

DEPARTEMENT DE LA REUNION

Commune de Saint-André



PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES

« Inondations et mouvements de terrain »

NOTE DE PRESENTATION

***Consultation des personnes
publiques associées***

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.....	13
1.1. Organisation de la gestion des risques.....	13
1.2. Prévention des risques naturels	14
1.3. Plan de Prévention des Risques (P.P.R.) naturels prévisibles	15
1.4. Catastrophes naturelles à La Réunion.....	16
2. PRESENTATION DU PPR.....	16
2.1. Contexte réglementaire du PPR.....	16
2.2. Procédure réglementaire	18
2.2.1. Secteurs géographiques concernés	18
2.2.2. Etat des réflexions menées	18
2.3. Assurances et infractions au PPR	21
2.3.1. Rappel du régime d'assurance en vigueur	21
2.3.2. Infractions au PPR et sanctions.....	23
2.4. Expropriation et Mesure de sauvegarde	24
2.5. Responsabilités	24
2.5.1. Etablissement du PPR.....	24
2.5.2. Autorisation d'occuper le sol.....	25
3. PRESENTATION DE LA COMMUNE.....	27
3.1. Contexte de la zone d'étude	27
3.1.1. Situation géographique.....	27
3.1.2. Contexte géomorphologique.....	28
3.1.3. Contexte climatique	29
3.1.4. Réseau hydrographique	35
3.1.5. Contexte géologique.....	38
3.1.6. Contexte pédologique.....	42
3.2. Enjeux et vulnérabilité	45
4. APPROCHE HISTORIQUE ET CARACTERISATION DES PHENOMENES NATURELS	47
4.1. Phénomènes historiques.....	47
4.2. Arrêtes de catastrophes naturels.....	50
4.3. Caractérisation des mouvements de terrain	52
4.3.1. Chutes de pierres ou de blocs, éboulements (P)	53
4.3.2. Glissements de terrain et coulées boueuses associées (G)	56
4.3.3. Erosions et ravinement	58

4.4.	Caractérisation des phénomènes d' inondation	62
5.	CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ALEAS.....	67
5.1.	Définitions et notions générales.....	67
5.1.1.	Aléas considérés	67
5.1.2.	Notion d'intensité et de probabilité d'occurrence	68
5.1.3.	Règles générales de zonage	68
5.2.	Aléa inondation	70
5.2.1.	Méthode d'évaluation de l'aléa	70
5.2.2.	Caractérisation de l'aléa inondation	71
5.3.	Aléa mouvements de terrain.....	72
5.3.1.	Méthode d'évaluation de l'aléa	72
5.3.2.	Règles générales de qualification de l'aléa mouvements de terrain	73
5.3.3.	Cas particulier de l'érosion des berges de la Rivière du Mât	76
5.3.4.	Qualification de l'aléa mouvements de terrain.....	78
5.4.	Principes de traduction réglementaire	79
5.5.	Exemples de cartographie au droit de secteurs à enjeux.....	80
6.	LEXIQUE DES SIGLES ET TERMES TECHNIQUES	95
7.	PRINCIPAUX TEXTES OFFICIELS.....	97
7.1.	Législation - Réglementation	97
7.2.	Principales circulaires.....	97
7.3.	Publication de guides	97
8.	ANNEXE 1 : GRILLES D'AIDE A LA CARTOGRAPHIE DE L'ALEA MVT (EXTRAIT DU RAPPORT BRGM/RP-66346-FR DE NOVEMBRE 2016)	163

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evénements historiques majeurs survenus à La Réunion.	16
<i>Tableau 2 : Précipitations journalières décennales et centennales issues du modèle SHYREG (2012) ou du GEDC, 1992 (en mm).</i>	<i>32</i>
Tableau 3 : Cumul de pluie moyen par jours entre 1981 et 2010 (source : Bulletin climatologique 2014 – Météo France).....	33
Tableau 4 : Maximum des précipitations journalières, précipitations annuelles cumulées, nombre de jours dans l'année où les précipitations journalières dépassent 50 mm et événement climatique associé sur la période de 2001 à 2021 observés sur la station de Mencil 34	34
Tableau 5 : Débits caractéristiques de crue centennale de la grande Rivière Saint-Jean.....	37
Tableau 6 : Superficies et débits de crue centennale présentés dans la PGRI de la Rivière du Mât en 2011. Le PPRi de 2014 ne fait apparaître que la valeur de débit de crue centennale au niveau du barrage qui est fixée à 3300 m ³ /s.....	37
Tableau 7 : Synthèse des connaissances hydrologiques sur le territoire de Saint-André	38
Tableau 8 : Liste des arrêtés de catastrophes naturelle sur la commune de Saint-André (source : www.georisques.gouv.fr).....	51
Tableau 9 : Liste des cyclones, tempêtes tropicales et épisodes pluvio-orageux majeurs ayant concerné la commune de Saint-André. Sources : Météo France, firinga.com, archives diverses. .	52
Tableau 10 : Type de phénomène rencontrés en fonction des catégories de terrain.....	53
Tableau 11 : Caractérisation de l'aléa inondation pour la crue centennale en fonction des vitesses et des hauteurs d'eau.	72
Tableau 12 : Echelle qualitative de probabilité d'occurrence (LCPC, guide technique sur les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux, 2004).....	75
Tableau 13 : Principe de grille de qualification des aléas	76
Tableau 14 : Informations relatives aux secteurs homogènes concernant l'aléa érosion de berge sur la Rivière du Mât	77
Tableau 15 : Définition du niveau d'aléa mouvements de terrain résultant en fonction des différents aléas caractérisés.	78
Tableau 16 : Principe de traduction réglementaire des aléas du PPR de Saint-André	80
Tableau 17 : Légendes des extraits cartographiques du projet de PPR	81

Liste des figures

Figure 1 : Délimitation du territoire communal de Saint-André (Fond ©IGN scan100®-2010)	27
Figure 2 : La ville de Saint-André (http://www.france-voyage.com/tourisme/saint-andre-2518.htm)	29
Figure 3 : Précipitations moyennes annuelles sur la période 1970-2009 (source : ©Météo France). Les contours de la commune de Saint-André sont représentés en rouge.	30
Figure 4 : Régions pluviométriques déterminées par ©Météo-France Réunion (2010).....	31
Figure 5 : Localisation des stations météo à proximité de Saint-André (©IGN Scan100® - 2010). 32	
Figure 6 : Réseau hydrographique et liste des principales ravines de la commune de Saint-André (source : BDtopo2016®, fond ©IGN scan25® - 2010).....	36
Figure 7 : Carte géologique de la commune de Saint-André (Carte géologique de la Réunion - BGRM, 2006).....	40
Figure 8 : Carte morpho-pédologique à l'échelle du 1/50 000	44
Figure 9 : Evolution de la population de Saint-André (source : ©I.N.S.E.E.).....	45
Figure 10 : Chute d'un bloc isolé	55
Figure 11 : Eboulement.....	55
Figure 12 - A gauche : Chute de blocs ayant atteint la RD 48 (Route de Salazie) en 2019. A droite : Eboulement sur la RD 48 en 2021	55
Figure 13 : Coupe type d'un glissement circulaire	56
Figure 14 : Représentation schématique du glissement-coulée	57
Figure 15 : Glissement de terrain sur une parcelle terrassée à Dioré, 2018.	58
Figure 16 : A. Erosion de berge localisée peu avant le pont de l'Escalier à la limite communale entre Saint-André et Salazie. B. Photo aérienne montrant le lit majeur actuel de la Rivière du Mât auquel a été surimposé le lit majeur avant 1965 (par photos aériennes anciennes). On voit bien l'évolution rapide du tracé des berges et les habitations potentiellement concernées.	59
Figure 17 : Recul de la limite de berge entre 2003 et 2008 au droit du lit de la rivière du Mât (Est de la zone de loisir chemin canal Moreau).	60
<i>Figure 18 : Lit de la rivière du Mât et berge en rive gauche durant le passage du cyclone Gamède (2007).</i>	60
Figure 19 : Ravinement aux abords du chemin Dioré suite au passage de la forte tempête tropicale Fakir (2018).	62
Figure 20 : Possibilité de déplacement des personnes en fonction des caractéristiques d'écoulement (source : Guide PPRi ruissellement péri-urbain M.E.D.D.E.).....	64

Figure 21 : L'avenue Île de France inondée lors du passage de la forte tempête tropicale Fakir en Avril 2018 (Zinfos974).....	65
Figure 22: Inondation Cité Oasis suite au passage de la forte tempête tropicale Fakir en Avril 2018.	66
Figure 23 : Exemple de représentation de la notion de continuité du niveau d'aléa.....	69
Figure 24: Interaction entre deux phénomènes érosifs au droit de la zone de loisir de la Rivière du Mât (Fond orthophoto 2008 @IGN).....	82
Figure 25 : Extraits de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et du projet de zonage réglementaire au droit du secteur de la zone de loisir de la Rivière du Mât.	84
Figure 26 : Extraits de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et du projet de zonage réglementaire au droit du centre ville et de la Ravine Sèche.	87
Figure 27 : Extraits de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et du projet de zonage réglementaire au droit du quartier Bras de Chevrettes.....	90
Figure 28 : Extraits de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et du projet de zonage réglementaire au droit du secteur de Bois Rouge.	93

Préambule

Ce dossier est le **Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (P.P.R.) inondations et mouvements de terrain de la commune de Saint-André**. 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 et le décret n°2011-765 du 28 juin 2011).

Ce dossier comporte plusieurs documents informatifs et réglementaires :

✓ Les documents informatifs :

- Une cartographie des aléas naturels (mouvements de terrain et inondations) à l'échelle du 1/ 15 000 et du 1/5 000 ;
- Une cartographie de localisation des phénomènes naturels historiques (inondations et mouvements de terrain) à l'échelle 1/17 500 ;
- Une cartographie des équipements sensibles (enjeux) de la commune à l'échelle 1/15 000.

✓ Les documents réglementaires :

- La note de présentation : elle décrit succinctement le territoire d'étude et les phénomènes naturels qui le concernent, ainsi que les règles méthodologiques adoptées ;
- Une cartographie du zonage réglementaire à l'échelle du 1/ 15 000 et du 1/5 000 ;
- Le règlement associé au zonage réglementaire.

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

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

Art 1^{er} – 1-3^e alinéa

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

1. Introduction

Les cyclones, les fortes pluies, les glissements de terrain et les chutes de pierres ont marqué l'histoire de La Réunion et la mémoire de nombre de Réunionnais. Mais tirer les leçons de l'histoire n'est pas une démarche naturelle. Ainsi voit-on s'installer de nouvelles constructions et des habitations dans des sites où les risques sont perceptibles et des aménagements sont réalisés 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).

La commune de Saint-André, peuplée de 57626 habitants (Insee, RP2021) est affectée par des phénomènes de mouvements de terrain et/ou d'inondations, comme en témoigne la carte des phénomènes historiques, impactant plus ou moins durement les activités humaines.

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

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 de Saint-André est concernée par cette politique de prévention car elle cumule une évolution économique et démographique avec des aléas liés aux cyclones, pluies et mouvements de terrain importants. 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 par l'application de l'article L.125-2 (extrait) du code de l'environnement :

« L'Etat et les communes exposées à au moins un risque majeur contribuent à l'information prévue au I par la mise à disposition du public des informations dont ils disposent.

I.-Toute personne a un droit à l'information sur les risques majeurs auxquels elle est soumise dans certaines zones du territoire et sur les mesures de sauvegarde qui la concernent. Ce droit s'applique aux risques technologiques et aux risques naturels prévisibles.

II.- Dans les communes exposées à au moins un risque majeur, le maire communique à la population, par tout moyen approprié, les caractéristiques du ou des risques majeurs, les mesures de prévention, les modalités d'alerte et d'organisation des secours et, le cas échéant, celles de sauvegarde, en application de l'article L. 731-3 du code de la sécurité intérieure. Cette communication comprend les garanties prévues à l'article L. 125-1 du code des assurances.

L'exploitant est tenu de participer à l'information générale du public sur les mesures prises aux abords des ouvrages ou installations faisant l'objet d'un plan particulier d'intervention.

Dans les communes exposées à au moins un risque majeur, une information sur les risques et les mesures de sauvegarde est affichée dans certaines catégories de locaux et de terrains, notamment au regard des caractéristiques du risque ou du caractère non permanent de l'occupation des lieux. »

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 qui crée l'article L. 563-3 du code de l'environnement (extrait) :

« I. - 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) (extrait):

« I.- Le plan communal de sauvegarde prépare la réponse aux situations de crise et 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. La mise en place, l'évaluation régulière et les éventuelles révisions du plan communal de sauvegarde peuvent être assurées par un adjoint au maire ou un conseiller municipal chargé des questions de sécurité civile désigné par le maire ou, à défaut, par le correspondant incendie et secours. Le plan communal de sauvegarde s'articule avec le plan Orsec mentionné à l'article L. 741-2. Il est obligatoire pour chaque commune :

1° Dotée d'un plan de prévention des risques naturels ou miniers prévisibles prescrit ou approuvé ;

2° Comprise dans le champ d'application d'un plan particulier d'intervention ; 3° Comprise dans un des territoires à risque important d'inondation prévus à l'article L. 566-5 du code de l'environnement ;

4° Reconnue, par voie réglementaire, comme exposée au risque volcanique ;

5° Située dans les territoires régis par l'article 73 de la Constitution ou les territoires de Saint-Martin et Saint-Barthélemy et exposée au risque cyclonique ;

6° Concernée par une zone de sismicité définie par voie réglementaire ;

7° Sur laquelle une forêt est classée au titre de l'article L. 132-1 du code forestier ou est réputée particulièrement exposée. La mise en œuvre des mesures de sauvegarde relève de chaque maire sur le territoire de sa commune.

II.- Le plan communal de sauvegarde est arrêté par le maire et, à Paris, par le préfet de police. »

1.3. PLAN DE PREVENTION DES RISQUES (P.P.R.) NATURELS PREVISIBLES

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

La procédure de révision du Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles sur la commune de Saint-André a été prescrite par l'arrêté préfectoral n°2018-2019/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 de Saint-André, les phénomènes d'inondations (par débordement de cours d'eau) **et les phénomènes de mouvements de terrain** (chute de bloc, glissement de terrain et érosion).

