018-2020 SG/DCL/BU en date du 17 octobre 2018.

Sont pris en compte dans la présente élaboration du Plan de Prévention des Risques de la commune des Aviron 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.	Avril 2018 Forte tempête tropicale Fakir : 2 morts, dégâts 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 d'élaboration du PPR « inondation et mouvements de terrain » est l'arrêté préfectoral de prescription n° 2018-2020 SG/DCL/BU, daté du 17 octobre 2018.

Cet arrêté précise dans son article 1 que le périmètre mis à l'étude concerne l'ensemble du territoire de la commune des Avirons, et que l'établissement du nouveau PPR porte sur les risques relatifs aux « mouvements de terrain » et aux « inondations ».

L'article 2 précise les risques pris en compte : les crues par débordement de ravines, les chutes de pierres ou de blocs, les éboulements, les glissements de terrain et coulées de boue associées ainsi que les érosions de berge et le ravinement.

2.2.2. État des démarches 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 :

- **28 juillet 2003 : Approbation du PPR inondation (arrêté préfectoral n°1664)**
- 2012 à 2018 : élaboration de la cartographie de l'aléa mouvements de terrain (phase technique) ;
- 25 août 2014 : présentation de la démarche d'élaboration des cartographies des aléas « inondation » et mouvements de terrain » ;
- 2017 à 2018 : actualisation de la cartographie de l'aléa inondation (phase technique)
- 2^{ème} semestre 2018 : examen au cas par cas du projet de PPR des Avirons, conformément à la loi du 12 juillet 2010, afin d'évaluer la nécessité de réaliser une évaluation environnementale pour le projet de PPR des Avirons. Echanges entre les services de la DEAL et l'autorité environnementale (AE) ;

- 24 septembre 2018 : présentation de la procédure de révision du PPR « inondation » des Aviron approuvé le 28 juillet 2003 ;
- 25 septembre 2018 : décision n°F-004-18-P-0064 de l'autorité environnementale, après examen au cas par cas, de ne pas soumettre à évaluation environnementale le projet de dossier de plan de prévention des risques « inondation et de mouvement de terrain » des Aviron ;
- 17 octobre 2018 : **arrêté préfectoral n°2018-2020/SG/DCL/BU prescrivant l'établissement d'un Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles relatif aux aléas « inondation » et « mouvement de terrain » sur la commune des Aviron** ;
- Fin 2018 – début 2019 : concertation entre la DEAL et les services municipaux sur les cartographies d'aléas et du zonage réglementaire du projet de dossier de PPR. Dans ce cadre, l'analyse de 8 secteurs à enjeux communaux a été effectuée, nécessitant 2 journées de visites de terrain (23/11/2018 et 07/12/2018) afin de préciser ces cartographies (cf. rapport BRGM/RP-68613-FR¹ de janvier 2019) ;
- 26 mars 2019 : **Porté à Connaissance** de la cartographie de l'aléa « mouvements de terrain » par courrier de M. le préfet à M. le Maire des Aviron. Application de l'article R111-2 du code de l'urbanisme pour interdire tout nouveau projet dans les zones les plus exposées aux risques ;
- 03 et 05 avril 2019 : réunions d'informations et d'échanges avec le public sur le projet de dossier de PPR « inondation et mouvements de terrain » des Aviron le 03 avril 2019 (mairie annexe du Tévelave) et le 05 avril 2019 (Hôtel de ville des Aviron). Mise à disposition du public en mairie des cartographies des aléas, du zonage réglementaire et du règlement du projet de dossier de PPR pour consultation à partir du 08 avril 2018, et ce, pendant un mois. Possibilité pour le public de faire ses observations sur un registre de requêtes au service urbanisme et à la mairie annexe du Tévelave ;
- 03 avril 2019, 05 avril 2019 et 23 mai 2019 : visites de terrain par le BRGM et la DEAL, en présence des représentants de la mairie.
- mai 2019 à juin 2019 : analyse des 28 demandes de précision des administrés sur les cartes d'aléas et le zonage réglementaire (rapport BRGM/RP-69072-FR² de mai 2019) ;

Après la phase d'élaboration, le projet de 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

¹ **Rey A., Hueber N.** (2019) – Commune des Aviron. Plan de Prévention des Risques Naturels « inondations et mouvements de terrain » des Aviron. Analyse des demandes de précision. Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-68613-FR. 50 p., 7 fig., 6 lab.

² **Rey A., Gayer C.** (2019) – Commune des Aviron. Plan de Prévention des Risques Naturels « inondations et mouvements de terrain » des Aviron. Analyse des demandes de précision. Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-69072FR. 123 p., 13 fig., 5 tab., 1 ann.

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.

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.

- juin 2019 : finalisation du projet PPR pour le lancement de la phase de consultation officielle : pièces écrites (présente note, règlement), documents cartographiques (aléas, réglementaire) et annexes ;
- **du 17 juillet 2019 au 17 septembre 2019** : consultation officielle de la mairie des Aviron, de la Communauté Intercommunale des Villes Solidaires (CIVIS), de la DAAF, de l'ONF et de la chambre d'agriculture sur le projet de dossier de PPR « inondation et mouvement de terrains » des Aviron ;

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 le 29 octobre 2018 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 projet de 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 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°3051 SG/DCL/BU du 18 septembre 2019 a prescrit l'ouverture d'une enquête publique au titre du code de l'environnement, sur le territoire de la commune des Aviron 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, deux réunions publiques d'informations et d'échanges, organisées par l'État, maître d'ouvrage du projet de dossier de PPR, se sont tenues les 1^{er} et 03 octobre 2019, respectivement en mairie annexe du Tévelave et en salle du conseil à l'Hôtel de Ville des Avirons, en présence du maître d'ouvrage représenté par la DEAL, ainsi que du BRGM. Y ont été conviés les représentants de la mairie et le commissaire-enquêteur.

L'enquête publique s'est déroulée du **08 octobre au 08 novembre 2019** inclus (32 jours consécutifs) sous la supervision de M. Hubert DI NATALE, commissaire-enquêteur titulaire. Le projet de dossier de PPR ainsi que le registre d'enquêtes ont été mis à disposition du public au secrétariat du maire, à l'Hôtel de Ville des Avirons, désigné comme siège de l'enquête. Il est à noter qu'un dossier du projet était déposé à la mairie annexe du Tévelave, à titre d'information, mais sans registre d'observations. Ce dernier étant disponible uniquement au siège de l'enquête.

Durant cette période, **54 requêtes, tous modes d'expression confondus, ont été déposées**, dont 47 ont été consignées aux registres de l'enquête publique par Mr le commissaire enquêteur. **Cinq** requêtes ont été déposées par formulaire électronique, **1** a été adressée par courriel à l'adresse dédiée et **1** requête concernant deux parcelles distinctes a été adressé par courrier remis en main propre au commissaire enquêteur lors d'une permanence. Sur l'ensemble de ces requêtes, quatre font doublon. L'ensemble de ces requêtes concerne un total de **83 parcelles**.

Toutes les requêtes formulées ont fait l'objet d'une analyse individualisée par le BRGM, partenaire de la DEAL sur ce projet. Des visites de terrain complémentaires concernant 6 parcelles, ont été effectuées le 21 novembre 2019, associant la DEAL, le BRGM, le commissaire enquêteur et des représentants des services de la mairie en présence des pétitionnaires.

La synthèse des réponses formulées pour chacune des requêtes (proposition de classement réglementaire et éléments de justification) est présentée en annexe 5 du PPR approuvé (rapport BRGM n°RP-69459-FR de décembre 2019³).

Le commissaire enquêteur a donné un avis favorable au projet de PPR « inondation et mouvements de terrain » de la commune des Avirons dans son rapport rendu le 17 décembre 2019.

Une copie du rapport du commissaire enquêteur est consultable pendant un an à la mairie des Avirons ainsi qu'à la préfecture de Saint-Denis (également téléchargeable sur le site internet de la Préfecture de la Réunion, rubrique plans de prévention des risques naturels). Suite à l'enquête publique, le PPR « inondation et mouvements de terrains » des Avirons a été approuvé par arrêté préfectoral n° 2020-108 SG/DCL/BU du 17/01/2020.

³ Chaput M., Gayer C. (2019) – Commune des Avirons. Plan de Prévention des Risques Naturels « inondations et mouvements de terrain » des Avirons. Analyse des demandes de précisions de l'enquête publique. Rapport final BRGM/RP-69459-FR. 111 p., 13 fig., 3 tab., 4 ann.

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 installés 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

La commune des Avirons, se situe à l'ouest de l'île de La Réunion, sur les pentes externes ainsi que sur la bordure littorale du massif volcanique ancien du Piton des Neiges. Le territoire est délimité au Nord par la commune de Saint-Leu, par la commune de Cilaos en sa pointe Nord-Est, à l'Est et au Sud-Est par la commune de Saint-Louis et de l'Étang-Salé. Seule la Pointe des Avirons donne accès au littoral par une avancée rocheuse de 200m de large au Sud-Ouest.

Cette commune s'étend sur une superficie de 26,35 km², soit environ 1 % de la surface totale de l'île de La Réunion. Avec 11 148 habitants en 2015 et une densité de 424 habitants par km², la ville des Avirons observe une augmentation de sa population de l'ordre de 1% depuis le début des années 2010 (Source INSEE).

L'économie repose à 53,9% sur le secteur tertiaire (commerce, transport, services divers) suivi par les services publics (administration, enseignement, santé, action sociale) à 18,6% (Source INSEE).

La commune des Avirons est incluse au sein de la communauté intercommunale des villes solidaires (CIVIS).

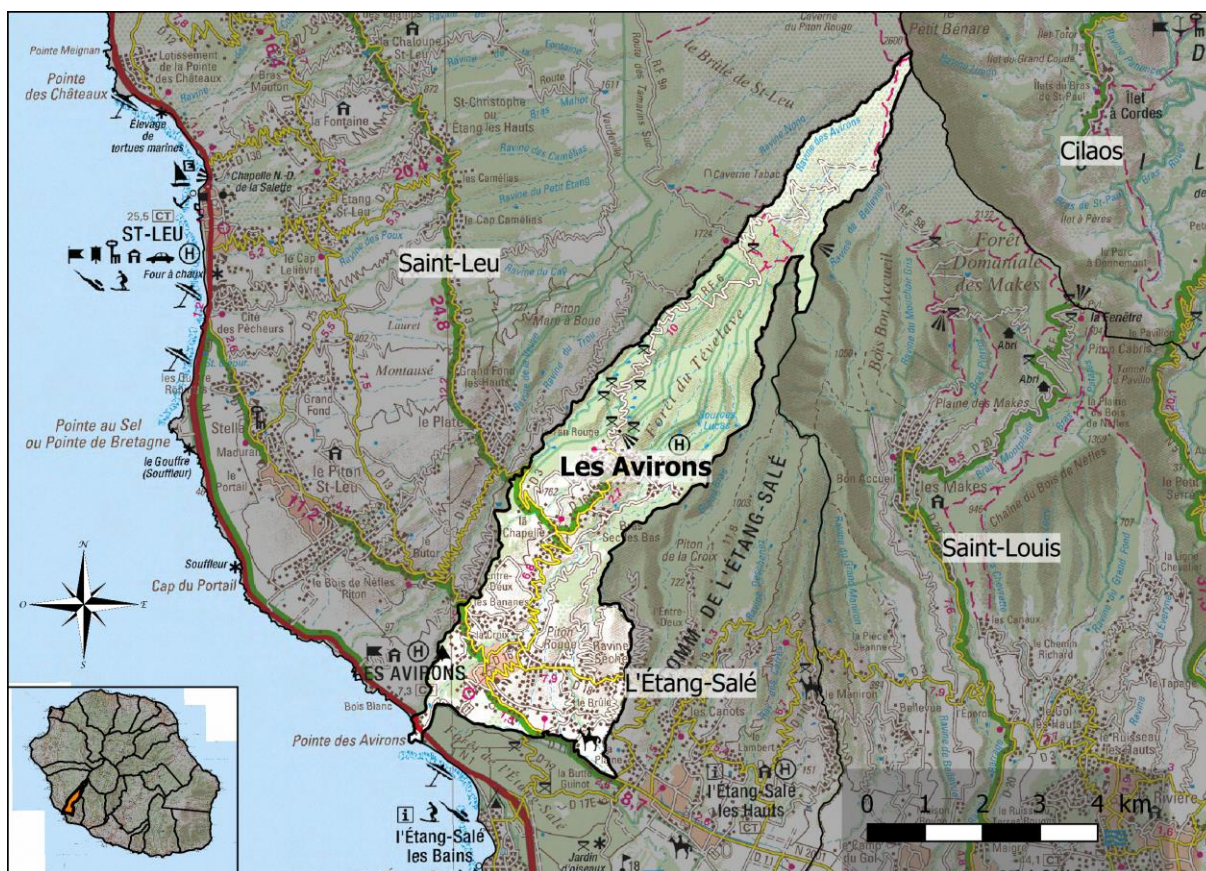


Figure 1 : Délimitation du territoire communal des Avirons (fond : Scan100® ©IGN2010)