1.4. CATASTROPHES NATURELLES A LA REUNION

1875 Salazie « le Grand sable » : 63 personnes ensevelies par un glissement	Janvier 1989 Cyclone Firinga : 4 morts ; dégâts très importants	Janvier 2014 Cyclone Bėjisa : 1 mort, dégâts importants
Janvier 1948 Cyclone : 16 morts ; dégâts énormes	Janvier 1993 Cyclone Colina : 2 morts ; dégâts importants	Janvier 2018 Tempête tropicale modérée Berguitta : pluies et dégâts importants dans le sud-ouest de la Réunion
Février 1962 Cyclone Jenny : 36 morts ; dégâts importants	Février 1998 Tempête Anacelle : 1 mort ; dégâts importants	Avril 2018 Forte tempête tropicale Fakir : 2 morts
Janvier 1966 Cyclone Denise : 3 morts ; dégâts importants	Janvier 2002 Cyclone Dina : 2 morts, dégâts très importants	Janvier 2024 Cyclone tropical intense Belal : 4 morts
Janvier 1980 Tempête Hyacinthe : 25 morts ; 1 milliard de francs de dommages	Mars 2006 Tempête tropicale modérée Diwa : 4 morts, pluies importantes	
Février 1987 Tempête Clotilda : 9 morts ; dégâts très importants	Février 2007 Cyclone Gamède : 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 :

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

- 1°) De délimiter les zones exposées aux risques, 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, notamment afin de ne pas aggraver le risque pour les vies humaines ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales

ou industrielles, pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;

- 2°) De délimiter les zones 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° ;*
- 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.*
- 5°) De définir, dans les zones mentionnées aux mêmes 1° et 2°, des exceptions aux interdictions ou aux prescriptions afin de ne pas s'opposer à l'implantation d'installations de production d'énergie solaire dès lors qu'il n'en résulte pas une aggravation des risques.*

III.- La réalisation des mesures prévues aux 3° et 4° du II 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.

IV.- Les mesures de prévention prévues aux 3° et 4° du II, 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 du livre III et du livre IV du code forestier.

V.- 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 P.P.R. :

« 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. »

Dans le processus d'élaboration du PPR, le BRGM a en charge la caractérisation des aléas inondation et mouvements de terrain ainsi que la cartographie des enjeux associés. L'Etat a en charge l'élaboration de la stratégie de zonage réglementaire et le règlement lui-même.

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 (article L.562-4 du Code de l'Environnement). Il est annexé au Plan Local d'Urbanisme, conformément à l'article L.153-60 du Code de l'Urbanisme.

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

2.2. PROCEDURE REGLEMENTAIRE

2.2.1. Secteurs géographiques concernés

La procédure réglementaire PPR est définie par les articles R.562-1 à R.562-9 du code de l'environnement. Le point de départ de la présente procédure de révision du PPR est l'arrêté préfectoral de révision n°2018-2019/SG/DCL/BU en date 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 de Saint-André et, dans son article 2, que les risques relatifs aux « inondations » (crues par débordement de ravines) et aux « mouvements de terrain » (les chutes de pierres ou de blocs, les éboulements, les glissements de terrain et coulées de boues associées, les érosions de berge et le ravinement) sont pris en compte.

2.2.2. Etat des réflexions menées

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

❖ Pour l'élaboration du PPR :

- 22 août 2005 : Arrêté n°2191 du 22 août 2005 prescrivant l'établissement du Plan de Prévention des Risques (PPR) naturels prévisibles relatif aux phénomènes d'inondation sur la commune de Saint-André ;
- Du 10 décembre 2012 au février 2013 : déroulement des consultations officielles conformément à l'article R.562-7 du Code de l'Environnement ;
- 30 octobre 2013 : Arrêté préfectoral n°2052/SG/DRCTCV prescrivant sur le territoire de la commune de Saint-André, l'ouverture d'une enquête publique concernant le projet de Plan de Prévention des Risques (PPR) naturels prévisibles relatif aux phénomènes d'inondation sur la commune de Saint-André.
- 14 et 15 novembre 2013 : réunions publiques d'information ;
- 22 novembre au 23 décembre 2013 : déroulement de l'enquête publique avec conclusions favorables du commissaire-enquêteur ;
- 25 juin 2014 : Arrêté préfectoral n° 3843 approuvant le Plan de Prévention des Risques (PPR) naturels prévisibles sur la commune de Saint-André, relatif aux phénomènes d'inondation ;

❖ Pour la révision du PPRn :

- Juillet 2017 : Réunion Mairie /DEAL de lancement de la procédure de révision ;
- Février 2018 – Fin 2018 : concertation technique DEAL/Mairie sur les projets de cartographie des aléas inondations et mouvements de terrain ;

- 25 et 27 avril 2018 : Deux jours de visites de terrain post-Fakir ;
- 10 septembre 2018 : Décision d'examen au cas par cas prise en application de l'article R.122-18 du Code de l'Environnement du CGEDD ;
- **17 octobre 2018 : Arrêté préfectoral n°2018-2019/SG/DCL/BU portant prescription de la révision du Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn) prévisibles sur la commune de Saint-André** relatif aux aléas inondation et mouvements de terrain ;
- 10 et 17 décembre 2018 : Visites de terrain avec la commune, la DEAL et le BRGM sur certains secteurs nécessitant des précisions ;
- Janvier 2019 : Analyse des requêtes de la mairie et actualisation des cartes d'aléas inondations et mouvements de terrain ;
- 4 février et 28 mars 2019 : Réunions de concertation entre la DEAL et les services de la mairie de Saint-André pour échanges sur les cartes d'aléas actualisées et réponses aux interrogations de la mairie ;
- **02 Mai 2019 : Porter A Connaissance (PAC) auprès des services de la Mairie de Saint-André de la cartographie de l'aléa inondation et mouvement de terrain** – Courrier de Mr Le Préfet au Maire avec transmission des cartographies des aléas inondations et mouvements de terrain couvrant le territoire communal ;
- 24, 26 et 28 juin 2019 : Réunions publiques d'information et d'échanges avec le public : présentation par la DEAL et le BRGM aux citoyens et aux services de la mairie de Saint-André, du projet de PPR. Lieux de réunion publique : Champ Borne, Mairie centrale et Bras des Chevrettes.
- **Juillet-Août 2019 : Phase de concertation avec le public.** Transmission des jeux de cartes d'aléas et du projet de zonage réglementaire pour consultation en mairie par le public pendant 2 mois. Formulation de requêtes, question ou observations par le public sur le projet de PPR.
- Novembre 2019 à Mars 2020 : Analyse des **19 demandes de précision** des administrés sur les cartes d'aléas et le zonage réglementaire : traitement des requêtes individuelles collectées suite aux réunions publiques, visites complémentaires de terrain, justification/précision de la cartographie et du zonage (rapport BRGM/RP-69698-FR de Mars 2020¹).
- 4 mai 2021 : Réunion de présentation du PPR aux élus du nouveau conseil municipal de la commune de Saint-André.
- **24 juin – 12 juillet 2021 : Seconde phase de concertation avec le public.** Transmission des jeux de cartes d'aléas et du projet de zonage réglementaire pour consultation en mairie par le public pendant 2 semaines. Formulation de requêtes, question ou observations par le public sur le projet de PPR.
- Août-Septembre 2021 : Analyse des **7 demandes de précision** des administrés (dont 2 visites de terrain complémentaires réalisées le 30 août 2021) déposées au cours de la seconde phase de concertation sur les cartes d'aléa et le zonage réglementaire (rapport BRGM RP-71128-FR²).

¹ Chaput M. et Chevaux S. (2020) – Commune de Saint-André. Plan de Prévention des Risques Naturels « inondations et mouvements de terrain » de Saint-André. Analyse des demandes de précision. Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-69698-FR. 103p., 24 fig., 5 tab.

² Chaput M. et Ferradou L. (2021) – Commune de Saint-André. Plan de Prévention des Risques Naturels « inondations et mouvements de terrain » de Saint-André. Analyse des demandes de précision. Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-71128-FR. 45p., 8 fig., 6 tab.

- 28 septembre 2021 : prorogation du délai d'approbation du PPR « inondation et mouvements de terrain » (arrêté préfectoral n°2021-1946 /SG/DCL/BU).
- **Octobre 2021 : Porter à Connaissance actualisé** suite à la seconde phase de concertation avec le public.
- Novembre 2023 : Analyse de 2 demandes de précisions d'administrés sur le zonage réglementaire du PAC actualisé : visites de terrain et rapport d'expertise (rapport BRGM RP-73224-FR³ de décembre 2023).

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

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

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

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

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. »

Un 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 en cours d'élaboration par la DEAL et sera joint au dossier d'enquête publique. Ce bilan rappelle quelle a été la concertation menée tout au long des études d'élaboration du projet de PPR qui s'achève après les consultations officielles.

Après la phase de consultation officielle, le dossier sera 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.

³ Chaput M. et Bouchard G. (2023) – Rapport d'expertise – Plan de prévention des Risques Naturels « inondations et mouvements de terrain » de Saint-André – Analyse des demandes de précisions. Rapport final V1. BRGM/RP-73224-FR, 35p.

Art. R. 562-9 A l'issue des consultations prévues aux articles R. 562-7 et R.5 62-8, le plan, éventuellement modifié, est approuvé par arrêté préfectoral. Cet arrêté fait l'objet d'une mention au recueil des actes administratifs de l'État dans le département ainsi que dans un journal diffusé dans le département. Une copie de l'arrêté est affichée pendant un mois au moins dans chaque mairie et au siège de chaque établissement public de coopération intercommunale compétent pour l'élaboration des documents d'urbanisme sur le territoire desquels le plan est applicable.

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

2.3. ASSURANCES ET INFRACTIONS AU PPR

2.3.1. Rappel du régime d'assurance en vigueur

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

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

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

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

Champ d'application de la garantie

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

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

Risques couverts

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

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

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

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

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

Biens garantis

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

L'assureur a la possibilité de refuser la couverture des catastrophes naturelles aux propriétaires ou exploitants de biens situés dans une zone couverte par un PPR, s'ils ne se sont pas conformés, dans un délai de cinq ans, aux prescriptions imposées par le plan (des travaux d'aménagement peuvent être imposés sous réserve de ne pas excéder 10 % de la valeur vénale du bien). Cette possibilité, prévue par l'article L.125.6 du Code des Assurances, ne peut être mise en œuvre que lors de la conclusion initiale ou du renouvellement du contrat. Evidemment, les assureurs pourront également refuser leur garantie à l'égard des biens et des activités installées postérieurement à la publication d'un PPR sur des terrains classés inconstructibles par ce plan. Le Bureau Central de Tarification (B.C.T.) est saisi des contentieux éventuels.

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

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

Etat de catastrophe naturelle

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

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

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

Règlement des sinistres

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

Dispositions nouvelles pour l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles

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

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

- **Premier et second arrêtés** : application de la franchise
- **Troisième arrêté** : doublement de la franchise applicable
- **Quatrième arrêté** : triplement de la franchise applicable
- **Cinquième arrêté et arrêtés suivants** : quadruplement de la franchise applicable

Ces mesures cessent de s'appliquer à compter de la prescription d'un PPR pour le risque faisant l'objet de l'arrêté portant constatation de l'état de catastrophes naturelles dans la commune concernée. Elles reprennent leurs effets en l'absence d'approbation du plan précité dans le délai de cinq ans à compter de la prescription correspondante.

2.3.2. Infractions au PPR et sanctions

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

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

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

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

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

2.4. EXPROPRIATION ET MESURE DE SAUVEGARDE

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

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

2.5. RESPONSABILITES

2.5.1. Etablissement du PPR

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

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

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

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

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

II. — Le plan de prévention des risques naturels prévisibles peut également être modifié. La procédure de modification est utilisée à condition que la modification envisagée ne porte pas

atteinte à l'économie générale du plan. Le dernier alinéa de l'article L. 562-3 n'est pas applicable à la modification. Au lieu et place de l'enquête publique, le projet de modification et l'exposé de ses motifs sont portés à la connaissance du public en vue de permettre à ce dernier de formuler des observations pendant le délai d'un mois précédant l'approbation par le préfet de la modification. »

2.5.2. Autorisation d'occuper le sol

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

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

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

Le territoire de Saint-André s'étend selon un axe principal Nord-Est – Sud-Ouest et possède une forme de Y avec une largeur amont d'un peu moins de 2 km, une largeur aval au niveau de la façade littorale de 11,5 km et une longueur suivant un axe Nord-Est - Sud-Ouest d'environ 12 km.

Les limites communales sont essentiellement naturelles, avec :

- A l'est, la bordure littorale,
- Au sud, la Rivière du Mât,
- Au nord-ouest, la Grande Rivière Saint-Jean,
- Au sud-ouest, la crête du rempart du Cirque de Salazie.

La commune de Saint-André est limitrophe avec les communes de Sainte-Suzanne sur sa bordure nord-ouest, Salazie sur sa bordure sud-ouest et Bras-Panon sur sa bordure sud.

Saint-André fait partie de la Communauté Intercommunale Réunion Est (CIREST). Elle en est la plus grande commune.

3.1.2. Contexte géomorphologique

La commune de Saint-André est située sur le flanc nord-est du massif du Piton des Neiges. Le territoire s'étend sur une distance de 12 km, du littoral jusqu'à l'entrée du cirque de Salazie et culmine à 945 m (Figure 2).

Le territoire communal s'organise en plusieurs entités morphologiques : la planèze (plateau volcanique incliné) couverte de forêts dans les Hauts, puis de champs de cannes à plus basse altitude ; le cône alluvial de la Rivière du Mât ; et le rempart longeant cette même rivière et qui remonte jusqu'à l'entrée du cirque de Salazie. Les particularités de ces entités ont des conséquences sur l'hydrologie de la commune.