3.1.2. Contexte géomorphologique

Le territoire communal des Aviron se situe sur les flancs Ouest du massif volcanique du Piton des Neiges. Il se caractérise par des contrastes morphologiques marqués. On distingue 3 entités géomorphologique d'ouest en est :

- des terrains avec une pente de l'ordre de 17% entre 100 m et 1000 m d'altitude, ceux-ci regroupent les secteurs urbanisés ou cultivés: le village des Aviron, les villages de Ruisseau et de Bananes, le quartier de la Chapelle ainsi que le village du Tévelave et de Bras Sec.
- entre 1000 m et 1400 m d'altitude les terrains sont principalement des espaces boisés avec une pente plus forte de l'ordre de 20 à 25%. Cet espace humide est caractérisé par la présence de nombreuses sources, captées pour l'alimentation en eau potable des villages.
- Au-dessus de 1400 m jusqu'au rempart du cirque de Cilaos, la planèze est à nouveau régulière, aride, avec une pente de 17 %. Le réseau hydrographique y est peu marqué, les lits de ravine sont très peu incisés.

Certains cours d'eau du réseau hydrographique incisent les flancs du massif du Piton des Neiges de manière considérable. Les principales ravines présentent dans le territoire communal sont la ravine des Aviron et son affluent le bras de Jeanne en limite ouest, la ravine du Ruisseau qui draine la partie centrale de la commune. La partie Est de la commune est drainée par de petites ravines qui rejoignent la ravine Sèche qui s'écoule sur la commune de l'Etang Salé.

Pareil ailleurs, suite à l'ancienne activité volcanique du Piton des Neiges, plusieurs cônes stromboliens sont présent sur le secteur des Aviron : Piton Rouge, Piton La Mare, Piton Forcade.

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. La commune des Aviron, située à l'ouest de l'île, est protégée par les hauts reliefs de l'île et se retrouve « sous le vent » de l'alizé. Ce territoire est donc davantage affecté par des brises de pentes nocturnes (vent soufflant de la terre vers la mer) de secteur Nord et des brises diurnes (vent soufflant de la mer vers la terre) de secteur sud-ouest.

Pluviométrie

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).

Située sur la côte « sous le vent », la commune des Avirons affiche des valeurs de pluviométrie bien moindre que les territoires de la côte « au vent ». Les précipitations moyennes annuelles dans le secteur des Avirons ne dépassent pas 2 000 mm en altitude (Atlas climatique de La Réunion, Météo France 2000, cf. Figure 2).

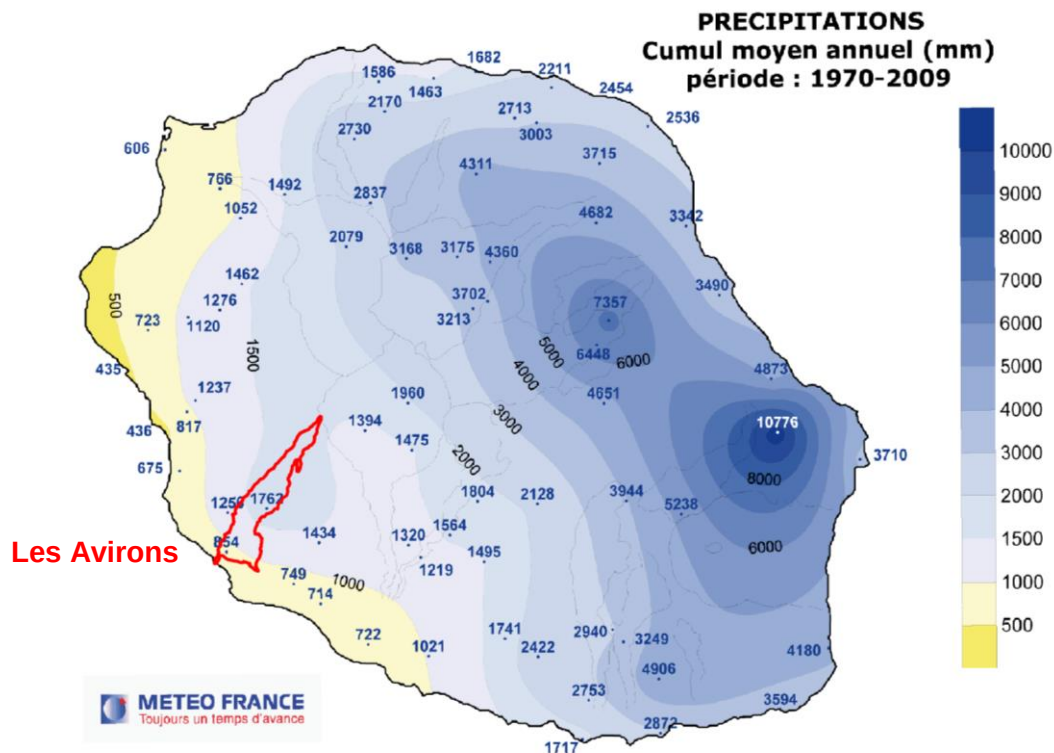


Figure 2 : Précipitations moyennes annuelles sur la période 1970-2009 (source : Météo France)

Météo France Réunion a réalisé une carte de zonage pluviométrique en 2010, tenant compte du relief (cf. Figure 3), qui qualifie les secteurs soumis à un régime pluviométrique similaire à proche. La commune des Avirons est concernée par les régions 1 et 2 :

- La région 1 correspond à la bande littorale qui s'étend de Saint-Denis à Grands Bois qui est la plus sèche de l'île toute l'année. D'une part, les précipitations s'y produisent essentiellement en saison des pluies et, d'autre part, sont très tributaires des événements cycloniques qui n'interviennent pas obligatoirement tous les ans.;
- La région 2 regroupant les hauts de l'Ouest, les cirques de Mafate et de Cilaos, et la Plaine-des-Cafres est très sèche de mai à octobre, mais elle bénéficie de précipitations nettement plus abondantes en saison des pluies.



- Les Avirons (altitude 180 m, installée en 1952)
- Le Tévelave (altitude 908 m, installée en 1953)

26

Le GEDC (Guide d'Estimation des Débits de Crues de La Réunion de 1992), propose, à partir d'une analyse statistique, des valeurs de pluies journalières décennales et centennales pour les stations suivies avec respectivement plus de 10 et 25 ans de mesures.

Les valeurs caractéristiques pour les stations proches des Avirons sont les suivantes :

Nom station	Altitude	Pluie Journalière Décennale (PJ ₁₀ en mm)	Pluie Journalière Centennale (PJ ₁₀₀ en mm = 1.6* PJ ₁₀) - GEDC
Les Avirons	180	213	341
Le Tevelave	908	262	420
Piton Saint Leu	565	230	368

Tableau 2 : Précipitations journalières décennales et centennales issues du GEDC, 1992 (en mm)

La comparaison entre les pluies journalières maximales observées sur les différentes stations proches et sur le territoire des Avirons, depuis leur ouverture, ainsi que l'analyse des cumuls de pluies caractéristiques confirment également le contraste de pluviométrie selon l'altitude et donc le zonage pluviométrique à considérer.

Station	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
Les Avirons	51,2	22,0	3,1	0,7	300,0	28/02/1964
Le Tevelave	109,1	40,6	9,5	2,4	600,0	22/01/2002
Piton Saint Leu	89,4	30,2	4,4	1,1	440,5	22/01/2002

Tableau 3 : Cumul de pluie moyen par jours entre 1981 et 2010 (source : Bulletin climatologique 2016 – Météo France)

Une analyse statistique des valeurs de pluviométrie journalières enregistrées à la station des Avirons de 2005 à 2011 montre que près de 81 % des valeurs sont inférieures à 0,5 mm / jour, avec une moyenne de l'ordre de 2,35 mm / jour.

Des pics de pluviométrie sont également observés chaque année et sont présentés dans le tableau suivant. Le nombre de jours dans l'année où les précipitations journalières ont dépassé 50 mm est également affiché. Celles-ci correspondent approximativement à un seuil de précipitations au-delà duquel on observe du ruissellement.

Année	Précipitations journalières maximales en mm	Précipitations annuelles cumulées en mm	Nombre de jours dans l'année où les précipitations journalières dépassent 50 mm	Evènement climatique
2005	90	1033,5	2	Fort épisode pluvieux de mai
2006	81,5	598	3	Tempête tropicale modérée Diwa
2007	121,5	815	3	Fort épisode pluvieux de juillet
2008	87	750,5	3	Tempête tropicale modérée Lola
2009	112,5	1016,5	6	Fort épisode pluvieux de novembre

2010	86	718	2	Fort épisode pluvieux d'août
2011	109	783	3	Fort épisode pluvieux de janvier
2012	43,0	499	0	Fort épisode pluvieux de Février
2013	57,5	528	1	Fort épisode pluvieux de Octobre
2014	158	707	2	Tempête tropicale Bejida
2015	76,5	1170	3	Tempête tropicale modérée Haliba
2016	162,5	943	6	Tempête tropicale Daya
2017	84	789	2	Tempête tropicale modérée Carlos

1 : valeurs comprises dans la période du 01/01/2011 au 31/08/2011

Tableau 4 : Maximum des précipitations journalières, précipitations annuelles cumulées, nombre de jours dans l'année où les précipitations journalières dépassent 50 mm et évènement climatique associé sur la période de 2005 à 2017 observés sur la station des Avirons

Les précipitations journalières maximales représentent en moyenne 9 à 22 % du cumul annuel, ce qui montre l'impact significatif des évènements climatiques.

Au-delà d'un seuil de l'ordre de 50 mm de précipitations journalières il peut être estimé que le sol a atteint sa capacité limite d'infiltration, provoquant ainsi le phénomène de ruissellement. Sur les 20 dernières années, les précipitations ont ainsi provoqué des ruissellements en moyenne 3 jours dans l'année. 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 spatiale et temporelle des pluies notamment entre les hauts du territoire des Avirons (plus pluvieux) et le littoral (plus sec).

Les précipitations peuvent donc être très localisées, avec des cumuls journaliers pouvant atteindre des valeurs très fortes (de 261 à 600 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 des Avirons et d'après les données à disposition, ne présentent toutefois pas de caractère exceptionnel comparativement à ceux observés sur d'autres secteurs de l'île.