- La **planèze** résulte des différentes phases d'épanchement volcanique du Piton des Neiges. Elle est limitée au sud par le rempart de la Rivière du Mât, et incisée de façon régulière par quelques ravines d'encaissement faible à moyen (10 à 80 m), ces dernières distinguant plusieurs sous-ensembles locaux (Dioré, Mencil...). Les pentes sont relativement élevées dans les Hauts (20 à 60°) et souvent recouvertes par la forêt. En descendant en altitude, les pentes diminuent (de 5 à 20° hors ravines) et l'occupation des sols se dédie davantage à l'activité agricole (canne principalement) et à l'urbanisation.
- La **plaine alluviale** résulte des apports sédimentaires anciens de la Rivière du Mât. Elle se caractérise par des pentes relativement faibles (entre 0 et 5°) et se partage entre secteurs urbanisés et surfaces agricoles. Cette plaine concentre l'essentiel de la population, avec notamment la majeure partie du centre-ville et les nombreux secteurs résidentiels situés entre le centre-ville et le littoral.
- La **Rivière du Mât** se présente sous la forme d'une vallée encaissée en sortie du cirque de Salazie (pentes fortes, en moyenne, 50 à 75°), puis sous la forme d'un cône d'alluvions récentes fréquemment remaniées lors des phénomènes de crues. Cette rivière se caractérise par des débits importants et un transport solide majeur, même à l'échelle de La Réunion, étant donné qu'elle constitue le seul exutoire pour tout le cirque de Salazie.

Sur la planèze, les nombreux bras de ravines constituent la partie sud du bassin versant de la Grande Rivière Saint-Jean. Ces ravines sont situées dans le sens des pentes et se rejoignent pour former les ravines suivantes, du nord vers le sud : la Grande Rivière Saint-Jean (amont), le Bras des Chevrettes et la Ravine Sèche.

La façade marine de la commune s'étend sur 14 km. Elle se caractérise par ses pentes relativement peu marquées, avec des déclivités faibles variant entre 5 et 10°.



Figure 2 : La ville de Saint-André (<http://www.france-voyage.com/tourisme/saint-andre-2518.htm>)

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 de Saint-André située dans l'est de l'île, est directement exposée et se retrouve sur la côte dite « au vent ».

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 « au vent », la commune de Saint-André affiche des valeurs de pluviométrie importantes. Les précipitations moyennes annuelles dans le secteur de Saint-André sont comprises entre 2 500 mm sur le littoral est et un peu moins de 4 000 mm au niveau du Pont de l'Escalier à la limite communale avec Salazie (Atlas climatique de La Réunion, Météo France 2000, cf. Figure 3).

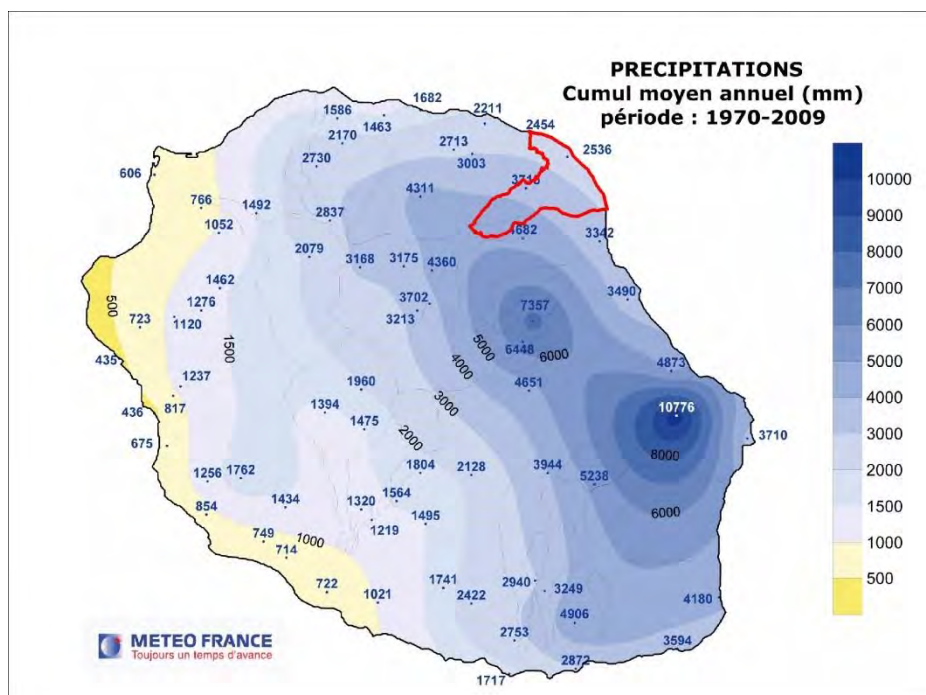


Figure 3 : Précipitations moyennes annuelles sur la période 1970-2009 (source : ©Météo France). Les contours de la commune de Saint-André sont représentés en rouge.

Météo France Réunion a réalisé une carte de zonage pluviométrique en 2010, tenant compte du relief (cf. Figure 4), qui qualifie les secteurs soumis à un régime pluviométrique similaire à proche. La commune de Saint-André est concernée par la région 5 qui regroupe la partie nord-est de l'île, de Sainte-Suzanne à Saint-Benoît. Cette région est très humide tout au long de l'année et plus particulièrement lors de la saison des pluies, de novembre à avril.

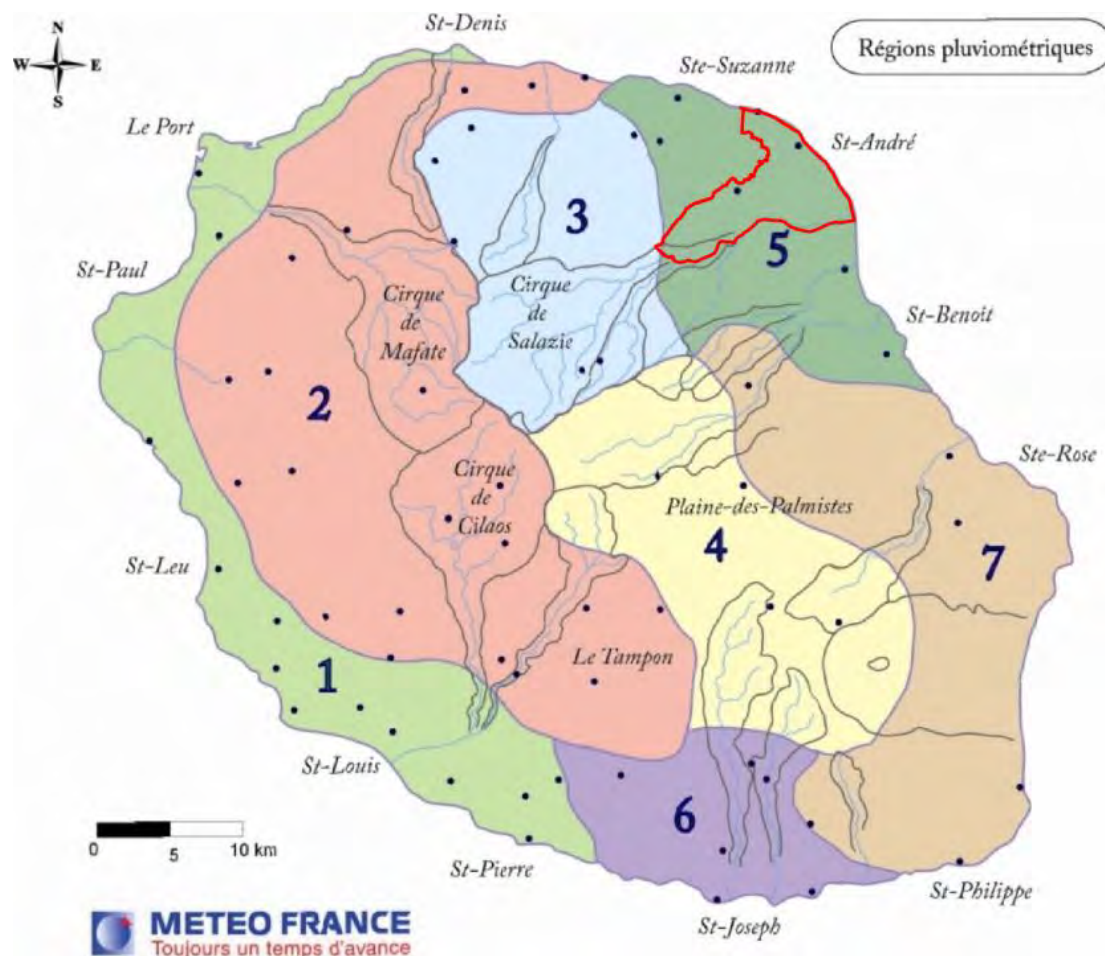


Figure 4 : Régions pluviométriques déterminées par ©Météo-France Réunion (2010)

Trois stations sont installées et suivies sur le territoire de Saint-André, auxquelles on peut ajouter trois autres stations fermées aujourd'hui (Figure 5).

Le suivi de ces données par Météo France permet ainsi de caractériser la pluviométrie à l'échelle du territoire communal. Les stations météorologiques concernées sont les suivantes :

- Bois-Rouge (altitude : 3 m, installée en 1952) ;
- Le Colosse (altitude : 16 m, installée en 1957) ;
- Mencilol (altitude : 181 m, installée en 1953) ;
- Saint-André Terre Rouge (altitude : 95 m ; ouverte en 1965 et fermée en 1988)
- Ravine Creuse (altitude : 80 m ; ouverte en 1953 et fermée en 1970)
- L'Etang Cambuston (altitude : 10 m ; ouverte en 1971 et fermée en 2000)

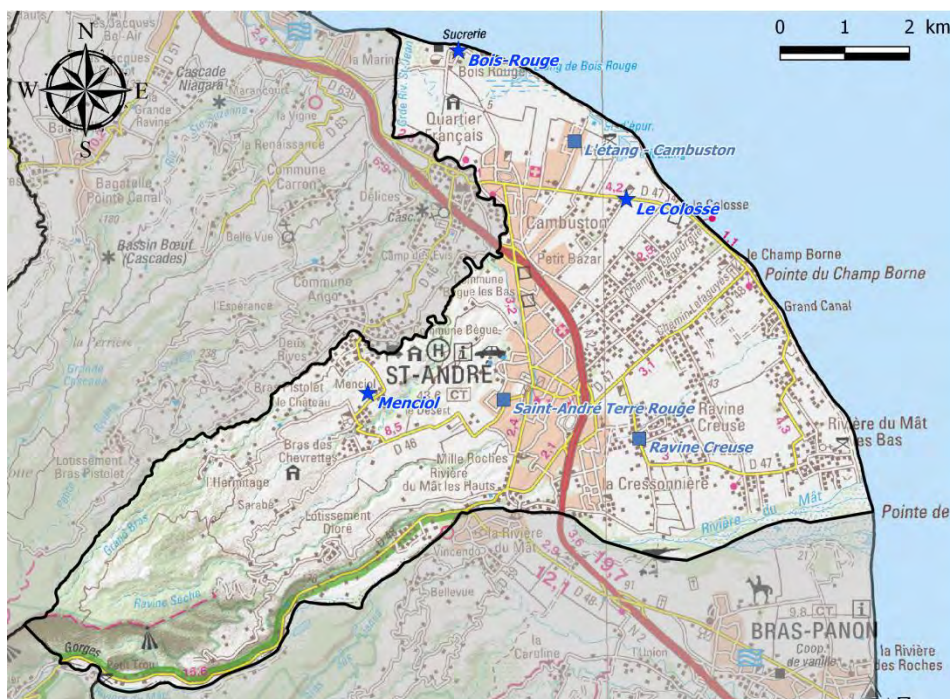


Figure 5 : Localisation des stations météo à proximité de Saint-André (©IGN Scan100® - 2010)

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.

Plus récemment, le modèle de pluie régionalisé SHYREG (IRSTEA, 2012), permet d'obtenir des estimations des pluies décennales et centennales actualisées pour les trois stations toujours actives.

A partir de ces données, les valeurs caractéristiques pour les stations proches de Saint-André sont les suivantes :

Nom station	Altitude (m)	Pluie Journalière Décennale (en mm)	Pluie Journalière Centennale (en mm)
Bois-Rouge	3	345 (Shyreg, 2012)	591 (Shyreg, 2012)
Le Colosse	16	378 (Shyreg, 2012)	649 (Shyreg, 2012)
Mencil	181	498 (Shyreg, 2012)	853 (Shyreg, 2012)
Saint-André Terre Rouge	95	322 (GEDC, 1992)	515,2 (GEDC, 1992)
Ravine Creuse	80	294 (GEDC, 1992)	470,4 (GEDC, 1992)
L'Etang Cambuston	10	329 (GEDC, 1992)	526,4 (GEDC, 1992)

Tableau 2 : Précipitations journalières décennales et centennales issues du modèle SHYREG (2012) ou du GEDC, 1992 (en mm).

La comparaison entre les pluies journalières maximales observées sur les différentes stations utilisées pour la commune de Saint-André, 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	Date d'ouverture	Altitude (m NGR)	Nombre de jours moyen (période 1981-2010) où le cumul de pluie est $\geq$ à				Maximum absolu quotidien depuis l'ouverture	
			1 mm	10 mm	50 mm	100 mm	Valeur (en mm)	Date
Bois-Rouge	01/01/1952	3	177,8	63,5	10,3	2,7	396,0	27/02/1993
Le Colosse	01/03/1957	16	182,5	65,0	10,6	3,0	331,2	24/01/1980
Menciol	01/01/1953	181	197,5	86,4	16,1	5,8	513,0	15/03/1975

Tableau 3 : Cumul de pluie moyen par jours entre 1981 et 2010 (source : Bulletin climatologique 2014 – Météo France)

Une analyse statistique des valeurs de pluviométrie journalières enregistrées à la station Menciol de 2001 à 2016 (altitude 181 m NGR) montrent que plus de 50 % des valeurs sont supérieures à 1 mm/jour, avec une moyenne de 193 jours de pluie par an.

Des pics de pluviométrie sont observés chaque année et sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 4). Le nombre de jours dans l'année où les précipitations journalières ont dépassé 50 mm est également affiché.