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

La commune des Avirons est traversée par de nombreux cours d'eau et autres ravines, dont les plus importantes, d'Ouest en Est, sont :

- **La ravine des Avirons** et son affluent le bras de Jeanne incisent profondément la planèze en limite ouest de la commune, jusqu'à 200 m de profondeur. L'incision remonte sur plus de 7,5 km.
- **La ravine du Ruisseau** draine la partie centrale de la commune depuis le littoral jusqu'à la forêt du Tévelave. Son lit est très incisé sur son cours inférieur, jusqu'à 250 m d'altitude, sur 1,5 km. Plus en amont, le lit est peu encaissé, de 10 à 30 m maximum.
- **La ravine de Mula**, une petite ravine se situant dans le bas de la commune naissant vers 200 m d'altitude.
- **La ravine de Maurice, Fond Charbonnot et la ravine Renone** sont des affluents de la ravine Sèche, situé à l'extérieur de la commune.

Nom du cours d'eau	Surface du bassin versant (km ²)	Débit pour la crue décennale (m ³ /s)	Débit pour la crue centennale (m ³ /s)
Ravine des Avirons	0.86	10	18
Ravine du Ruisseau	6.78	41	86
Ravine de Mula	1.32	18	38
Fond Charbonnot	0.57	12	22
Ravine de Maurice	3.74	27	57

Tableau 7 : Tableau récapitulatif des données hydrographiques des ravines des Avirons (source : PPRN – Dossier Réglementaire – Les Avirons, Avril 2002, SOGREAH)

L'estimation des débits de référence des principaux bassins versants de la commune fournie précédemment (pour une crue centennale qui est la crue considérée dans le cadre de l'élaboration des PPR, cf. 5.2.1) est basée sur une méthode définie dans le Guide d'Estimation des Débits de Crues à La Réunion (GEDC, 1992). Il n'existe quasiment aucune donnée de débits sur la commune, les cours d'eau des Avirons n'étant pas équipés d'appareil de mesure, et ne l'ayant pas été par le passé. C'est la raison pour laquelle le débit centennal d'un cours d'eau est estimé à partir des données de la pluviométrie, pour laquelle plus d'éléments existent. Néanmoins, les mesures pluviométriques à La Réunion sont relativement récentes (pas plus de 50 ans). Les méthodes de calcul utilisées sont basées sur une extrapolation des phénomènes connus sur des événements de temps de retour plus importants non mesurés, à partir de répartitions statistiques empiriques des fréquences d'apparition. Les résultats obtenus sont un bon point de repère et permettent de fixer les esprits en adoptant une démarche semblable sur des secteurs à régime hydrologique comparables

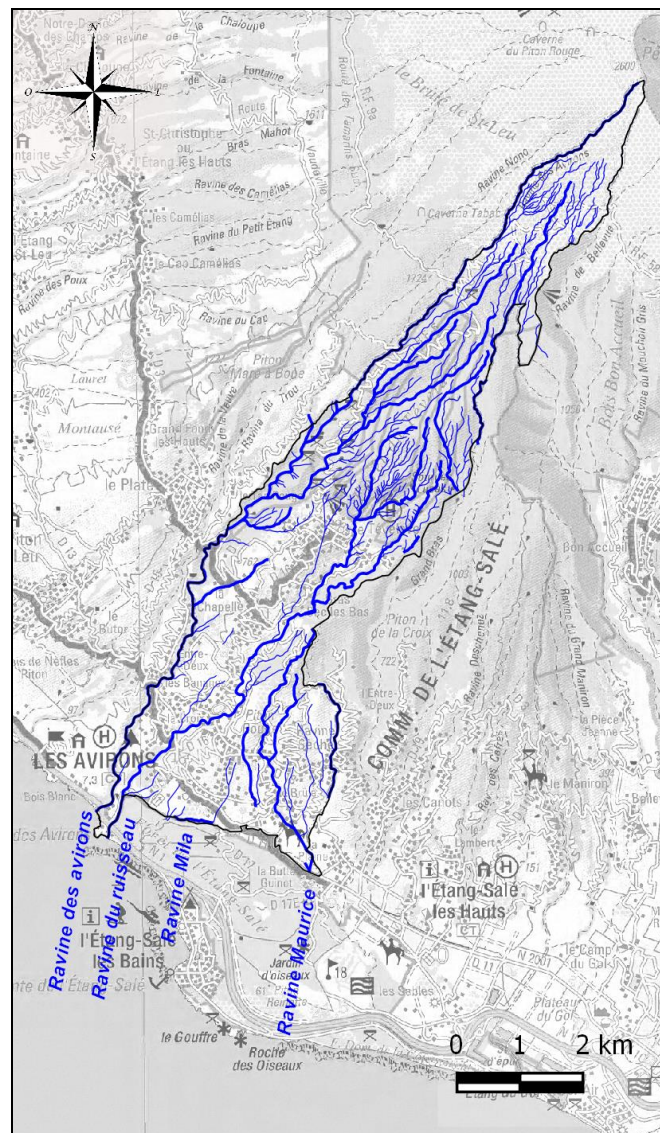


Figure 5 : Réseau hydrographique des Avirons (source : BDtopo2016®, fond ©IGN scan100® - 2010))

3.1.5. Contexte géologique

La commune des Avirons est située sur le flanc Ouest du massif du Piton des Neiges dont l'édification a commencé il y a plus de 2,2 millions d'années. Elle s'est poursuivie jusqu'à une période très récente, estimée entre 31 000 ans et 12 000 ans selon les auteurs.

Cette édification du Piton des Neiges s'est faite en plusieurs phases d'activité volcanique, regroupées classiquement en 4 phases (G. Billard 1974). Les phases anciennes 1 et 2 correspondent à la Série des Océanites et les phases 3 et 4 à la Série des laves différenciées. Ces coulées de lave, anciennes et récentes, émises depuis le Piton des Neiges et sur ses flancs se sont épanchées vers l'océan, pour former la planèze des Avirons. Cette dernière est également formée de coulées de lave émises depuis des cratères adventifs de basse altitude. Ces derniers ont donné naissance à plusieurs cônes stromboliens (Piton Rouge, Piton La Mare, Piton Forcade) identifiés sur le territoire communal des Avirons.

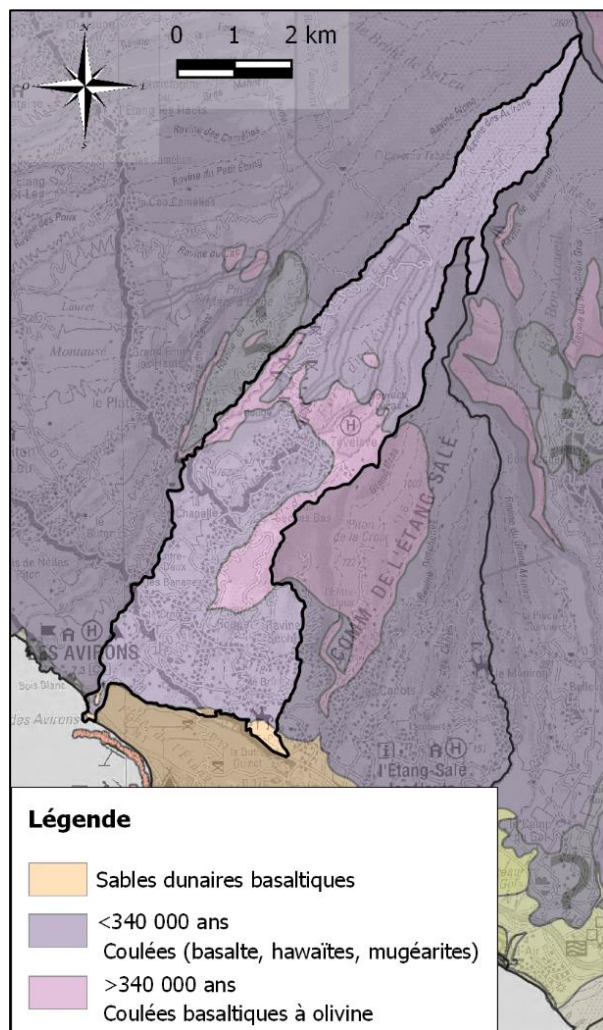


Figure 6 : Extrait de la carte géologique au 1/100 000 de la commune des Avirons (source : BRGM, Université de La Réunion, 2006., fond IGN scan 100 - 2002)

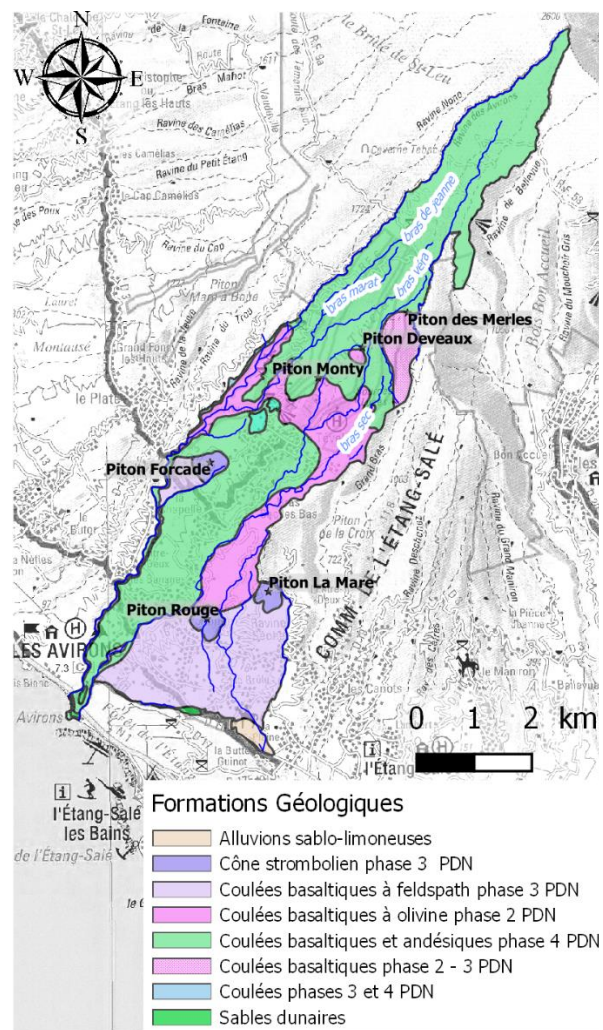


Figure 7 : Illustration de la carte géologique au 1/50 000 (Billard, 1974) à l'échelle de la commune des Avirons

Les formations volcaniques

• Les océanites

Elles affleurent dans la gorge de la ravine des Avirons, dans les pentes au-dessus du plateau du Tévelave et dans la partie Est de la commune, dans les pentes en amont de Piton Rouge et de Piton La Mare.

Les laves émises sont des basaltes à olivine, souvent vacuolaires et des basaltes aphyriques. Une datation effectuée sur un basalte en rive gauche de la ravine des Avirons, dans le talus de la route Hubert Delisle a donné un âge de 435 ± 19 Ka (Mac Dougall 1971),.

Les océanites se sont mises en place à la fin de la construction du bouclier ancien du massif du Piton des Neiges qui s'est achevée vers 430 ka.

Depuis leur mise en place, les laves ont progressivement évolué vers des altérites. La structure des coulées est encore discernable mais le matériau a perdu ses caractéristiques géotechniques.

- **Les coulées de laves différenciées**

Sur la commune des Avirons, les laves différenciées sont représentées par :

- des laves très riches en feldspath, dites « roches pintade » ;
- des laves aphyriques récentes.

Elles se sont mises en place entre 350 et 210 ka.

Les roches pintade sont des laves porphyriques à phénocristaux de feldspath plagioclase. Sur la carte géologique au 1/50 000 (G. Billard, 1974), elles correspondent à la phase 3 du Piton des Neiges. Elles forment des coulées, parfois épaisses, visibles dans les berges de la ravine des Avirons ou sur la planèze.

Les laves émises par les trois pitons Forcade, Piton Rouge et la Mare, sont des roches Pintade. Ces coulées présentent souvent un faciès « en gratons », constitué d'éléments de lave scoriacée, friables et altérés.

Les mugéarites sont des laves aphyriques, fluides, souvent litées. Sur la carte géologique au 1/50 000 (G. Billard, 1974), elles correspondent à la phase 4 du piton des Neiges. Ces coulées récentes arment une grande partie de la planèze jusqu'au plateau du Tévelave.

L'épaisseur des coulées est métrique à pluri-métrique voire décamétrique.

Certaines coulées fluides ont atteint l'océan pour former la pointe des Avirons.

Les sols développés sur les coulées différenciées récentes du Piton des Neiges sont des andosols épais, cendreaux, très caillouteux, riches en éléments de laves saines, aphyriques gris-noir.

Les formations pyroclastiques

Les dépôts pyroclastiques résultent d'activités explosives qui ont donné naissance à plusieurs cônes stromboliens situés à mi-pente sur la commune des Avirons.

La commune compte 3 pitons remarquables, le Piton Rouge au centre, le Piton la Mare vers l'Est et le Piton Forcade au Nord-Ouest. Les 3 édifices, constitués de scories de laves riches en feldspath, sont apparus lors de la phase 3 du Piton des Neiges, à une période relativement récente, il y a 300 000 ans environ (laves non datées).

Les scories constituant les pitons sont grossières, parfois soudées (Piton La Mare), et parfois altérées. Les pitons renferment également des blocs et des coulées de laves saines. Ils présentent une morphologie de « cratère égueulé » avec une brèche aval d'où se sont épanchées les coulées de coulées de lave, roches pintades qui affleurent sur les pentes en aval des pitons.

En périphérie des cônes, les projections deviennent de plus en fines. Sur ces aires de saupoudrages cendreaux, les sols sont fins, épais, jaune-rouge.

Au Nord-Ouest du Tévelave, des formations également très riches en scories, affleurent dans les talus de la route forestière et des anciennes carrières. Les scories sont constituées de basaltes noirs aphyriques, et sont rattachées à la phase 4 du Piton des Neiges.

Les formations détritiques

Elles sont très peu représentées sur la commune des Avirons. Compte tenu de la forte pente de la planèze et des lits des ravines, les matériaux érodés sont rapidement évacués vers la mer.

Les sables dunaires de la forêt de l'Etang Salé apparaissent dans la partie basse de la commune, vers la pointe des Avirons, vers le cimetière. L'épaisseur du recouvrement sableux est métrique à décamétrique. Les sables remontent à plus de 100 m d'altitude, on les retrouve notamment proche du cimetière le long du chemin Pavé. Ils ont ennoyé les pitons de scories de la forêt de l'Etang Salé, les coulées basaltiques littorales et le pied de planèze

Les colluvions. Elles forment une couverture plus ou moins continue en surface. Ces dépôts résultent du remaniement des produits volcaniques (blocs de lave, projections, cendres) par les eaux de ruissellement. Leur épaisseur peut atteindre plusieurs mètres.

Quant aux **alluvions**, elles occupent les fonds des ravines (ravine des Avirons, ravine du ruisseau). Elles sont plus développées en amont du plateau du Tévelave, au pied des versants boisés.

Les sols

L'ensemble des séries volcaniques présente une altération météorique poussée (action des eaux en milieu tropical), qui a affecté la texture et la structure du matériel originel. L'altération qui se développe depuis la surface descend à plusieurs mètres de profondeur. Les coulées de lave et les matériaux pyroclastiques (scories, cendres) les plus anciens qui ont subi plusieurs cycles d'altération sont, de ce fait, plus altérés et des sols se sont développés à partir de ces formations géologiques. Sur la commune des Avirons (cf. Figure 8), on retrouve principalement des andosols et des sols bruns à rouges, ferrallitiques, moyennement à fortement désaturés qui sont le produit de l'altération des laves en milieu tropical.

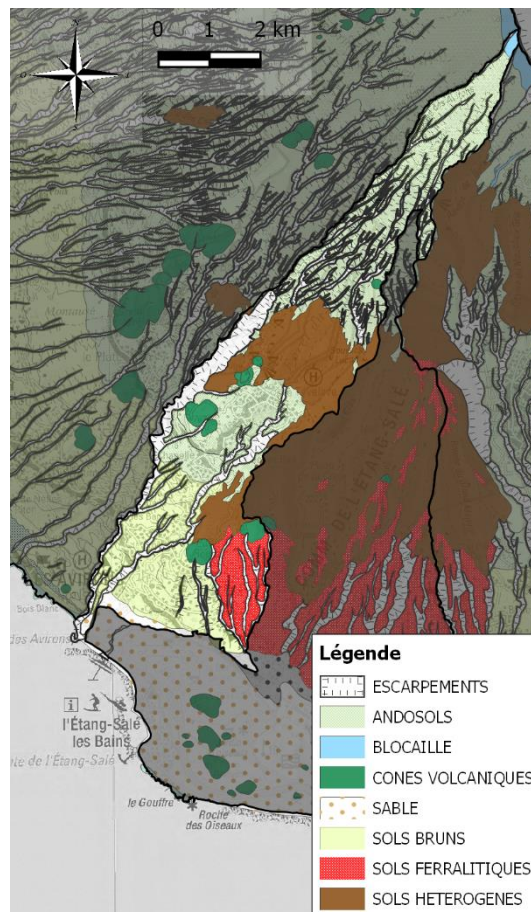


Figure 8 : Carte morpho-pédologique à l'échelle du 1/50 000 (source : ©CIRAD (Raunet, 1991), fond ©IGN scan100® - 2002)

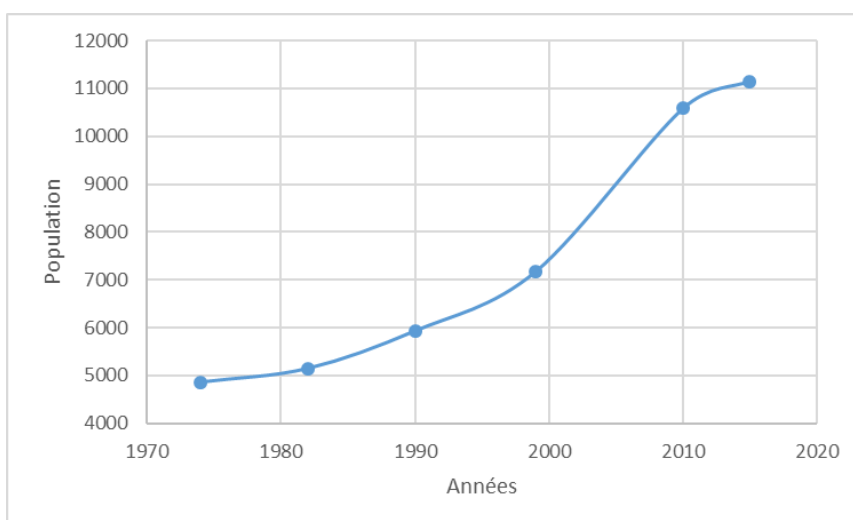
3.2. ENJEUX ET VULNERABILITE

Évaluée à 4863 personnes en 1974, la population des Avirons a connu depuis une régulière et franche augmentation, s'établissant selon l'estimation de l'I.N.S.E.E. à 11 148 en 2015 (soit un accroissement démographique de près de 129% en près de 50 ans).

La densité démographique lors du recensement de 2015 était de 424,4 hab./km² (contre 339,8,1 hab./km² sur l'ensemble de l'île de La Réunion).

La commune regroupe les espaces agglomérés de La Croix, Le Brûlé, la Ravine Sèche, Les Bananes, La Chapelle, Le Tan Rouge et le Tévelave.

Le réseau routier principal correspond à la RD11 qui borde la commune à l'aval en la traversant du Nord au Sud et permettant de rejoindre la RN1 (route des Tamarins). La RD18 relie la zone la plus urbanisée de la commune située à l'aval, à la RD11. La RD16 permet un accès aux agglomérations des hauts jusqu'au Tévelave depuis la RD11. Ceux-ci peuvent aussi être accessibles par la RD3 en provenance des hauts de Saint Leu, au niveau de la Chapelle (700 m d'altitude).



	1974	1982	1990	1999	2010	2015
Population	4863	5 150	5 935	7 172	10 580	11 148
Densité moyenne (hab/km ²)	185,1	196,0	225,9	273,0	402,7	424,4

Tableau 3 : Evolution de la population de la commune des Aviron (source : I.N.S.E.E.)

Les principaux enjeux qui ont été répertoriés et cartographiés dans le dossier PPR par le BRGM 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 (RD11, RD16, RD18, RD3) ;
- 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.

Outre l'occupation du sol par l'activité agricole qui représente un enjeu économique, le milieu physique naturel représente un enjeu environnemental à travers notamment du Parc National de La Réunion qui couvre environ 7km² dans la partie haute de la commune.

Les principaux enjeux sont reportés sur la carte présentée en annexe 3 de ce dossier.

4. Historicité et caractérisation des phénomènes naturels

4.1. PHENOMENES HISTORIQUES

L'ensemble des événements recensés ayant affecté par le passé le territoire communal des Avirons est reporté en annexe 2. Cette connaissance historique est principalement issue de l'analyse d'archives, notamment des revues de presse de la DEAL (« Les Avirons dans la tourmente, Cf. annexe 1), des articles de journaux et de la base de données nationale sur les mouvements de terrain gérée nationalement par le BRGM (BDMVT). Quelques éléments sur les événements les plus marquants sont donnés ci-après :

Evènement	Date	Lieu	Description
Forte pluies	Mars 1849	Les Avirons	Eboulements de terre et de blocs de pierre ont eu lieu sur plusieurs points de la route royale.
Forte pluies	Janvier 1858	Les Avirons	Radiers emportés
Forte pluies	Janvier 1874	Tevelave	1 victime
Forte pluies	Février 1876	Ravines Sèche et du Trou	Radiers emportés
Cyclone	Mars 1913	Les Avirons	Dégâts considérables suite au cyclone du 5 mars provoquant de fortes inondations. Le cyclone fit en outre plusieurs victimes.
Forte pluies	Avril 1931	Les Avirons	Fortes inondations suite à un cyclone provoquant des dégâts considérables tel que des cases démolies des champs de cultures saccagés ainsi que des pertes animalières considérables, et des chemins détruits et ravinés. « Jamais on a vu autant d'eau. Partout ce n'est que ruines et déboires ».
Cyclone	Mars 1931	Les Avirons	60 habitations démolies, agriculture ravagée, routes ravinés
Cyclone JENNIE	Mars 1962	Les Avirons	Ecole dégradée, canalisations d'eau endommagés, toits arrachés.
Cyclone KIKI	Mars 1978	Ravine des Avirons	1 victime, emportée par les eaux
Cyclone CLOTILDA	Février 1987	Les Avirons	Destruction de champs agricoles, chemins ravinés, éboulement sur la route de Bras Sec, 28 personnes conduites en centre d'hébergement
		Route de Bras Sec	Eboulis au PK 1 de la route de Bras-Sec, ravinement de la moitié des chemins communaux, destruction importante des cultures vivrières et des champs de cannes suite à de forts vents et de fortes pluies
Cyclone FIRINGA	Février 1989	Les Avirons	Habitations détruites, perte agricole et environs 200 personnes sans-abris.
Cyclone HOLLANDA	Février 1994	Les Avirons	De grosses pertes agricoles
Fortes pluies	Décembre 2004	Lotissement des Favriers	Une habitation au bord du gouffre
Fortes pluies	Aout 2007	RD3	La route est coupée par un éboulis (50m3)
Fortes pluies	2010	RD3, RD11	Plusieurs éboulements sont enregistrés sur la RD3 et la RD11 impactant principalement la chaussée
Fortes pluies	Avril 2011	Les Avirons	Débordement de ravine, coulée de boue, routes ravinés, glissements de terrain
Cyclone BERGUITTA	Janvier 2018	Les Avirons	Plusieurs glissements de terrain, routes coupées, 3 arrêtés d'interdiction d'accès à la parcelle pris
Tempête Fakir	Avril 2018	Les Avirons	Plusieurs glissements de terrain et d'éboulement ont été répertoriés sur la RD3, au niveau du PR137

Tableau 4 : Principaux événements historiques connus ayant impacté la commune des Avirons

4.2. ARRETES DE CATASTROPHES NATURELLES

Depuis 1993, 9 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	10/02/1994	12/02/1994	12/04/1994	23/04/1994
Inondations et coulées de boue	22/01/2002	23/01/2002	01/08/2002	23/08/2002
Inondations et coulées de boue	30/01/2011	30/01/2011	30/03/2011	06/04/2011
Inondations et coulées de boue	17/04/2011	17/04/2011	19/10/2011	23/10/2011
Inondations et coulées de boue	01/01/2014	03/01/2014	17/01/2014	18/01/2014
Inondations et coulées de boue	17/01/2018	18/01/2018	31/01/2018	01/02/2018
Mouvements de terrain	18/01/2018	18/01/2018	31/01/2018	01/02/2018
Inondations et coulées de boue	24/04/2018	24/04/2018	23/05/2018	22/06/2018

Tableau 5 : Liste des arrêtés de catastrophes naturelle sur la commune des Aviron (source : <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/telechargement> - Base nationale de gestion assistée des procédures administratives relatives aux risques (GASPAR) - mise à jour 26/06/2019)

Les ouvrages généraux de Météo-France (Soler, 1997 et Mayoka, 1998), indiquent les cyclones majeurs ayant concernés La Réunion, et plus ou moins directement Les Aviron, depuis 1980 (cf. tableau 10).