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
2001	144.5	3017.2	11	Cyclone tropical intense Ando
2002	350	3740.6	13	Cyclone tropical intense Dina
2003	204.2	3508.8	15	Episode pluvieux de janvier
2004	227.2	3453.4	10	Fort épisode pluvieux de décembre
2005	230.2	3441.6	15	Fort épisode pluvieux de février
2006	204	3254.1	13	Tempête tropicale modérée Diwa
2007	203	2807.2	11	Cyclone tropical intense Gamède
2008	213	2794	14	Fort épisode pluvieux de mars
2009	247.4	2691.4	11	Très fort épisode pluvieux d'avril
2010	138.6	3601.4	15	Episode pluvieux de janvier
2011	250.8	3680	15	Fort épisode pluvieux de janvier
2012	280	3162	15	Très fort épisode pluvieux de mars
2013	162.4	3052	18	Cyclone tropical intense Felleng
2014	203.6	2441.7	8	Cyclone tropical Béjisa
2015	332.3	4283	26	Tempête tropicale modérée Haliba
2016	194.1	2944	12	Tempête tropicale modérée Daya
2017	155.5	3423	15	Tempête tropicale Carlos
2018	-	3899	-	Tempête tropicale Ava Forte tempête tropicale Berguitta Cyclone tropical Fakir
2019	-	2941	-	Episode instable 24-27 juin
2020	-	2679	-	Déficit pluvieux marqué (-73% par rapport à la normale)
2021	-	3930	-	Tempête tropicale modérée Iman en mars Fortes pluies du 20 au 30 avril

Tableau 4 : Maximum des précipitations journalières, précipitations annuelles cumulées, nombre de jours dans l'année où les précipitations journalières dépassent 50 mm et événement climatique associé sur la période de 2001 à 2021 observés sur la station de Menciol

Les précipitations journalières maximales représentent en moyenne 3 à 9 % du cumul annuel. Cela montre l'impact modéré de ces événements climatiques intenses dans un secteur où les précipitations sont régulières tout au long de l'année, en saison « humide », comme en saison « sèche » (192 jours par an en 2017 avec une précipitation journalière d'au moins 1 mm à la station de Menciol).

Au-delà d'un seuil de l'ordre de 50 mm de précipitations journalières il peut être estimé, en règle générale, que le sol a atteint sa capacité limite d'infiltration, provoquant ainsi le phénomène de ruissellement. Sur les années de suivi, les précipitations ont ainsi provoqué des ruissellements en moyenne 14 jours par an (données de la station de Menciol). 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 montre une forte pluviométrie sur tout le territoire communal (plus de 175 jours par an, y compris aux stations situées sur le littoral), avec toutefois une variation spatiale et temporelle des pluies, notamment entre les hauts du territoire et le littoral (de 30 à 50 % moins pluvieux que les hauts).

Les précipitations peuvent donc être très localisées, avec des cumuls journaliers pouvant atteindre des valeurs très fortes, notamment lors du passage d'événements climatiques exceptionnels. De par sa localisation, la commune de Saint-André est plus propice aux événements pluvieux exceptionnels en comparaison avec 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 janvier à mars, 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

Sur la commune de Saint-André, le réseau hydrographique est très développé avec quatre ravines principales, dont deux délimitant le territoire communal (Grande Rivière Saint-Jean au nord et Rivière du Mât au sud) et deux autres traversant respectivement les hauts et le centre-ville de la commune (Bras des Chevrettes et Ravine Sèche) (Figure 6). Les autres ravines sont principalement des cours d'eau qui n'entrent en fonctionnement que lors des épisodes pluvieux. Elles prennent leur source pour la plupart dans les hauts de la planèze et s'écoulent vers la mer en traversant Saint-André avec des pentes majoritairement comprises entre 10 et 15 %.

On relève cependant des zones à pente quasi-nulle au niveau de la frange littorale et à contrario des zones à très fortes pentes (encaissement de remparts d'environ 800 m). Les bassins versants sont de forme très allongée sur toute la zone d'étude. Ceci génère des ruissellements rapides et conséquents en cas de fortes pluies, ce qui tend à rendre les phénomènes de crues encore plus intenses.

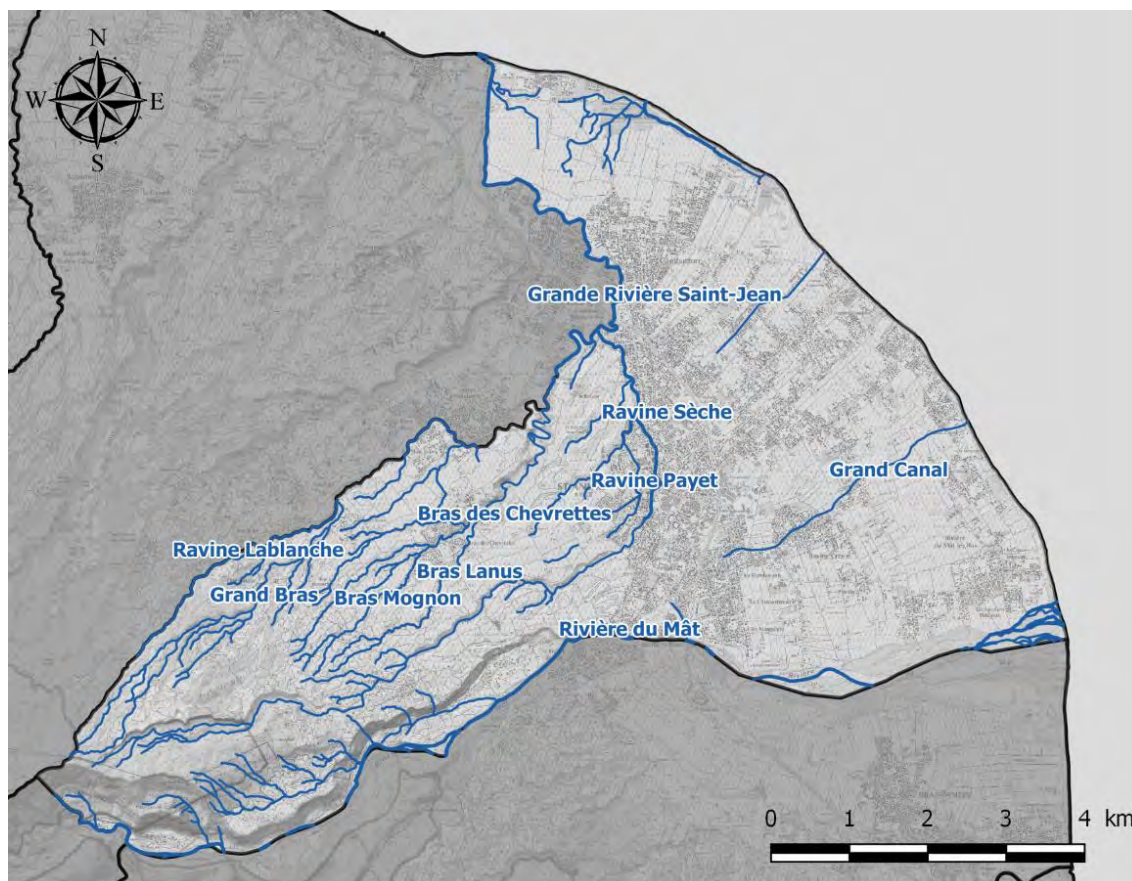


Figure 6 : Réseau hydrographique et liste des principales ravines de la commune de Saint-André (source : BDtopo2016®, fond ©IGN scan25® - 2010)

Les caractéristiques hydrologiques des principaux cours d'eau traversant le territoire communal sont présentées ci-dessous et proviennent en grande partie des Plans de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI) respectifs de la Grande Rivière Saint-Jean et de la Rivière du Mât.

- La **Grande Rivière Saint-Jean** s'écoule sur la plaine de Saint-André / Sainte-Suzanne et prend naissance à hauteur du rempart de la Rivière du Mât, à une altitude proche de 910 m NGR. A son embouchure dans l'Océan Indien, son bassin versant atteint une superficie d'environ 43 km², dont 19 km² sur la commune. Il se répartit au travers de ses principaux affluents de la façon suivante :
 - o 5 km² concernent le Bras des Chevrettes, qui est le résultat de la confluence de plusieurs bras de ravines (Bras Lanus, Bras Mognon, Bras des Chevrettes) qui se rejoignent au niveau du lieu-dit éponyme, pour former une ravine encaissée d'une cinquantaine de mètres ;
 - o 8 km² qui correspondent au bassin versant de la Ravine Sèche. Celle-ci présente un encaissement moyen (20 à 80 m) dans sa partie amont. Sa partie aval est densément urbanisée avec la traversée de Saint-André où elle est en grande partie endiguée. Elle rejoint la Grande Rivière Saint-Jean en amont de son franchissement par la RN2 ;
 - o 8 km² qui constituent la Grande Rivière Saint-Jean en amont de la Petite Rivière Saint-Jean (hors apports de la Ravine Sèche et du Bras des Chevrettes) ;
 - o 11 km² pour le bassin versant de la Petite Rivière Saint-Jean qui culmine à 1 010 m NGR. Celle-ci rejoint la Grande rivière Saint-Jean en aval de son franchissement par la RN 2002 ;
 - o 5,2 km² pour le ruisseau Emmanuel ;
 - o 1,7 km² pour le ruisseau du Foutac.

Les bassins versants de ces trois derniers affluents ne fait pas partie de la commune, mais ils sont à prendre en compte pour l'étude du bassin versant de la Grande Rivière Saint-Jean.

Chacun de ces affluents rejoint la Grande Rivière Saint-Jean aux abords ou dans la plaine de Bois-Rouge. Cette dernière se caractérise notamment par la présence d'un étang d'une superficie de 2.6 ha, alimenté par drainage et ruissellement d'une partie de la plaine de Bois-Rouge. Lors des crues, la Grande Rivière Saint-Jean déborde sur sa rive droite et inonde la plaine, de façon à suivre la ligne de plus grande pente. La configuration topographique du site conduit les eaux à cheminer en direction de l'océan (via passage dans l'étang) ce qui soustrait une part significative du débit transitant dans le lit mineur de la rivière.

Cours d'eau	Emplacement	Surface bassin versant amont (km ²)	Débit de crue centennale (m ³ /s)
Grande Rivière Saint-Jean	Aval confluence avec le Bras des Chevettes	12,5	350
	Aval confluence avec la Ravine Sèche	21	515
	Aval confluence avec Petite Rivière Saint-Jean	35	700
	Exutoire Océan Indien	43	805
Ravine Payet	Amont confluence Ravine Sèche	1,8	46
Ravine Sèche	Amont confluence Grande Rivière Saint-Jean	8	195
Petite Rivière Saint-Jean	Amont confluence Grande Rivière Saint-Jean	11	320

Tableau 5 : Débits caractéristiques de crue centennale de la grande Rivière Saint-Jean

- La **Rivière du Mât**, constituant la limite sud de la commune, est l'une des rivières majeures de l'île de La Réunion. Sa sortie du cirque de Salazie se fait entre des remparts de 800 m de haut. Son bassin versant (153 km² à l'exutoire) se trouve majoritairement sur la commune de Salazie ; il représente une surface de 6,7 km² sur la commune de Saint-André, sans affluents pérennes majeurs. Cependant, côté Bras-Panon, plusieurs affluents viennent grossir la rivière et ont un rôle non négligeable, en termes de débits et de transport solide. Les crues de la Rivière du Mât sont très fortes et les risques d'érosion de berges sont importants depuis la sortie du cirque jusqu'à la mer. Les estimations de transport solide donnent des valeurs très élevées, même pour la Réunion. Le PGRI de 2011 a fourni une base de travail solide sur le transport solide de la Rivière du Mât et son évolution hydrogéomorphologique passée et actuelle (Tableau 6).

	Surface bassin versant (km ²)	Débit de crue centennale calculé (m ³ /s)	Débit de crue centennale modélisation (m ³ /s)
Rivière du Mât Escalier	92	1880-2210	1666
Bras de Caverne	21,3	490-570	
Bras des Lianes	21,7	840-870	
Rivière du Mât barrage	145	2685-3850	2481

Tableau 6 : Superficies et débits de crue centennale présentés dans la PGRI de la Rivière du Mât en 2011. Le PPRi de 2014 ne fait apparaître que la valeur de débit de crue centennale au niveau du barrage qui est fixée à 3300 m³/s.

- Le **cône alluvial** de la Rivière du Mât est situé entre la Ravine Sèche et la bordure littorale. Il comprend :
 - o Le centre-ville à proprement parler, bassin versant d'environ 6 km² très fortement urbanisé, et qui ne dispose pas de cours d'eau pérenne permettant un drainage des épisodes pluvieux importants. La Ravine Sèche, qui traverse la ville en sa partie ouest (du sud vers le nord), ne constitue pas un exutoire potentiel pour ce bassin versant.
 - o La partie « basse » de la commune qui s'étend du centre-ville au littoral. Les axes de drainage y sont très peu marqués, seuls deux canaux majeurs y sont identifiés. Le reste des écoulements se fait en nappe ou dans les creux de thalwegs suivant la pente générale de la plaine orientée est/ouest.

En raison des pentes faibles, les voiries servent souvent d'exutoires et sont très souvent dirigées en direction du littoral.

Les débits de crues de l'ensemble des ravines du territoire de Saint-André ont été référencés ou évalués par des études dans le cadre des PGRI respectifs de la Rivière du Mât⁴ et de la Grande Rivière Saint-Jean.⁵ Un tableau récapitulatif indique les surfaces des bassins versants ainsi que les débits de crues centennale (Tableau 7).