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 6 : Liste des cyclones notables selon Météo-France (Soler,1997)

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 des Avirons 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 phénomènes rencontrés en fonction des catégories de terrain

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 météoritiques 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 grats, 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.

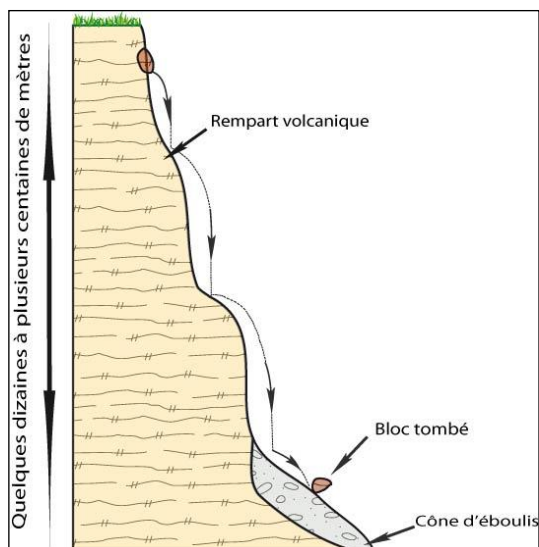


Figure 10 : Chute d'un bloc isolé

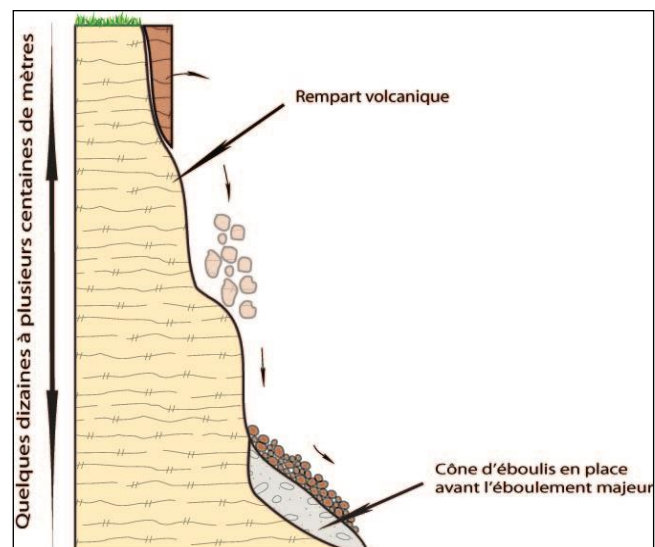


Figure 11 : Eboulement

Exemples de manifestations rencontrées :

• Démantèlement des remparts et versants de ravines encaissées

Le franchissement de la Ravine des Aviron, le long de la RD3, est fréquemment impacté par des chutes de blocs. Le tableau qui suit reprend l'ensemble des événements de type chutes de blocs/ éboulements recensés sur la RD3 dans ce secteur.

Date	Localisation	Type d'instabilité
23/03/2014	PR 137+650	Chute d'un bloc isolé 300-400 litres
09/07/2011	PR 137+800	Chute d'un bloc isolé 1m3
01/04/2010	PR 137+800	Eboulis obstruant les 2/3 RD
04/02/2010	PR137+750	Eboulement obstruant la RD3

Tableau 7 : Evénements recensés sur le territoire des Aviron au droit de la RD3

L'activité chutes de blocs et éboulements dans ces parties du territoire communal est directement tributaire des contextes lithologique et structural (ainsi qu'hydrogéologique). Les remparts 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).



Figure 12 : Eboulement du 4 février 2010 sur la RD3 en rive gauche de la Ravine des Aviron

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.

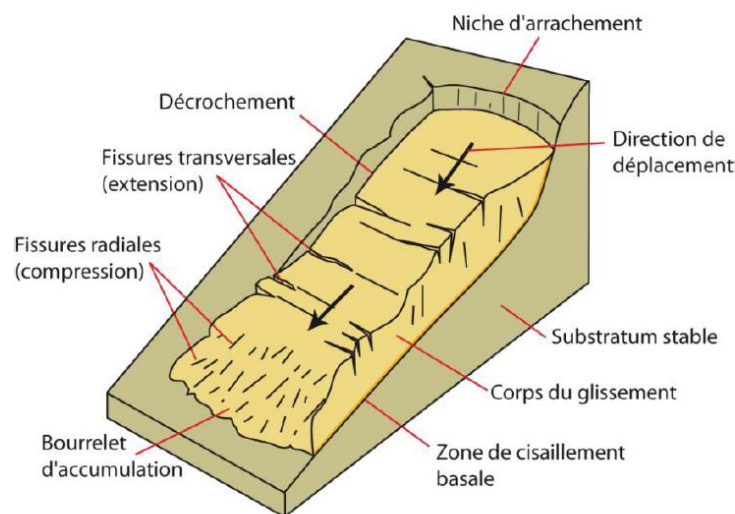


Figure 13 : Morphologie caractéristique d'un glissement de terrain (schéma adapté d'après Cruden et Varnes (1996))

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.

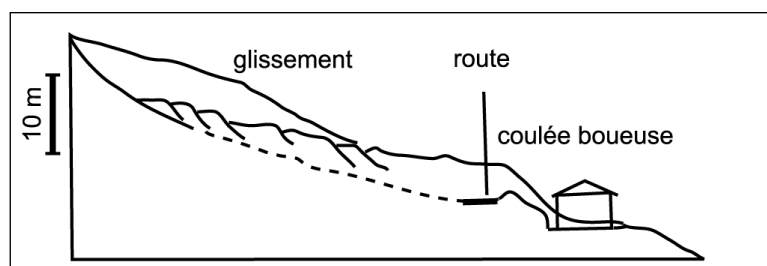


Figure 14 : Représentation schématique du glissement-coulée (exemple de Montauban, 1993 – cf. ci-après)

Exemples de manifestations rencontrées :

- **Glissements de talus ou dans les zones de ressauts des planèzes**

Des zones du territoire communal peuvent être touchées par des glissements de terrain d'ampleur variable, favorisés très souvent par un contexte géomorphologique défavorable (pentes plus ou moins marquées, terrains de couverture meubles - colluvions, altérites évoluées - sur une épaisseur variable) et aggravé par les aménagements humains (décaissements routiers ou pour l'habitat). Plusieurs glissements de terrain de ce type se sont notamment produits suite au passage du cyclone tropical Berguitta en janvier 2018.

- **Glissements-coulées**

Plusieurs coulées boueuses se sont produites en avril 2011 suite à de fortes pluies, au niveau du Chemin Rivière.

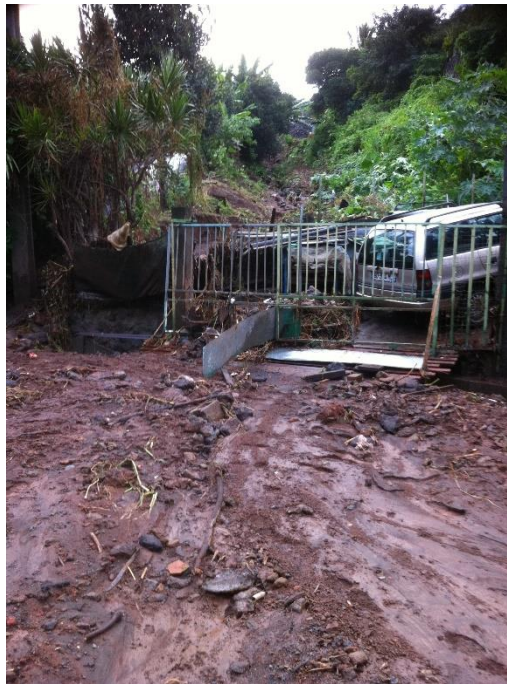


Figure 15 : Coulée de boue au Chemin Rivière suite à de fortes pluies en avril 2011

- **Glissements à partir des versants encaissés des ravines**

Les versants des ravines encaissées sont sujets à des phénomènes de chutes de blocs, mais également à des glissements de terrain susceptibles notamment d'affecter les niveaux de surface constitués de produits de démantèlement (éboulis, colluvions), dont la fraction argileuse est le plus souvent relativement importante. La profondeur et l'ampleur de ces glissements est généralement relativement limitée. Dans cette tranche de terrain, les hétérogénéités de faciès (notamment suivant la verticale avec la superposition de niveaux altérés plutôt imperméables surmontés d'horizons qui le sont moins – niveaux laviques, scories) créent des zones de saturation temporaires capables de développer des pressions interstitielles préjudiciables à la stabilité. Ces instabilités se caractérisent par divers indices tels que fissures, cicatrices, niches d'arrachement, soulèvements, bourrelets ou morphologies de versants mamelonnés.



Figure 16 : Glissement affectant une parcelle bâtie aux Avirons suite au passage de Berguitta en janvier 2018



Figure 17 : Glissement obstruant la RD3 à la sortie du franchissement de la Ravine des Aviron – suite au passage de Berguita en janvier 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 suivant :

- 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 brèchiques 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.

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 des Aviron :

- 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.).

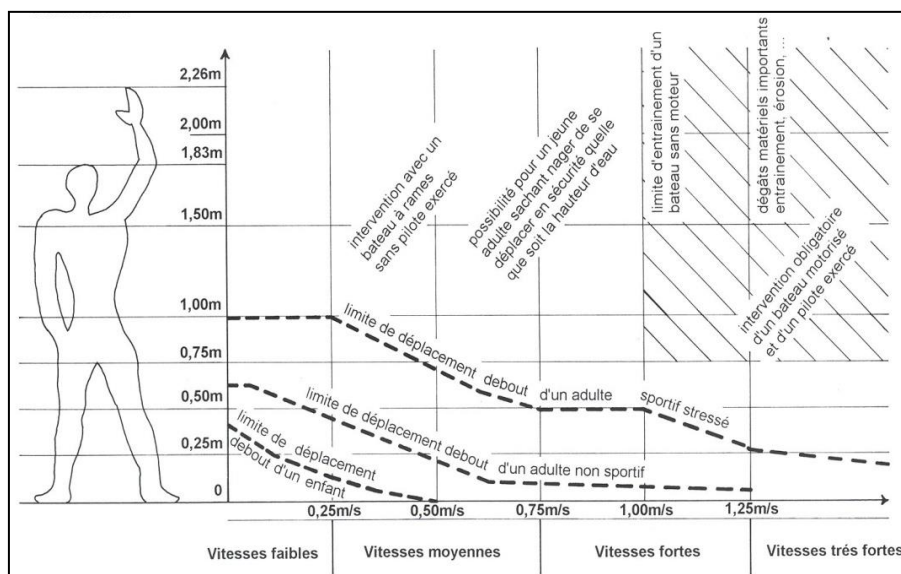


Figure 18 : Possibilité de déplacement des personnes en fonction des caractéristiques d'écoulement (source : Guide PPRi ruissellement péri-urbain M.E.D.D.E.)