	Surface bassin versant (km ²)	Débit de crue centennale (m ³ /s)
Rivière du Mât Escalier	92	~ 2 000
Bras de Caverne	21.3	~ 550
Bras des Lianes (confluence)	21,7	~ 860
Rivière du Mât barrage	145	~ 3 300
Grande Rivière Saint-Jean amont	8	
Bras des Chevrettes	5	
Ravine Sèche	8	195
Petite Rivière Saint-Jean	11	320
Ruisseau Emmanuel	5,2	135
Ruisseau du Foutac	1,7	35
Grande Rivière Saint-Jean exutoire	43	805

Tableau 7 : Synthèse des connaissances hydrologiques sur le territoire de Saint-André

3.1.5. Contexte géologique

La commune de Saint-André est située sur le flanc est du massif du Piton des Neiges. L'activité de ce massif a débuté il y a plus de 2,2 millions d'années et s'est poursuivie jusqu'à une période très récente, estimée entre 31 000 et 12 000 ans selon les auteurs. L'édification du Piton de Neiges

⁴ **Stollsteiner P., Aunay B.** (2008) – Étude hydrogéomorphologique de la Rivière du Mât et propositions de solutions de gestion. Volume 3/5 : Analyse pluviométrique et hydrologique. Rapport final BRGM/RP-56364.96 p, 46 ill., 3 ann.

⁵ **SOGREAH / Mascareignes Géologie – SGz / AMA / IDy** (2001) – Étude générale (PGRI) du bassin versant de la Grande Rivière Saint-Jean. Phase 2 et 3 : Fonctionnement hydrogéomorphologique des cours d'eau et caractérisation des zones à enjeux et de leur fonctionnement. Rapport N°4700841 R2V2. 281 p, 50 fig., 55 tab., 64 photos, 7 ann.

s'est déroulée en quatre phases principales (Billard, 1974) : les phases I et II (séries des Océanites anciennes et récentes) correspondent au stade de construction du bouclier avec l'émission d'importants volumes de lave basaltique. Après une période de calme éruptif, les phases III et IV ont émis des laves plus différenciées à l'origine d'éruptions parfois extrêmement explosives (coulées pyroclastiques / ignimbrites). Plusieurs périodes d'accalmie de l'activité volcanique au cours de ces différentes phases ont soumis les roches massives et les dépôts pyroclastiques à l'érosion. Des vallées se sont formées, des reliefs se sont individualisés. Des dépôts alluvionnaires et des brèches de pente, de remaniement, ont comblé les dépressions. Lors de la reprise de l'activité volcanique, des coulées de lave ont pu s'épancher dans les vallées.

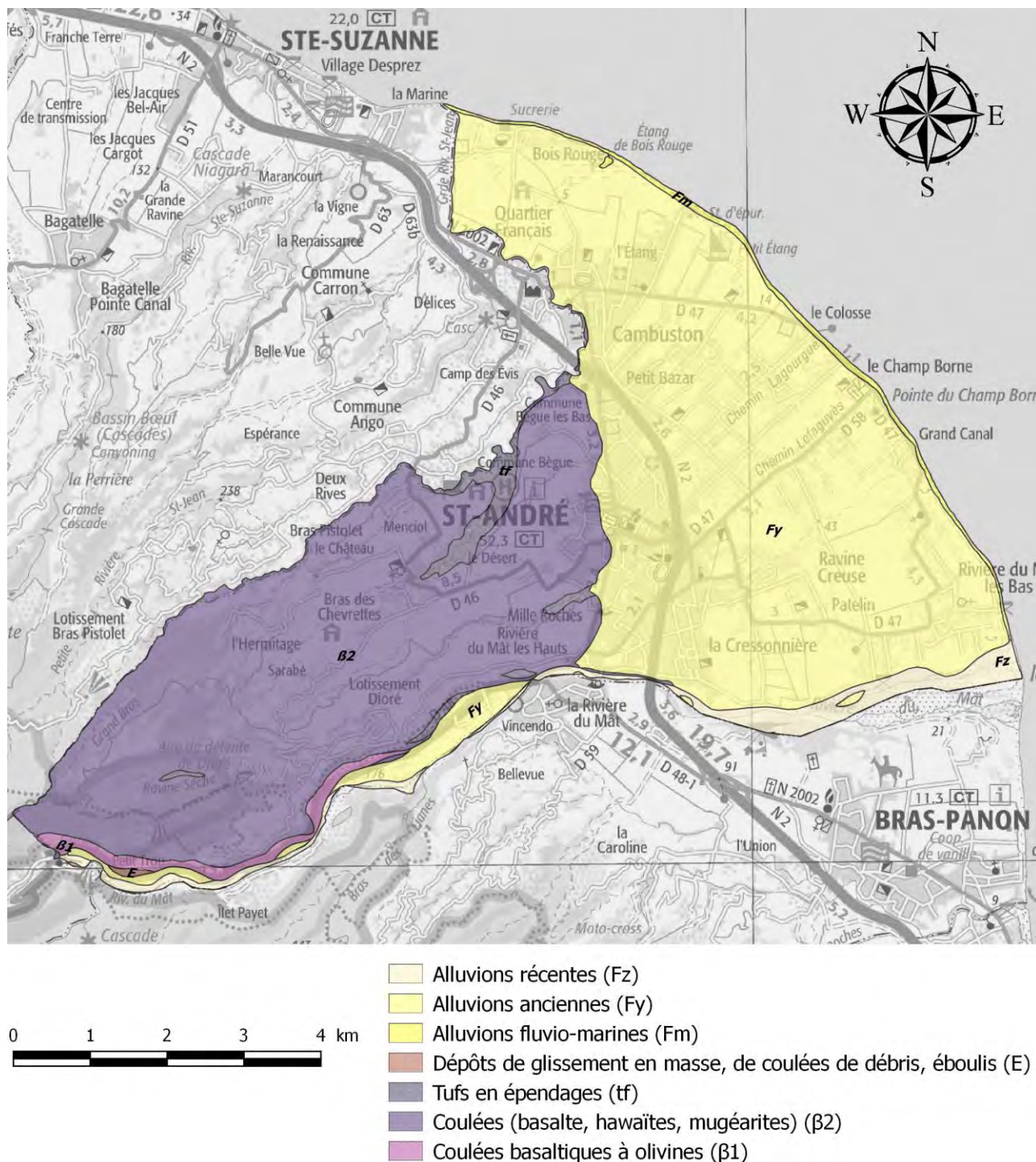


Figure 7 : Carte géologique de la commune de Saint-André (Carte géologique de la Réunion – LGSR/BGRM, 2006)

Les formations volcaniques

Les séries anciennes : Coulées basaltiques à olivine (B1)

En se référant à la carte géologique à l'échelle du 1/50 000 (Billard, 1974), au niveau de l'encaissement de la Rivière du Mât affleurent des terrains relativement anciens plus ou moins

altérés (altération climatique et hydrothermale), issus de la phase II d'activité du Piton des Neiges (entre 2,1 et 0,43 millions d'années) (Figure 7). Ces coulées basaltiques à olivines constituent la série des océanites du Piton des Neiges. L'altération hydrothermale s'est traduite par l'apparition de minéraux secondaires (zéolites, en particulier). La transformation poussée des laves liées à cette altération (argilisation) leur confère une perméabilité faible.

Ces formations géologiques sont constituées par une alternance de coulées de lave et de niveaux scoriacés de nature basaltique. L'épaisseur des coulées et des lits de scories est très variable, allant du mètre à la dizaine de mètres. Ces formations présentent un pendage de quelques degrés vers la mer. Des filons intrusifs de lave sub-verticaux (dykes) recoupent en de nombreux endroits ces formations.

La mise en place de ces formations volcaniques s'est faite au cours de plusieurs périodes d'activité, séparées par des périodes de calme éruptif. C'est pourquoi on rencontre fréquemment, d'anciens sols, des niveaux détritiques, des coulées de boue indurées, etc. en intercalation dans la succession stratigraphique des formations volcaniques,

Les séries récentes : Coulées basaltiques à feldspaths et andésites (β2)

Les formations plus récentes sont issues de la phase III et IV (entre 350 000 et 70 000 ans) de l'activité du massif du Piton des Neiges et constituent la grande majorité de la surface de la planèze de Saint-André (Figure 7). Ces phases sont caractérisées par des laves de plus en plus différenciées (porphyriques ou aphyriques) et par une augmentation de l'activité explosive du Piton des Neiges.

Malgré leur faible volume par rapport aux basaltes (inférieur à 10 %), ces produits différenciés viennent recouvrir les basaltes antérieurs et tendent à être surreprésentés en surface des planèzes, étant donné leur caractère plus récent. D'un point de vue pétrographique, il s'agit de leuco-basaltes (48 à 52 % de SiO₂) et d'andésites alcalines (hawaïtes, mugéarites). Un faciès particulier se distingue, en raison des phénocristaux de feldspaths plagioclases qui peuvent représenter jusqu'à 50 % de la roche (hawaïte). Ce faciès, localement connu sous le nom de « roche pintade », a une valeur de repère stratigraphique (350 à 250 000 ans).

Ces formations se présentent généralement sous la forme d'empilements de bancs compacts de laves d'épaisseur métrique à décamétrique et de bancs de scories d'épaisseur métrique. L'altération de ces formations est comparable à celle des séries anciennes, mais reste moins intense.

Les séries récentes : Tufs en épandages (tf)

Dans l'encaissement des ravines majeures (Bras des Chevrettes, Ravine Sèche et Grande Rivière Saint-Jean), affleurent des formations pyroclastiques d'une épaisseur importante (plusieurs décamètres parfois). Ces tufs pyroclastiques sont issus de la phase IV (entre 250 000 et 70 000 ans) de l'activité du massif du Piton des Neiges. Ces formations sont constituées par des éléments rocheux divers (ponce noire souvent dominante, basaltes à olivine, laves aphyriques ou à phénocristaux de feldspath, trachyte, roche grenue) plus ou moins abondants, de taille millimétrique à centimétrique, parfois décimétrique, fortement cimentés par des produits cendreaux. Des bombes de lave vitreuse sombre se rencontrent parfois au sein de ces terrains.

Les formations superficielles

Sur le territoire de la commune de Saint-André, on note la présence de différentes formations superficielles (alluviales et détritiques notamment) (Figure 7). On distingue parmi elles :

Les formations alluviales :

- *Alluvions fluviales anciennes (Fy)*, elles constituent l'essentiel de la partie basse de la commune et représentent le cône alluvial ancien de la Rivière du Mât. Dans leur partie nord, ces alluvions rejoignent celles de la Rivière Sainte-Suzanne pour former le secteur de la Marine, à l'embouchure de la Grande Rivière Saint-Jean. Il s'agit d'alluvions de granulométrie variable (allant des silts aux blocs), principalement de nature basaltique ou andésitique, dont la taille peut atteindre le m³. On peut aussi y trouver des passées limono-sableuses, des poches argileuses, parfois interstratifiées avec des coulées boueuses indurées. L'épaisseur de ces alluvions est de l'ordre de la centaine de mètres. Elles présentent une perméabilité assez élevée (hormis les zones argileuses) et la nappe d'eau est proche de la surface en certains endroits.
- *Alluvions fluviales récentes (Fz)*, on les rencontre principalement dans le lit de la Rivière du Mât et de façon plus importante dans sa partie aval. Il s'agit d'un mélange hétérogène de sables fins à grossiers, de graviers, de galets et de blocs basaltiques et andésitiques dont la taille peut atteindre le m³. L'épaisseur de ces formations est variable. Elle peut atteindre plusieurs dizaines à centaine de mètres.
- *Alluvions fluvio-marines (Fm)*, comprenant des argiles, des silts, des limons, des sables et des galets basaltiques et andésitiques. Elles se concentrent essentiellement sur le littoral.

Les formations détritiques :

- *Dépôts de glissement en masse, de coulées de débris, des éboulis (E)*. On rencontre les éboulis (anciens ou récents) essentiellement au pied du rempart de la Rivière du Mât. Ils sont généralement constitués par un mélange hétérogène d'éléments fins et d'éléments grossiers de taille décimétrique à métrique. La pente des talus varie de 40 à 45°. Ce sont des dépôts de faible volume pour lesquels le mode de mise en place est principalement gravitaire. Leur épaisseur est très variable, allant de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres.

Les produits de l'altération ou les formations remaniées :

- *Colluvions*. Elles résultent du remaniement des produits volcaniques (blocs basaltiques, projections, cendres) issus d'anciens glissements (ponctuels ou en masse) par les eaux de ruissellement.

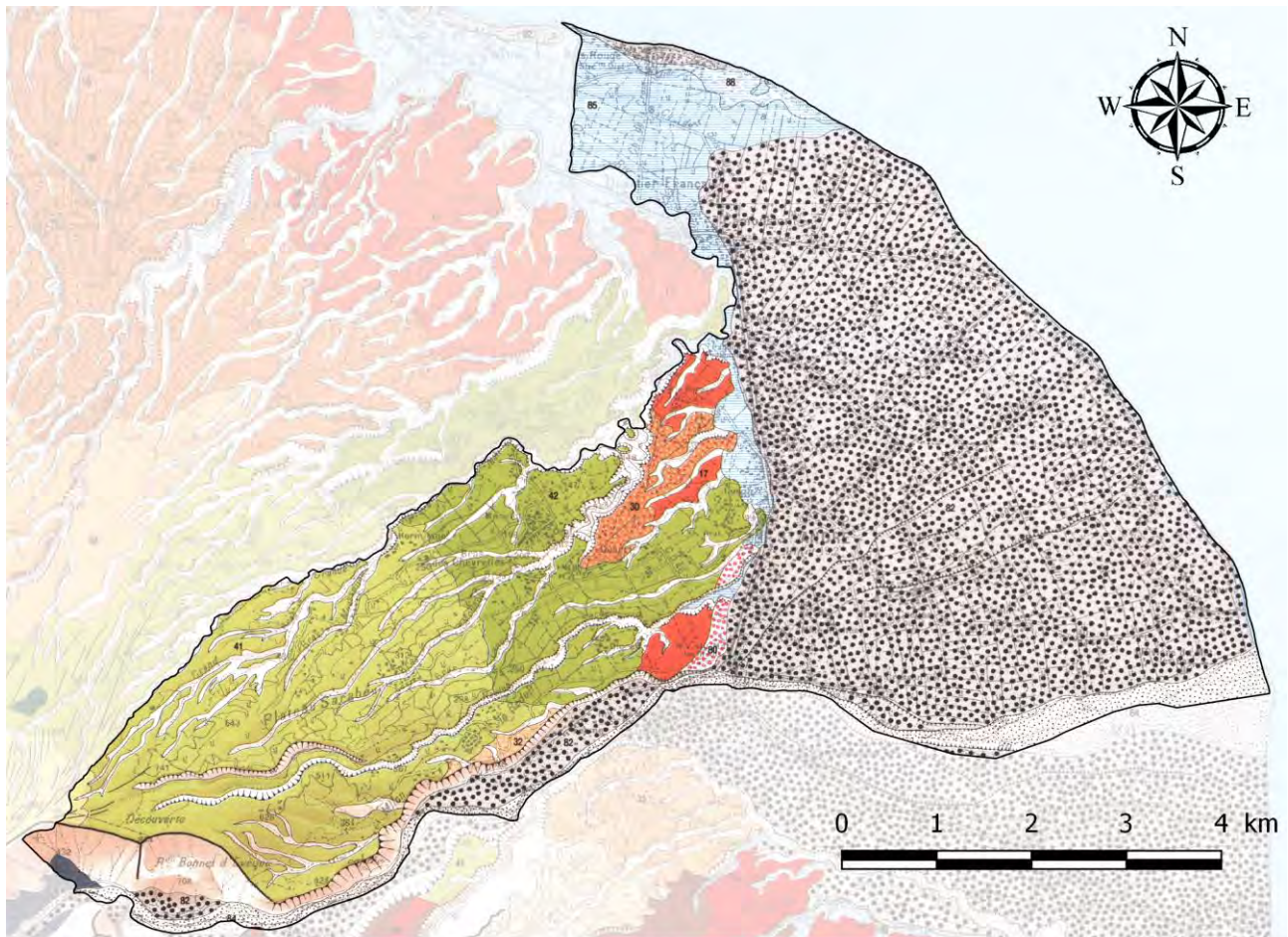
3.1.6. Contexte pédologique

L'ensemble des séries volcaniques, à part les coulées les plus récentes, présente une altération météorique poussée (action des eaux en milieu tropical) affectant 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,

ont subi plusieurs cycles d'altération et sont, de ce fait, plus altérés. Des sols se sont donc développés à partir de ces formations géologiques.