Exemples de manifestations rencontrées :



Figure 19 : Submersion du radier Chemin Cabri lors des fortes pluies d'avril 2011

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., 2008⁴), 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 des Aviron, 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 des Aviron 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.

⁴ 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.

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

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, 1/15 000 pour le territoire des Aviron, 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).

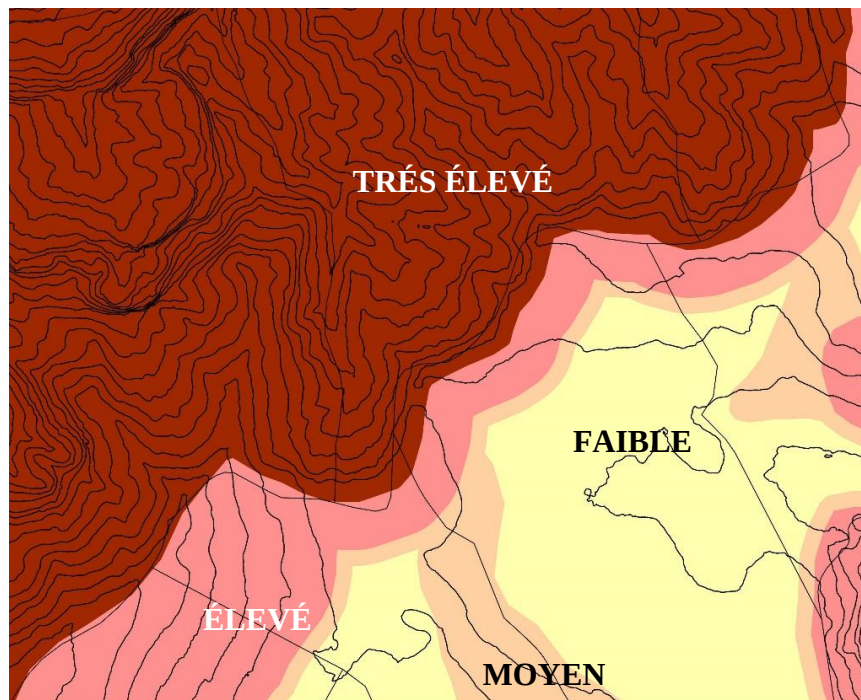


Figure 20 : Exemple de représentation de la notion de continuité du niveau d'aléa mouvements de terrain

5.2. ALEA INONDATION

5.2.1. Méthode d'évaluation de l'aléa

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 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 1/15 000 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 4) :
 - ✓ secteur Centre-Ville (planche 2) ;
 - ✓ secteur du Tévelave (planche 3) ;
 - ✓ secteur des Hauts (planche 4) ;

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

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 réalisation 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 2016⁵ ont été considérées dans le cadre du PPR de la commune des Avirons (grilles d'aide à la cartographie pour chaque type d'aléa mouvements de terrain considéré) ;
- des **visites de terrain** (analyses visuelles de type "expertise") afin de relever les indices hydrogéomorphologiques pouvant témoigner de mouvements de terrain anciens ou récents afin de justifier la possibilité d'occurrence et leur intensité sur la période de référence. Ces « campagnes » de reconnaissances de terrain ont débuté en 2013 et se sont poursuivies jusqu'en mai 2019. Les constats lors des diagnostics de risques suite au passage de la tempête Berguita en janvier 2018, particulièrement impactante sur le sud-ouest de La Réunion, ont notamment été intégrés ;
- la prise en compte de nouveaux outils topographiques précis : **Litto3D®** et **MNTR®** (2012). Le produit Litto3D®, développé par l'IGN© et SHOM©, est une base de données altimétrique unique et continue terre-mer donnant une représentation tridimensionnelle de la forme de la position du sol sur la frange littorale du territoire réunionnais. La base de données de Litto3D® ne s'étend qu'à 2km à l'intérieur des terres. Aussi, l'IGN a étendu cette base de données à l'ensemble de l'île en produisant un Modèle Numérique de Terrain Réunionnais (MNTR®). La précision altimétrique est de l'ordre de 20 cm et la précision planimétrique est de l'ordre de 50 cm ;
- les résultats d'**études ponctuelles, généralement à l'échelle de projet d'aménagement permettant 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.

⁵ 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.

- 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 1/15 000 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 4) :
 - ✓ secteur Centre-Ville (planche 2) ;
 - ✓ secteur du Tévelave (planche 3) ;
 - ✓ secteur des Hauts (planche 4) ;

5.3.1. 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 « inondation » des Aviron 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).**

5.3.2. 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.

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-FR⁶ et a été valorisée dans le présent PPR. Cette méthode s'appuie sur une base de données d'évènements décrits (plus de 2700 chutes de blocs analysés dont un certain nombre d'évènements 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 21) associées.

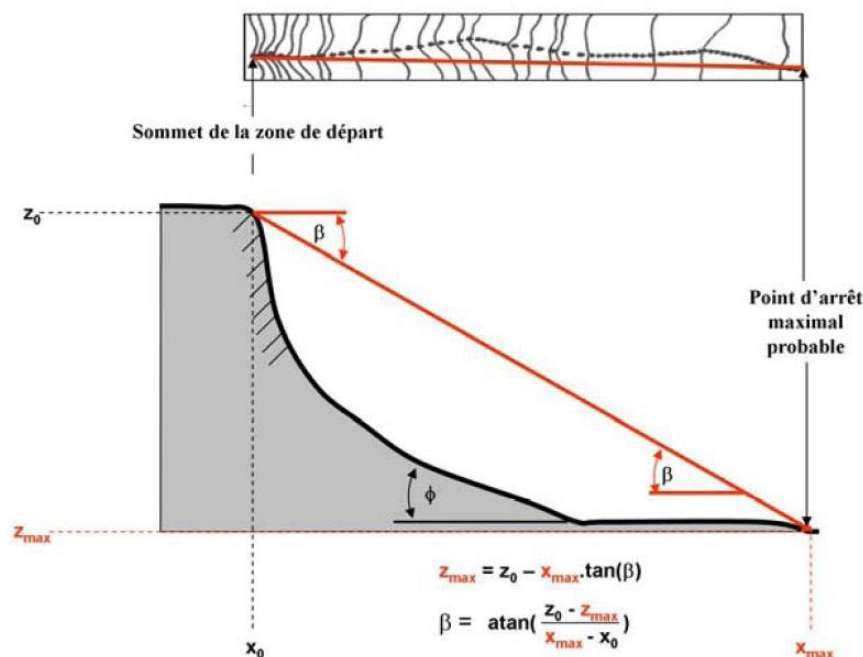


Figure 21 : Représentation schématique du principe de la ligne d'énergie et de la formule pour déterminer l'angle β (Berger, 2009b)

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.

⁶ 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.

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'écrouler) l'aléa mouvements de terrain. D'une manière générale, **étant donnés les volumes écroulés et susceptibles de s'écrouler en pied des parois présentes sur le territoire communal (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.

5.3.3. 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 (indication)	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 des Aviron.

Les règles et prescriptions définies et propres à chaque zone ainsi que les différentes dispositions réglementaires applicables au titre du PPR des Aviron 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.

Transcription réglementaire aléa/enjeux		MOUVEMENTS DE TERRAIN				
		Très élevé élevé	Moyen		Faible	Nul
			Autres secteurs	Secteurs jugés sécurisables		
INONDATION	fort	R1	R1	R1	R1	R1
	moyen	R1	R2	B2u	B2	B2
	faible	R1	R2	B2u	B3	B3
	nul	R1	R2	B2u		

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

5.5. EXEMPLES DE CARTOGRAPHIE AU DROIT DE SECTEURS A 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 Piton Rouge ;
- Secteur du Centre-Ville ;
- Secteur de la Chapelle.

Niveau d'aléa MVT	Niveau d'aléa Inondation	Zonage réglementaire
 TRES ELEVE  ELEVE  MOYEN  FAIBLE	 FORT  MOYEN  FAIBLE	 R1  R2  B2  B2u  B3

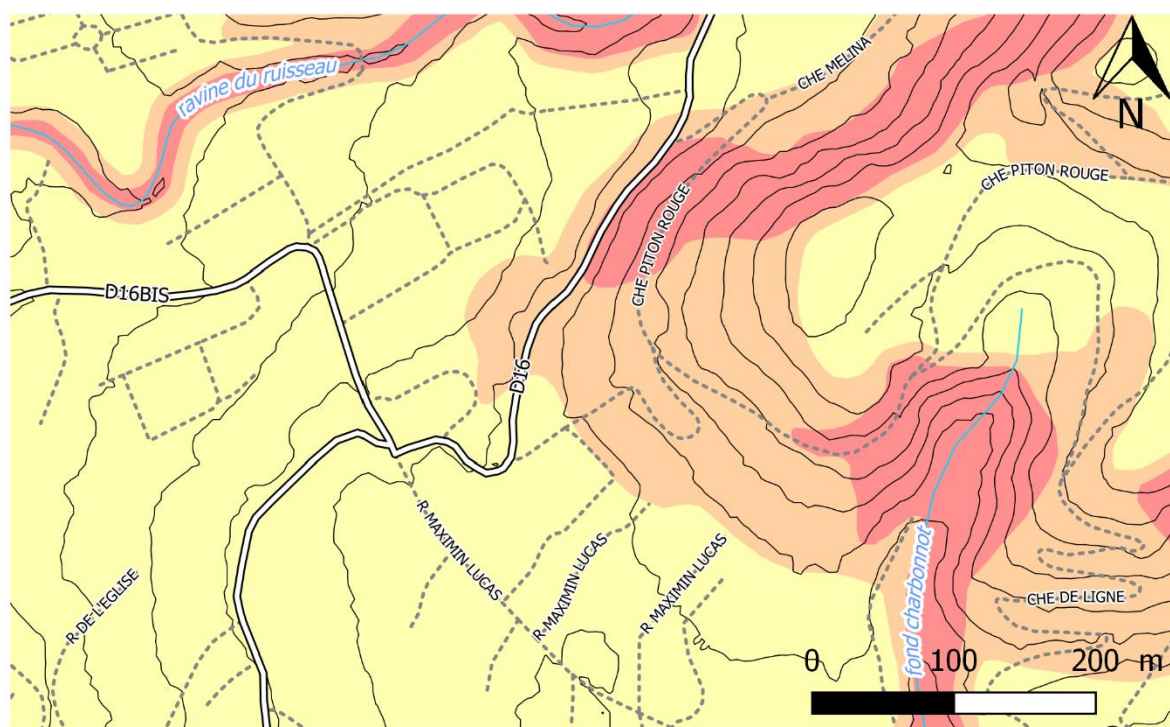
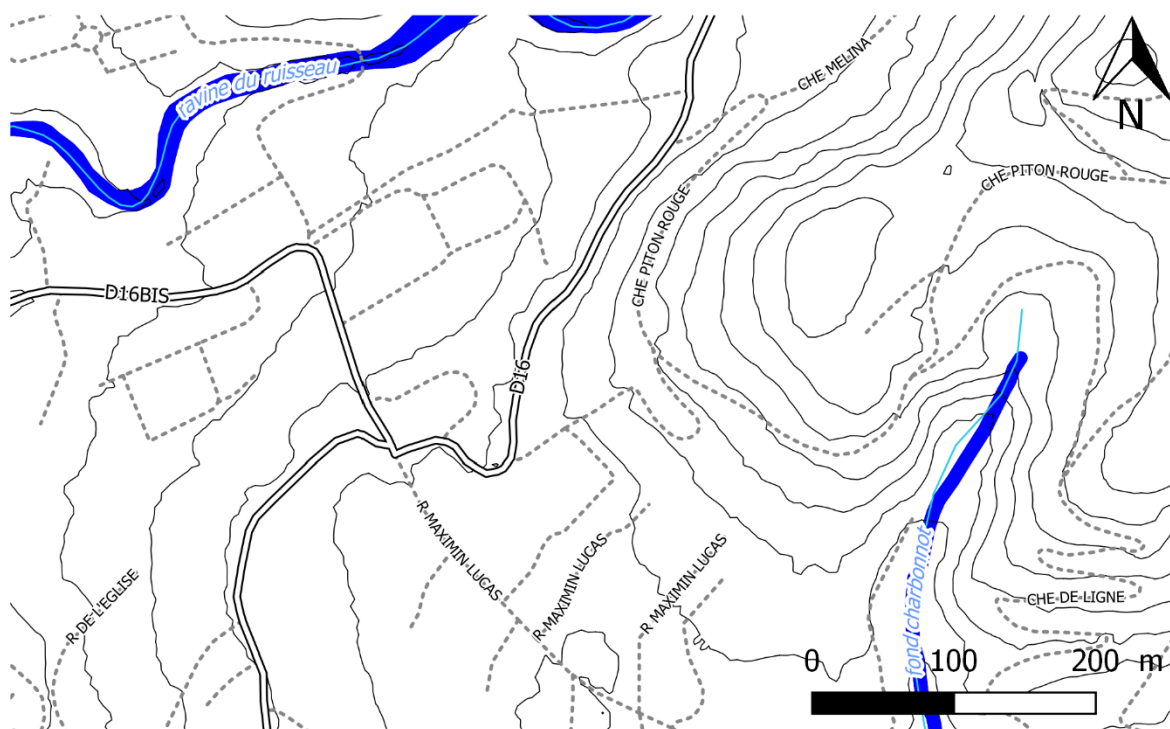
Tableau 13 : Légendes des extraits cartographiques du projet de PPR