D'après la Figure 8, cinq grands ensembles se distinguent sur le territoire communal de Saint-André :

- ✓ **Les sables et les galets (84 et 92)** sont charriés par la Rivière du Mât ou sont d'origine marine ;
- ✓ **Les sols bruns andiques (41 et 42)** constituent une grande partie de la planèze, en particulier sa partie haute, dédiée aux espaces naturels (forêts) ou agricoles. Il s'agit de sols caillouteux peu épais, développés sur des coulées en gratons ou des cendres ;
- ✓ **Les sols ferralitiques (17, 30 et 80)** montrent différents degrés de ferralitisation et de saturation. Ils correspondent à des zones agricoles dédiées à la culture de la canne, incisées par des thalwegs de faible ampleur ;
- ✓ **Les andosols (32)** désaturés se développent sur des cendres épaisses, en une zone localisée en rive gauche de la Rivière du Mât sur une ancienne terrasse alluviale ;
- ✓ **Les sols peu épais ou peu évolués** sont des sols récents peu altérés. Ils constituent l'essentiel de la partie basse de la commune, à savoir le cône alluvial ancien de la Rivière du Mât. On les retrouve aussi dans le lit de la Rivière du Mât. Il s'agit de sols vitriques sur sables basaltiques (82) ou de sols andiques limoneux, souvent hydromorphes (85). A ces derniers sont associés, dans la plaine inondable de Bois-Rouge, des sols hydromorphes totalement engorgés dans la zone de l'étang (88). On retrouve des sols peu épais en base de rempart, à la sortie du cirque de Salazie, reposant sur des colluvions (77).



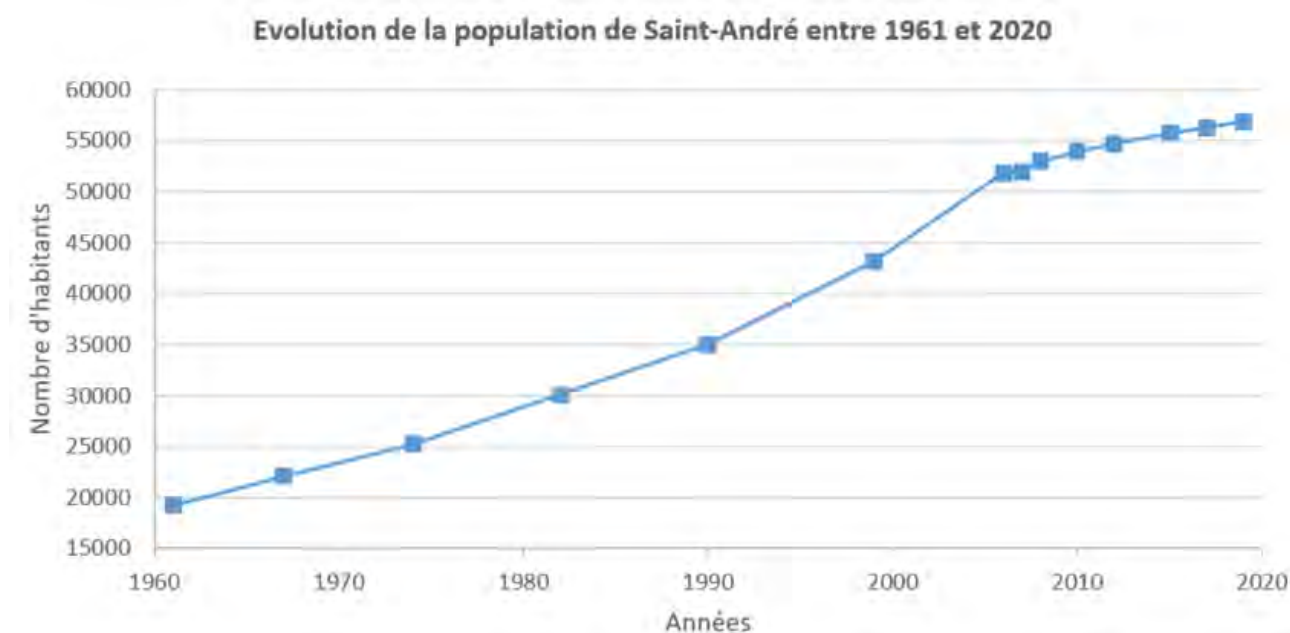
Matériaux volcaniques non effondrés du Piton des Neiges (hors zones de très hautes altitudes)					
Nature et âge des émissions	Zone climatique		Modèle général	Sols	
Coulées phase IV	Basse altitude	Au vent	Extrémités de planèzes modelées en glacié par reptation et glissements des altérites	Sols ferrallitiques brun-rouge faiblement désaturés	17
Tufs et cendres phase VI sur coulées phase III et IV et coulées anciennes de la Fournaise	Basse altitude	Au vent	Extrémités de planèzes "rectifiées" en glacié par reptation des matériaux	Sols "faiblement ferrallitiques andiques" brun-jaune épais sur cendres	30
	Moyenne altitude toutes expositions		Planèzes à larges ondulations et pentes générales faibles	Andosols désaturés non perhydratés chromiques sur cendres épaisses	32
Coulées fin phase VI (post-cendrées)	Au vent	Haute altitude	Pentes faibles "rugueuses" (levées, fronts, chicots)	Lave affleurante, quelques poches cendreuses à andosols	40
		Moyenne altitude	Pentes modérées à très nombreuses bosses rocheuses	Sols bruns andiques caillouteux sur "gratons" ; rares poches de cendres à andosols	41
		basse altitude	Pentes faibles à chicots rocheux	Sols bruns andiques caillouteux peu épais sur "gratons" associés à de nombreux affleurements	42
Matériaux détritiques des blocs effondrés et éboulis (essentiellement zone des "cirques")					
Situations morpho-climatiques				Sols	
Blocs effondrés escarpés sans replats				Sols peu épais blocailleux sur colluvions de transit	77
Formations superficielles mises en place par les eaux					
Matériaux et situations morpho-climatiques				Sols	
Alluvions "à galets"	Cônes de déjection "anciens"		Au vent	Sols ferrallitiques faiblement désaturés à galets altérés de petite taille	80
	Cônes de déjection et terrasses récents		Au vent	Sols peu différenciés vitriques sur sables basaltiques et gros galets non altérés	82
	Epanchages actuels			Sables et galets submersibles	84
Alluvions fines	Plaines d'envoyage entre cônes de déjection et bourrelets littoraux		Au vent	Sols peu évolués andiques souvent hydromorphes (nappe proche) limoneux	85
	Marais			Sols hydromorphes inondés ou totalement engorgés	88
Sables littoraux	Cordons littoraux		A sables basaltiques	Sables à olivine vert noirâtre. Nappe saumâtre en profondeur	92

Figure 8 : Carte morpho-pédologique à l'échelle du 1/50 000
(source : ©CIRAD (Raunet, 1991), fond ©IGN scan100® - 2010)

3.2. ENJEUX ET VULNERABILITE

Évaluée à 19 255 personnes en 1961, la population de Saint-André a augmenté de façon régulière jusqu'au milieu des années 2000. Depuis 2006, la population continue à augmenter, mais de façon moins importante. En 2020, Saint-André compte 56 857 habitants (correspondant à un accroissement démographique de près de 85 % en un peu plus de 30 ans) (Figure 9).

La densité démographique en 2020 était de 1071 hab./km², contre 345 hab. /km² sur l'ensemble de l'île de La Réunion.



Année	1961	1967	1974	1982	1990	1999	2006	2007	2008	2010	2012	2015	2017	2020
Nombre d'habitants	19255	22094	25231	30075	35049	43174	51817	51964	52956	53955	54721	55730	56268	56857
Densité moyenne (hab/km ²)	363	416	475	567	660	814	976	979	998	1017	1031	1050	1060	1071

Figure 9 : Evolution de la population de Saint-André (source : ©INSEE)

La commune de Saint-André se divise en plusieurs secteurs d'habitation, qui concentrent les enjeux:

- Le secteur urbain majeur se concentrant autour de la Ravine Sèche et de la RN 2, de la limite communale avec Sainte-Suzanne à celle avec Bras-Panon (Cambuston, Petit Bazar, centre-ville, Cressonnière, du nord vers le sud)
- Les écarts habités, plus ou moins urbanisés, correspondant en particulier (liste non exhaustive) :
 - o Aux secteurs de Champ-Borne, Ravine Creuse, Rivière-du-Mât-les-Bas, situés entre le secteur urbain majeur et la bordure littorale ;
 - o Aux secteurs de Rivière-du-Mât-les-Hauts, l'Îlet, Bras-Citronnier et Petit-Trou, situés en rive gauche de la Rivière du Mât, de l'aval vers l'amont ;
 - o Au secteur Bras-des-Chevrettes ;

- o Aux secteurs Menciol et Mon Repos ;
- o Aux lieux-dits « Le Château », « Bras-Mousseline », « L'Hermitage », « Sarabé », et « Lotissement Dioré ».

Le parc de logement s'établissait en 2015 à 21098 unités (constitué à 91 % de résidences principales), soit une augmentation de 15 % depuis 2010 illustrant une très forte pression foncière existant sur la commune de Saint-André.

Outre le bâti, les principaux enjeux qui ont été répertoriés et cartographiés dans l'étude BRGM sur l'évaluation et la cartographie des aléas mouvements de terrain et inondation sont les suivants :

- La zone industrielle de Bois-Rouge, avec l'usine sucrière, la centrale thermique et divers industriels ;
- Les services de sécurité et de secours (gendarmerie, caserne de pompiers, clinique et hôpitaux) ;
- Les espaces communaux, les Z.A.C., les zones d'insalubrité (R.H.I.) ;
- Les voies de circulation (RN 2, RN 2002, RD 46, RD 47, RD 48, RD 58, Avenue Ile de France) ;
- Le réseau d'Adduction d'Eau Potable (captages, stations de traitement) ;
- Les établissements d'enseignement (écoles, collèges, lycées) ;
- Les espaces de loisirs (Vérifier comment c'est cité dans le règlement)
- Les bâtiments administratifs (mairie principale et mairies annexes) ;
- Les autres établissements recevant du public (crèche, bibliothèque, équipements sportifs) ;
- Les zones agricoles et naturelles.

L'occupation du sol est caractérisée par une importante activité agricole qui représente un enjeu économique majeur. Le milieu physique naturel qui couvre le reste du territoire communal représente un enjeu environnemental et est notamment caractérisé dans les Hauts de la commune par le Parc National de la Réunion qui s'étend du 4,5% du territoire communal.

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

4. Approche historique et caractérisation des phénomènes naturels

4.1. PHENOMENES HISTORIQUES

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

1850

Vers les neuf heures du soir, une pluie torrentielle a commencé à tomber jusqu'au lendemain à 7 heures du matin ; toutes les rivières étaient hautes à un degré effrayant ; la rivière du Mât avait tellement grossi que les remous montaient au-dessus de la pile (...) Quelques emplacements du voisinage du pont de la rivière du Mât ont été submergés par les eaux pluviales, un grand nombre de cases du bourg de Saint-André ont été inondées par l'eau des ravines qui coulait avec impétuosité.

Rapport au Commissaire Central (30 Janvier 1850)

1874

(...) A la borne 6 de la route de Salazie au lieu-dit le Petit Trou (...), il y a encore eu érosion par la Rivière du Mât. Les deux mètres de terrain élevé au-dessus du niveau de la route, et laissés entre cette dernière et la rivière, formant de véritables parapets, sont tombés sur toute l'étendue de la route qui se trouve réduite à 6 mètres de largeur.

Rapport au Directeur de l'Intérieur (30 Janvier 1874)

1899

Viens vous informer que nombreux éboulis interceptent communication sur la route. Télégraphe ne fonctionne pas entre Saint-André et village. Beaucoup de dégâts.

Message de Salazie au Directeur de l'Intérieur

1927

Hier vers 14 heures, (M.C.) 50 ans et son fils Pierre Paul, 8 ans, surpris à Bras des Lianes par crue subite Rivière du Mât ont disparu (...). Ce matin cadavre M.C. découvert rive gauche rivière. (...) Victime accident marié laisse six enfants, plupart en bas-âge, demeurait à Rivière du Mât les Hauts. Cadavre enfant pas encore retrouvé.

Télégramme au Gouverneur (23 Décembre 1927)

1977

En février 1977, au PR 08+100, un éboulement de 700 m³ obstrue la chaussée. Le 06 février 1977, au PR 06+300, lors du passage du cyclone Fifi, la rivière du Mât se met en crue et emporte la digue de protection de la route.

BRGM/RP-52744-FR (Décembre 2003)

1980

A Saint-André, la route du Bras-des-Chevrettes – où une station-service et une boutique ont été quelque peu dévastées – s'est transformée en torrent de boue et de débris dévalant dans la rue centrale qu'elle a laissée jonchée de débris. Quant au passage sous le pont de la route d'évitement, près des bretelles de dégagement en direction de Ravine-Creuse, il a été transformé en un lac profond de 1,50 mètres. La ravine traversant la ville, dont une partie est endiguée jusque derrière la mairie, elle, a très sensiblement monté de niveau (...).

La famille Boissedy, qui habitait à la Cressonnière, a été chassée de sa case par les inondations. Le lit de la ravine située derrière sa maison, sec depuis longtemps, s'est à nouveau gorgé d'eau.

Rivière-du-Mât-les-Bas : « Cinq maisons ont été envahies par 1,50 mètre d'eau et les familles évacuées.

Le Quotidien (23 Janvier 1980)

1987

Deux voitures sont tombées dans des crevasses en centre-ville. Des crevasses causées par le débordement de la Ravine Sèche. (...) De nombreuses cases ont été inondées au Chemin Maunier, à la Rivière-du-Mât-les-Hauts et les Bas, à Ravine-Creuse, au Chemin Deschanets... Le nombre de personnes sinistrées s'élève à environ 300.

Témoignages (16 Février 1987)

De mémoire de Saint-Andréen, on n'a jamais vu ça : la Ravine Sèche (...) quittant son lit pour emprunter l'ancienne nationale 2 (avenue de l'Île de France). On imagine que tout cela ne s'est pas fait en douceur : c'est un véritable torrent qui a, pendant plusieurs heures, taraudé, raviné tout l'avenue.

Le Quotidien, supplément spécial Clotilda (1987)

1989

Le 29 janvier 1989, au PR 03+300, un éboulement de blocs de basalte de 2000 m³ se produit dans le versant amont. Il fait suite au passage du cyclone Firinga.

BRGM/RP-52744-FR (Décembre 2003)

1993

A la Rivière-du-Mât les Hauts, deux habitations ont été inondées.

JIR (15 Février 1993)

M. Moreau entend un grondement sourd : « C'était un gros bruit. Comme une falaise qui dégringolait. J'ai tout de suite compris qu'il se passait quelque chose et qu'on était en danger. On ne savait plus quoi faire, on n'a plus bougé et on a attendu. On entendait les rochers qui s'écrasaient au bas de notre maison. J'ai cru au pire, mais le bon dieu était avec nous. » Un miracle, le glissement de terrain a contourné la maison de la famille Moreau.

JIR (17 Février 1993)

Bilan provisoire selon les services municipaux après ces quelques jours d'un déluge qui commence à durer, près de 500 maisons ont été envahies (plus ou moins) par les eaux.

« La Rivière du Mât est à 50 centimètres du bord. Si ça continue, ça va déborder. Et comme on est juste en face, tout sera certainement emporté. » Depuis samedi, les époux Payet résidant au logement Pelvoisin, Rivière-du-Mât les Bas (...) vivent les pieds et même les jambes dans l'eau.

Le Quotidien (2 Mars 1993)

1998

(...) Le préfet s'est arrêté à Saint-André où la pluie tombe maintenant depuis deux semaines environ. (...) Au centre-ville, la ravine Sèche est sortie de son lit, passant au-dessus de la route au niveau du Pont Minot. « De mémoire d'homme, c'est la première fois », raconte un ancien. Idem à Pont Auguste.

JIR (26 Février 1998)

2000

Le 11 août 2000, au PR 06+200, un éboulement de 500 m³ coupe la RD 48 pendant 2 jours.

BRGM/RP-52744-FR (Décembre 2003)

2002

Des stagiaires du 4^e RSMA ont modifié la trajectoire de la Rivière du Mât. (...) Au bout d'une semaine de travaux, la trajectoire de l'eau a pu être déviée. Ainsi, la falaise sur laquelle se trouvent des habitations n'est plus rongée par les forts courants.

JIR (04 Décembre 2002)

2009

A la demande du Conseil Général de La Réunion - Unité Territoriale Routière Est – le BRGM a procédé à un diagnostic du versant au droit du PR 7+550 – RD48 route de Salazie. Cette inspection fait suite à l'éboulement s'étant produit le 11 octobre à 9 h du matin et s'étant traduit notamment par un bloc d'environ 700 kg ayant directement percuté le capot d'un véhicule. Fort heureusement cet accident n'a causé que 2 blessés légers.

BRGM – NT 2009-087 (14 Octobre 2009)

2010

A la demande du Conseil Général de La Réunion - Unité Territoriale Routière Est – le BRGM a procédé à un diagnostic du versant au droit du PR 7+200 – RD48 route de Salazie. Cette inspection fait suite à l'éboulement important s'étant produit le 9 février 2010 à 2 h 30 du matin et s'étant traduit notamment par la destruction de deux petites cases fort heureusement inoccupées lors de l'effondrement de terrain. (...) le volume total effondré excède 3 000 m³.

BRGM – NT 2010-012 (9 Février 2010)

2016

Type de phénomène : chute de blocs. Le volume global éboulé est de l'ordre de 15 à 20 m³. Deux maisons sont présentes aux abords du couloir de l'éboulement du 26 février, à proximité de la RD48, en partie basse du versant. Dégâts : aucune victime n'est à déplorer. La chaussée n'a pas été endommagée.

BRGM/RP-65689-FR (Mars 2016)

Du côté de la route de Salazie, les pluies importantes ont aussi des conséquences pour les automobilistes. Ainsi les conducteurs bravent les éléments et traversent le long du Pisse-en-l'air malgré des cascades déchaînées qui inondent la chaussée. Mais sur tout le long de la route de Salazie, les cascades se multiplient et sont aussi impressionnantes les unes que les autres.

Linfo.re (3 Décembre 2016)

Beaucoup de routes sont inondées et des ponts impraticables à cause de la montée des eaux. C'est le cas, entre autres, du Pont de Petit Bazar, le pont de Carrefour. L'avenue Ile de France est également inondée. Le maire de Salazie a confirmé que la route de Salazie est fortement déconseillée. L'élue de Salazie (...) indique qu'il y a notamment un danger entre le pont de l'Escalier et Saint-André.

Freedom.fr (3 Décembre 2016)

2018

Les courants d'eau dans les rues de Saint-André sont si forts qu'ils emportent les voitures.

[Zinfos974.com](https://zinfos974.com) (24 Avril 2018)

Le centre-ville de Saint-André inondé. Une circulation interdite dans la ville de Saint-André justement. Le matin, le maire, Jean-Paul Virapoullé, a pris un arrêté municipal pour empêcher tout déplacement de la population sur le réseau routier de la commune du fait de la dégradation du temps.

Et pour cause, les fortes pluies ont fait déborder les ravines. L'eau s'est accumulée dans les rues et de nombreux commerces et habitations ont été inondés. Le vent a aussi occasionné d'importants dégâts dans les différents quartiers de la commune et le toit de la vieille église Jeanne d'Arc s'est effondré.

[La1ere.francetvinfo.fr](https://la1ere.francetvinfo.fr) (24 Avril 2018)

2024

Le cyclone tropical qui a touché l'île fin janvier a démolé les deux pompes installées dans le lit de la rivière du Mât et gérées depuis 2007 par le Département. Cette eau irrigue les terres maraîchères de la zone sur près de 800 hectares.

[La1ere.francetvinfo.fr](https://la1ere.francetvinfo.fr) (05/02/2024)

SAINT-ANDRÉ. Mardi soir, le bilan humain après le passage du cyclone Belal s'est alourdi un peu plus avec une victime collatérale intoxiquée par son groupe électrogène.

[Clicanoo](https://clicanoo.com) (18/01/2024)

4.2. ARRETES DE CATASTROPHES NATURELLES

Depuis 1993, 13 arrêtés de catastrophes naturelles ont été recensés sur la commune de Saint-André. Le tableau ci-dessous présente la liste des arrêtés de catastrophe naturelle :

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
<i>Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues</i>	18/01/1993	20/01/1993	18/05/1993	12/06/1993
<i>Inondations et coulées de boue</i>	15/02/1993	17/03/1993	07/10/1993	24/10/1993
<i>Inondations et coulées de boue</i>	27/02/1993	03/03/1993	14/06/1993	27/06/1993
<i>Inondations et coulées de boue</i>	10/02/1994	12/02/1994	12/04/1994	23/04/1994
<i>Inondations et coulées de boue</i>	24/02/1998	25/02/1998	26/05/1998	11/06/1998
<i>Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues</i>	22/01/2002	23/01/2002	08/04/2002	18/04/2002
<i>Inondations et coulées de boue</i>	22/01/2002	23/01/2002	08/04/2002	18/04/2002
<i>Mouvements de terrain</i>	22/01/2002	23/01/2002	08/04/2002	18/04/2002
<i>Inondations et coulées de boue</i>	16/02/2005	18/02/2005	02/08/2005	10/08/2005
<i>Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues</i>	24/02/2007	28/02/2007	23/03/2007	28/03/2007
<i>Inondations et coulées de boue</i>	24/04/2018	24/04/2018	23/05/2018	22/06/2018
<i>Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues</i>	13/01/2024	15/01/2024	19/01/2024	23/01/2024
<i>Inondations et/ou coulées de boue</i>	13/01/2024	15/01/2024	19/01/2024	23/01/2024

Tableau 8 : Liste des arrêtés de catastrophes naturelle sur la commune de Saint-André (source : www.géorisques.gouv.fr).

Les ouvrages généraux de Météo-France (Soler, 1997 et Mayoka, 1998), indiquent les cyclones majeurs ayant concernés La Réunion, et plus ou moins directement Saint-André, depuis 1966 (cf. Tableau 9). D'autres informations d'archives et bulletins météorologiques complètent ces informations, couvrant une période plus large (1948 à 2024). Les cyclones majeurs ayant eu peu d'influence sur la commune de Saint-André n'ont pas été considérés (Béjisa, Dumile, etc.).

Cyclones	Nature du phénomène	Passage de l'oeil au plus près des côtes réunionnaises	Pression minimale (hPa)	Vents maximum (km/h)	Hauteur de houle
Belal (14/01 – 15/01/2024)	Cyclone tropical intense	Sur l'île le 15/01 : longe la côte Nord et Est et entre sur l'île au niveau de Sainte-Suzanne	973,5 (Gillot)	217 km/h (Maido)	H _{1/3} : 7,3 m et H _{max} : 11,6 m à Sainte-Marie
Fakir (20/04 – 26/04/2018)	Cyclone tropical	10 km à l'Est	975	185 (en mer)	
Abela (12/07 – 20/07/2016)	Forte tempête tropicale	-	987	130 (en mer)	-
Daya (07/02 – 13/02/2016)	Tempête tropicale modérée	375 km au Nord	983	100 (en mer)	-
Jade (03/04 – 12/04/2009)	Forte tempête tropicale	450 km au Sud-Ouest	948	170 (en mer)	-
Gamède (23/02 – 28/02/2007)	Cyclone tropical intense	230 km au Nord et à l'Ouest ; deux passages	935	137 (au Port)	H _{1/3} : 7 m et H _{max} : 11,7 m à la Pointe du Gouffre
Diwa (02/03 – 11/03/2006)	Forte tempête tropicale	150 km au Nord-Ouest	980	> 190 à Sainte-Rose	-
Dina (17/01 – 26/01/2002)	Cyclone tropical intense	65 km au Sud-Ouest	910	> 180 (sur le littoral)	H _{1/3} : > 4,2 m et H _{max} : > 6,3 m à la Pointe du Gouffre
Fortes pluies (03/02 – 05/02/1998 et 19/02 – 25/02/1998)	Episode pluvio-orageux	D2 : 160 km à l'Ouest	-	100	-
Fortes pluies (13/02 - 17/02/1993 et 27/02 – 05/03/1993)	Episode pluvio-orageux	-	-	-	-
Colina (14/01 – 21/01/1993)	Cyclone tropical	Sur l'île, le 19 Janvier	970	191 (à Gillot)	H _{1/3} : 6,1 m et H _{max} : 9,4 m à Sainte-Marie
Firinga (25/01 -07/02/1989)	Cyclone tropical	Sur l'île, le 29 Janvier à Saint-Benoît, ressort au niveau du Port	954	216 (à Terre-Sainte)	-
Clotilda (09/02 – 22/02/1987)	Dépression tropicale	Sur l'île, le 13 Février	970	173 (à Gillot)	H _{1/3} : 2,28 m au Port-Ouest
Hyacinthe (15/01 – 30/01/1980)	Cyclone tropical	70 km au Sud ; 3 passages	978 (au Port)	137 (à Gillot)	-
Fifi (29/01 – 05/02/1977)	Cyclone tropical	130 km à l'Ouest	958 (au centre)	97 (à Gillot)	-
Inès (08/03 – 19/03/1975)	Tempête tropicale modérée	50 km au Nord	988 (au centre)	115 (en mer)	-
Denise (03/01 – 11/01/1966)	Cyclone tropical	Sur l'île, dans la nuit du 8 au 9 Janvier	978 (à Gillot)	180 (au Chaudron)	-
1948	Cyclone tropical très intense	30 km à l'Ouest	910 (au centre)	310 (en mer)	-

Tableau 9 : Liste des cyclones, tempêtes tropicales et épisodes pluvio-orageux majeurs ayant concerné la commune de Saint-André. Sources : Météo France, firinga.com, archives diverses.

4.3. CARACTERISATION DES 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 (terrassment, déboisement, exploitation de matériaux ou de nappes aquifères...).