Secteur de Piton Rouge

Le secteur du Piton Rouge est marqué par la présence de cet ancien cône strombolien qui domine la zone urbanisée en pied. Les pentes sur les flancs externes du piton sont relativement conséquentes, notamment à l'amont de la RD16 (supérieures à 35°) puis s'atténuent sous la chaussée, avec des valeurs maximales de l'ordre de 25°. Les terrains présentent un dénivelé de l'ordre de 15 à 20 m sous la RD et les formations en place correspondent à des projections du piton (formation rougeâtre type projections scoriacées consolidées à l'amont à lâches voire altérées en pied). D'après les observations de terrain, aucun bloc rocheux n'est identifié dans le secteur. La forte végétation recouvrant les terrains à l'amont de la RD limite cependant la précision des constats.

D'après les éléments méthodologiques applicables pour la cartographie des aléas mouvements de terrain, ces conditions justifient l'aléa élevé MVT à l'amont de la RD16 qui constitue la zone préférentielle d'arrêt des instabilités issues du piton. Pour les parcelles en contrebas de la chaussée, une bande d'aléa moyen mouvements (20m) de terrain est conservée pour tenir compte des risques de franchissement éventuels de la RD16 et des instabilités résiduelles pouvant se développer sur la période de référence sur les pentes résiduelles sous la route. L'aléa moyen mouvements de terrain traduit les risques d'instabilité (glissement principalement) jugés d'intensité moyenne au regard de l'ampleur modérée de la superficie des terrains concernés par une configuration morphologique similaire (>1000m²).

Concernant la traduction réglementaire des terrains maintenus en aléa moyen mouvements de terrain, seuls les terrains éloignés des zones d'aléa élevé sont considérés comme sécurisables à l'échelle d'un projet d'aménagement (maîtrise foncière facilitée, gestion des risques plus efficace à l'échelle parcelle et non dépendant d'actions coûteuses dans des contextes de fortes exposition). Ainsi, les terrains classés en aléa moyen mouvements de terrain dans cette configuration sont traduits en B2u, les autres en R2.



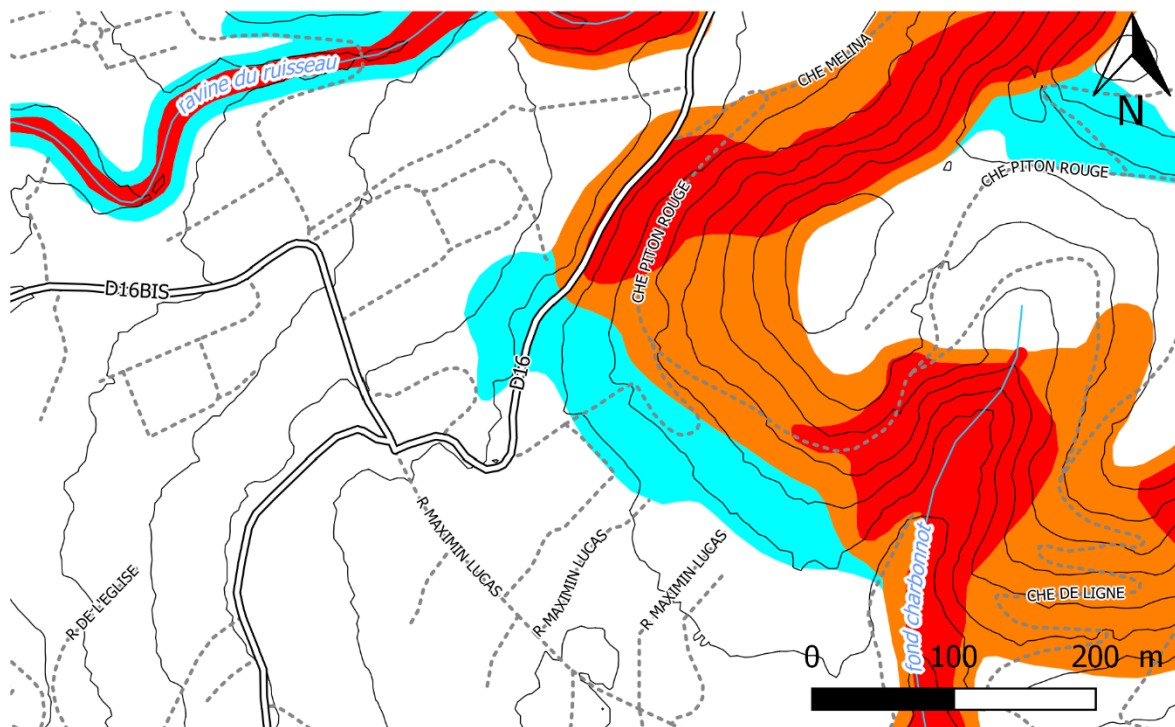
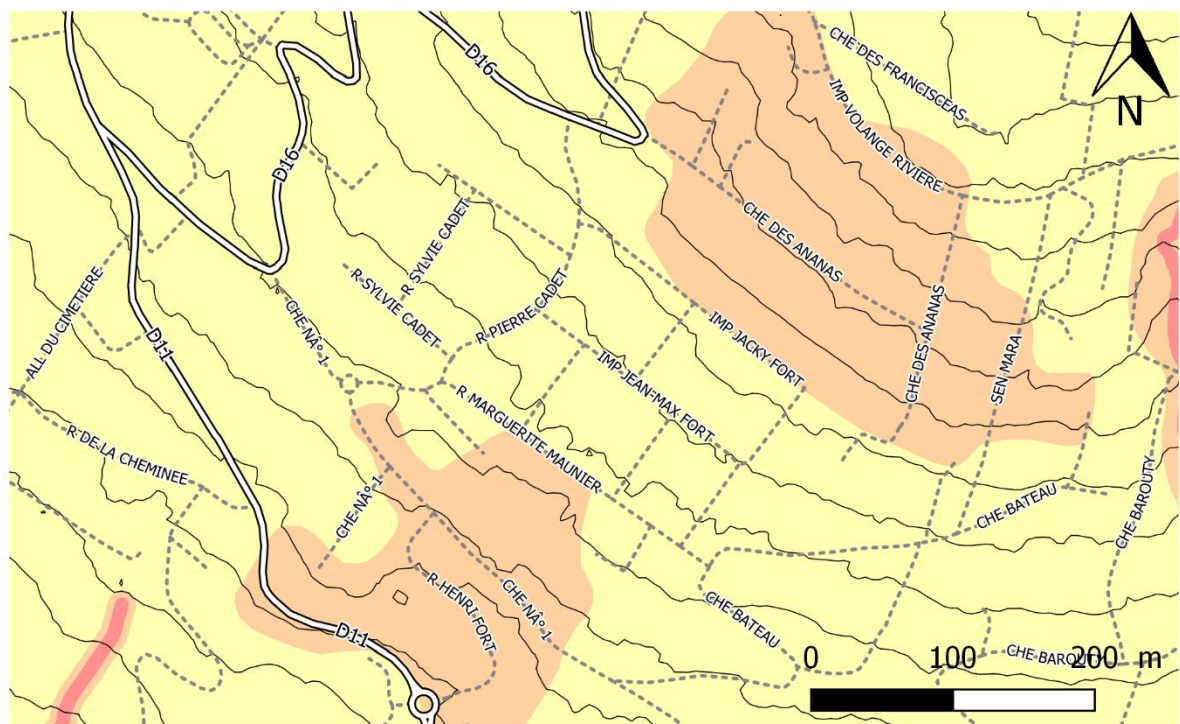
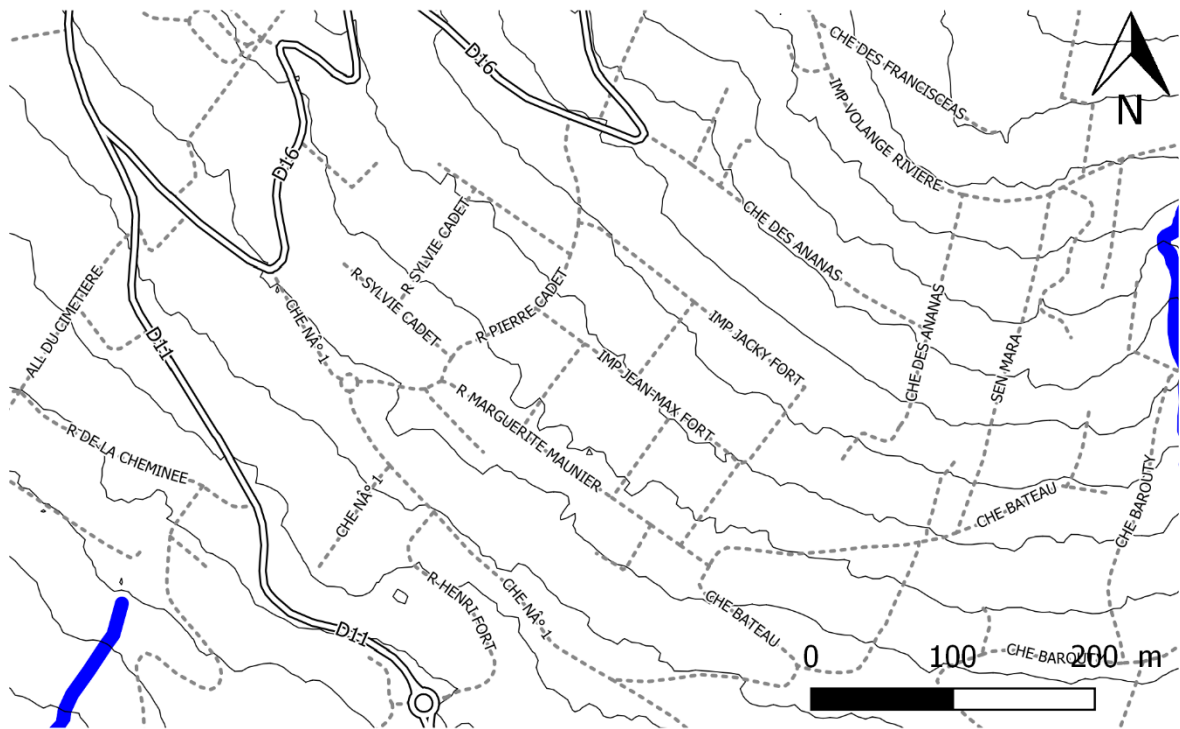


Figure 22 : Extraits du projet de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et zonage réglementaire au droit du secteur de Piton Rouge

Secteur du Centre-Ville

Ce secteur correspond à des terrains de la planèze des Avirons où des formations basaltiques de la série différenciée (< 340 000 ans) sont présentes. D'un point de vue morphologique les pentes du secteur sont comprises entre 10 et 20° avec ponctuellement des pentes plus fortes (atteignant 30°) justifiant une probabilité d'occurrence de phénomènes type glissement de terrain faible à moyenne. L'aléa moyen mouvements de terrain considéré traduit les risques d'instabilité de type glissement de terrain voire d'érosion par ravinement d'intensité modérée, pouvant se produire dans de telles configurations sur la période de référence (siècle à venir), notamment au regard de la surface significative (> 1000 m²) des terrains du secteur dans la même configuration.

Ce secteur est par ailleurs urbanisé avec de nombreux ouvrages de confortement pour créer des plateformes planes (talus raidis, murs de soutènement de plus de 5m de hauteur notamment), qui confirment la capacité de sécurisation du secteur. L'ampleur de certains ouvrages (de plus de 5m de hauteur) confirme la nécessité de dimensionner ces ouvrages afin de garantir leur pérennité et la sécurisation des plateformes. Ces observations confirment la capacité de sécurisation des terrains du secteur et donc la traduction réglementaire en zone B2u retenue au projet de PPR. D'un point de vue réglementaire, le classement en B2u impliquera entre autre (une fois le PPR approuvé), la nécessité de réaliser une étude géotechnique préalable dans le cadre d'un projet de construction



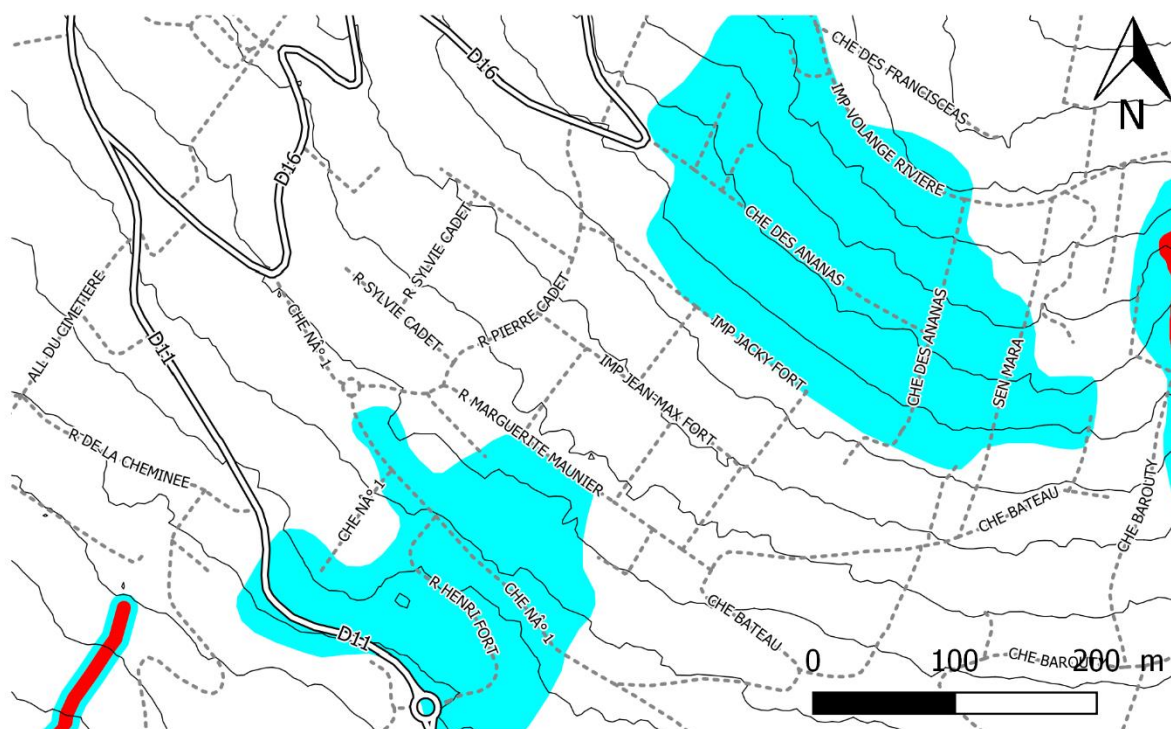
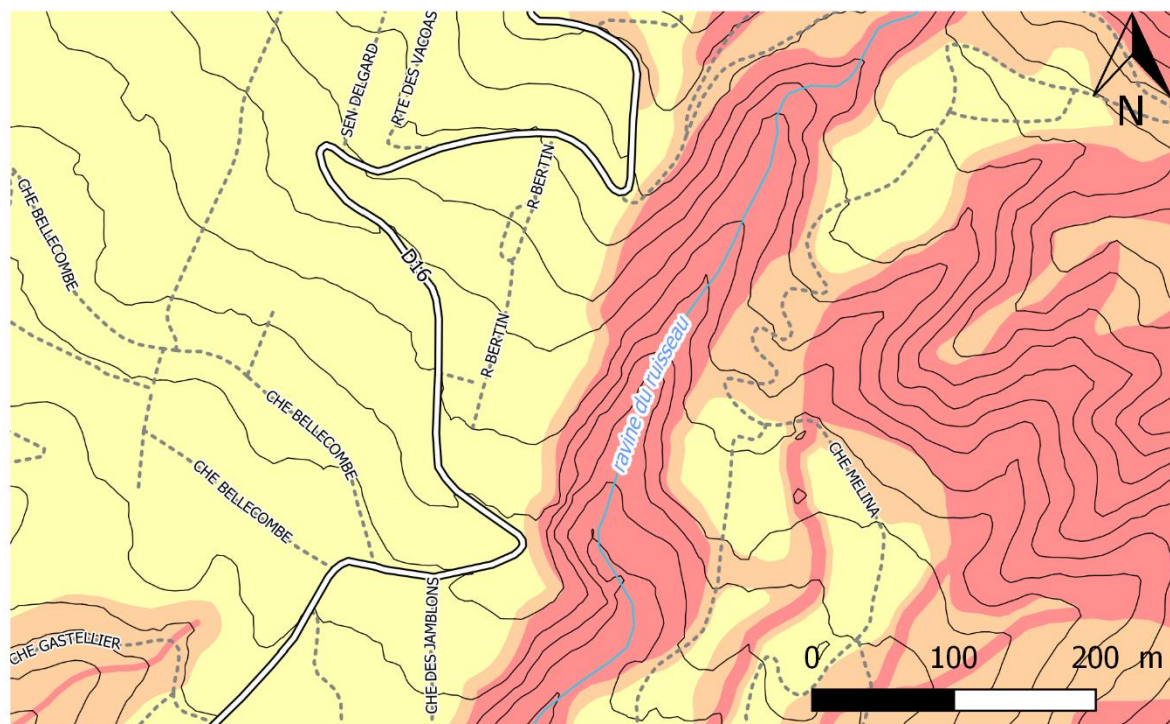
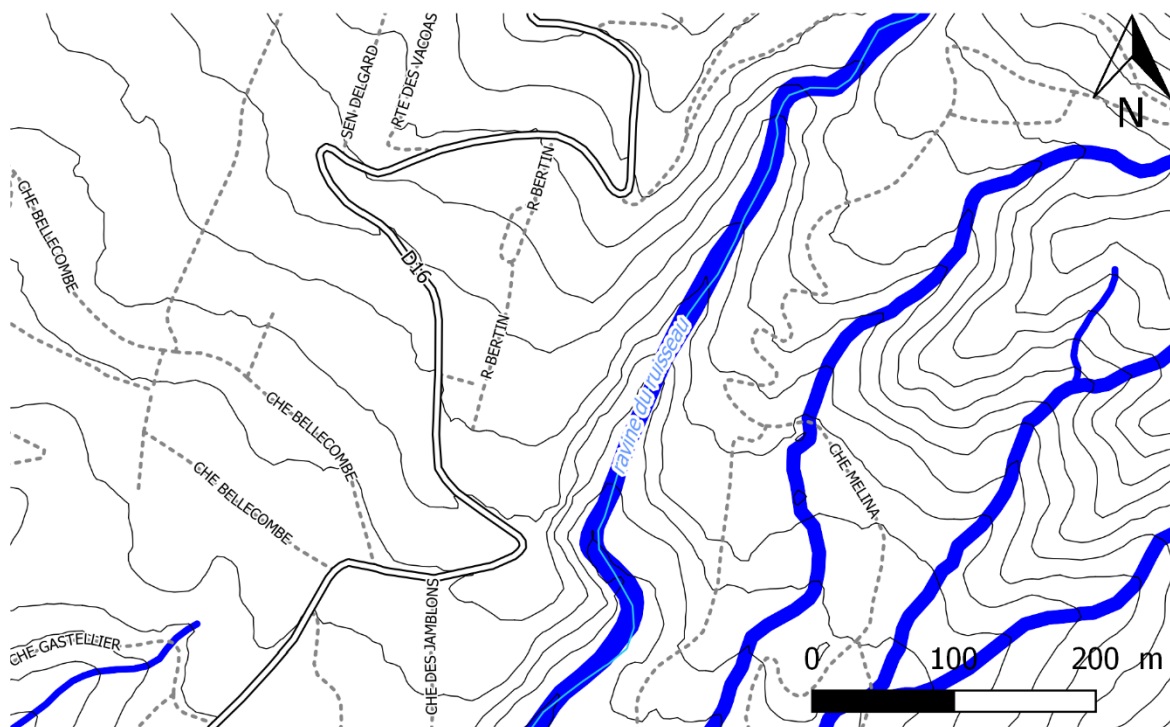
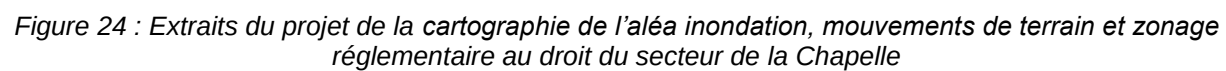


Figure 23 : Extraits du projet de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et zonage réglementaire au droit du centre-ville

Secteur de la Chapelle

Le zonage du projet de PPR dans ce secteur est caractérisé par la proximité avec l'encaissement de la Ravine du Ruisseau à l'est. Les observations de terrain ont permis de confirmer la configuration du secteur, notamment au droit de la crête de l'encaissement de la ravine (40 m de haut avec des pentes atteignant 55° soient très abruptes). Dans ce contexte morphologique, l'aléa MVT est traduit par un niveau d'aléa élevé dans les pentes d'encaissement (forte probabilité de chute de blocs, d'érosion en pied voire de glissement superficiel, suivant une intensité potentiellement forte également). Conformément à la méthodologie de cartographie des aléas MVT, la limite de l'aléa élevé MVT est positionnée au niveau de la rupture de pente en recul immédiat de l'encaissement, puis un aléa moyen MVT (bande de 10 m) est appliqué, traduit réglementairement en R2 (zone rouge) du fait des difficultés de sécurisation à l'échelle d'un projet dans de telles conditions d'exposition.





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).

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

ANNEXE 2 : Bilan de concertation