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

Les types de mouvements de terrain recensés sur le territoire de la commune de Saint-André 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 (Tableau 10) :

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

Tableau 10 : Type de phénomène rencontrés en fonction des catégories de terrain

4.3.1. Chutes de pierres ou de blocs, 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 (Figure 10);
- **Les éboulements en masse** : le volume total en jeu atteint jusqu'à 10 000 m³ (Figure 11);
- **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 érodible, induisant des contrastes de compétence (intercalation de niveaux de gratons, alternance de niveaux basaltiques massifs et de produits pyroclastiques – scories, cendres – créant des discontinuités stratigraphiques et des comportements mécaniques hétérogènes) ;
 - Présence fréquente de discontinuités structurales (diaclasses, joints, intrusions) sur un versant à la topographie sensible et participant au démantèlement de la masse rocheuse ;
 - Croissance de la végétation (action du système racinaire dans les fissures).

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

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

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

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

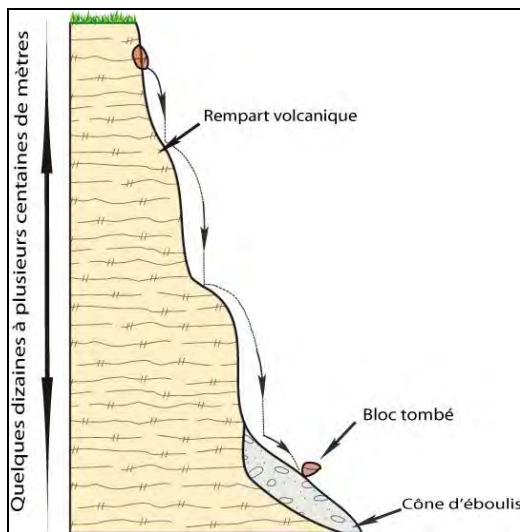


Figure 10 : Chute d'un bloc isolé

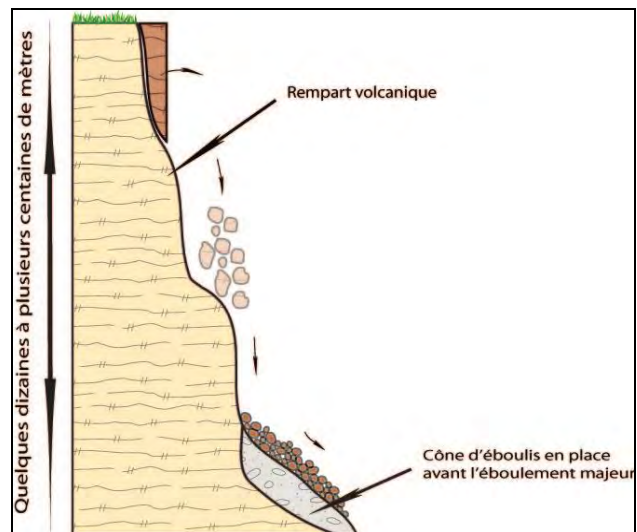


Figure 11 : Eboulement

Exemples de manifestations rencontrées :

Sur la commune de Saint-André, les chutes de blocs (Figure 12, *gauche*) et éboulements (Figure 12, *droite*) représentent la majorité des événements de mouvements de terrain recensés. Ils se produisent dans un secteur bien définis, sur la route allant vers Salazie, en contrebas du rempart de la Rivière du Mât.



Figure 12 - A gauche : Chute de blocs ayant atteint la RD 48 (Route de Salazie) en 2019. A droite : Eboulement sur la RD 48 en 2021

Si l'ampleur de ces phénomènes est relativement modérée en comparaison des événements de référence ayant lieu sur d'autres communes de l'île, leur fréquence est élevée avec près de 300 événements recensés dans la base de donnée du BRGM (BDMVT 2021).

4.3.2. Glissements de terrain et coulées boueuses 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 (Figure 13). 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.

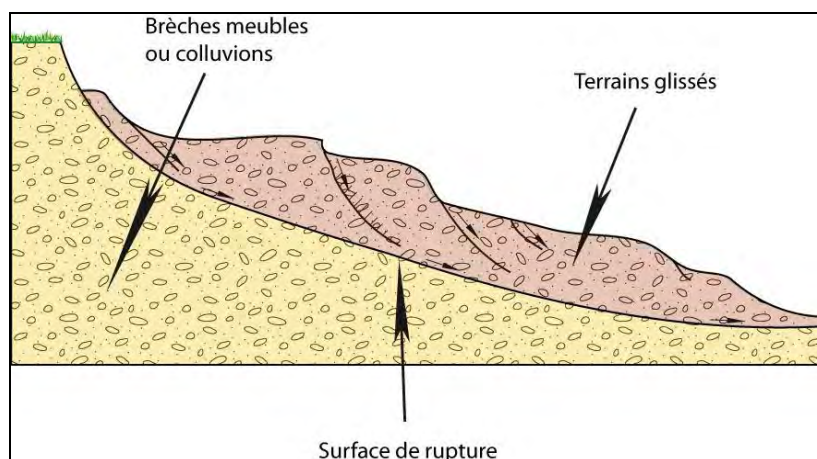


Figure 13 : Coupe type d'un glissement circulaire

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 géomorphologie** : 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 (Figure 14). L'épaisseur des terrains affectés par ces glissements-coulées peut atteindre la dizaine de mètres.

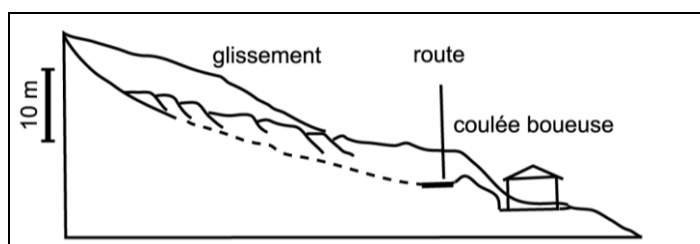


Figure 14 : Représentation schématique du glissement-coulée

Exemple de manifestations rencontrées

A l'instar des phénomènes de chute de blocs et d'éboulement, les événements recensés se trouvent le long de la RD48 en direction de Salazie.

Ces instabilités sont donc très localisées, cependant leur occurrence est beaucoup plus faible avec 12 événements recensés dans la base de donnée du BRGM (BDMVT 2021). Il est important de noter que des événements ont pu échapper au recensement, ainsi sur plusieurs sites de la commune, on peut relever des cicatrices de glissements plus ou moins superficiels, comme c'est le cas dans les écarts, à proximité des ravines.



Figure 15 : Glissement de terrain sur une parcelle terrassée à Dioré, 2018.

Ces phénomènes n'ont pas entraîné de désordre majeur (événements le plus souvent situés dans des zones peu ou non habitées). Néanmoins, ils sont à prendre en considération car potentiellement leurs conséquences peuvent être très dommageables.

4.3.3. Erosions et ravinement

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 érodibilité : 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 – au moins de façon potentielle – 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.

Exemple de manifestations rencontrées :



Figure 16 : A. Erosion de berge localisée peu avant le pont de l'Escalier à la limite communale entre Saint-André et Salazie. B. Photo aérienne montrant le lit majeur actuel de la Rivière du Mât auquel a été surimposé le lit majeur avant 1965 (par photos aériennes anciennes). On voit bien l'évolution rapide du tracé des berges et les habitations potentiellement concernées.

Sur la commune de Saint-André, au vu du contexte climatique de La Réunion, toutes les ravines sont considérées comme concernées par le phénomène d'érosion de berges. La Rivière du Mât représente un cas extrême, étant donné le transport solide important qui lui est associé et son exutoire peu encaissé. Sur les dernières cinquante années, son tracé s'est modifié (Figure 16, B), formant des terrasses alluviales et des chenaux potentiellement remobilisables.

Lors du passage du cyclone Gamède en 2007, le flux d'eau de la Rivière du Mât a généré une érosion forte en rive gauche du cours d'eau côté Saint-André. Le recul estimé grâce aux orthophotos de l'IGN de 2003 et 2008 atteint ainsi 30 m (Figures 17 et 18).

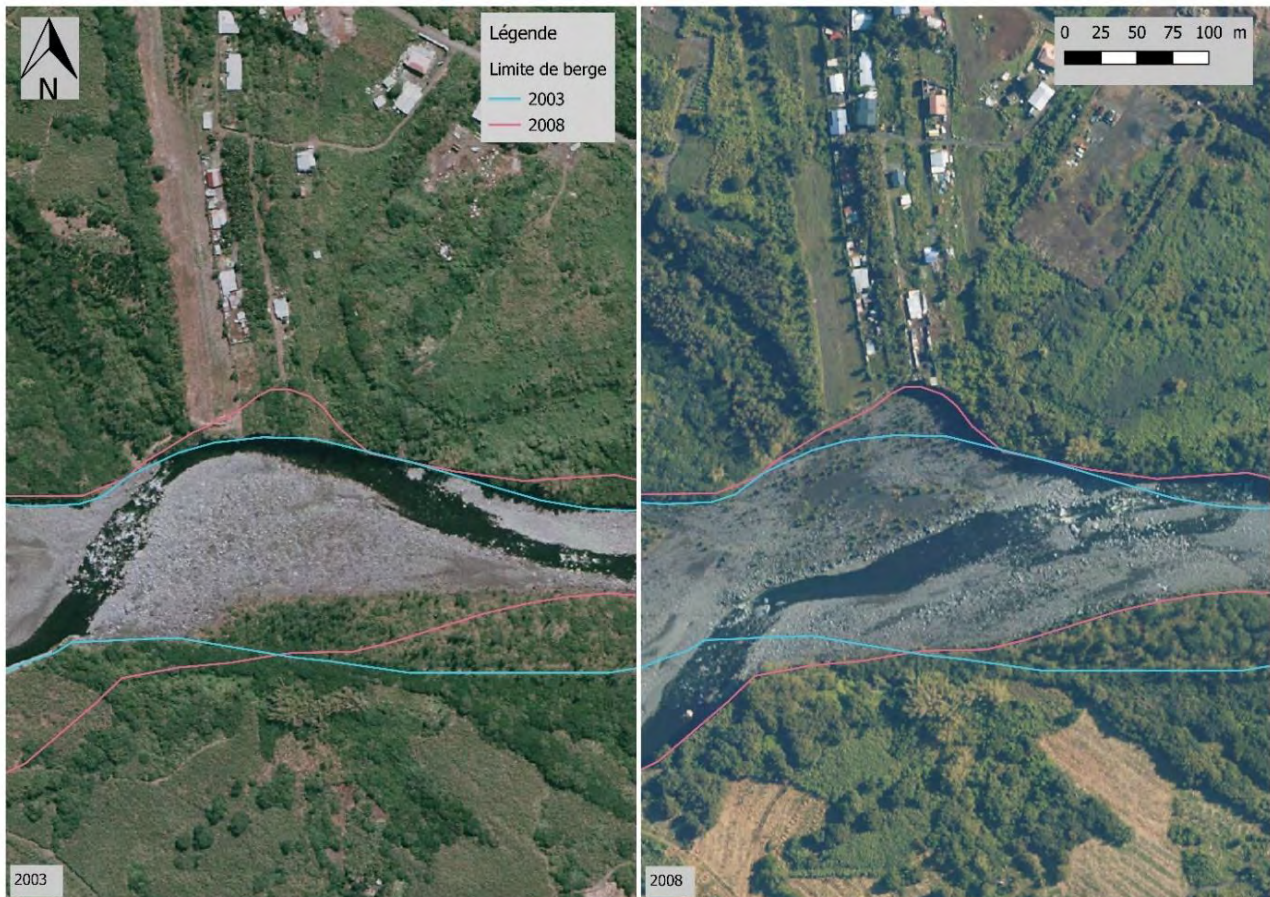


Figure 17 : Recul de la limite de berge entre 2003 et 2008 au droit du lit de la rivière du Mât (Est de la zone de loisir chemin canal Moreau).



Figure 18 : Lit de la rivière du Mât et berge en rive gauche durant le passage du cyclone Gamède (2007).

Afin de cartographier l'aléa dans ce contexte une méthodologie particulière a été adoptée. Cette méthodologie s'inspire de ce qui a pu être mis en place lors de la réalisation des PGRI (Rivière Saint-Etienne et Rivière du Mât) ainsi que du PPR de la commune de Saint-Pierre.

La méthode de caractérisation de l'aléa est présentée au Chapitre 5.

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 (érodibilité 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. Alors qu'un ruissellement diffus va créer des paysages de « badlands », un ruissellement concentré va créer des ravins encaissés et localisés, et s'accompagne souvent de zones d'alluvionnement (où se déposent les matériaux arrachés par l'érosion). Cette érosion se développe essentiellement au niveau des parcelles défrichées, là où les pentes sont les plus élevées. Dans le passé, la couverture boisée ou en culture assurait une fixation naturelle des horizons superficiels. Ainsi, les terrains autrefois cultivés en canne à sucre, aujourd'hui en friche, sont en proie à l'érosion. L'érosion des sols, diffuse au départ, peut « dégénérer » et entraîner des glissements plus ou moins superficiels.

Exemple de manifestations rencontrées :

A Saint-André, l'occupation du sol est marquée par de nombreuses exploitations agricoles principalement dédiées à la culture de la canne sur la planèze située entre les hauts et le centre urbanisé.

L'épierrage agricole et les défrichements favorisent l'érosion des terres, lorsque la canne est coupée, le sol à nu est particulièrement vulnérable au phénomène de ravinement en cas de fortes pluies (Figure 19). Les matériaux érodés rejoignent les petites ravines drainant ces planèzes. Pendant les crues, les eaux sont chargées de boues et de blocs.



Figure 19 : Ravinement aux abords du chemin Dioré suite au passage de la forte tempête tropicale Fakir (2018).

4.4. CARACTERISATION DES PHENOMENES D' INONDATION

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

Deux types de risque (pouvant se cumuler sur certaines zones) doivent être distingués sur le territoire de Saint-André :

- 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 par **remontée de nappe** entraînant des débordements en surface de la nappe alluvionnaire, souvent liés aux inondations dues aux cours d'eau à proximité. Ce type d'inondation a déjà été constaté dans la *partie basse de la commune*, constituée par le cône alluvionnaire. La nappe y est peu profonde et peut avoir tendance à suivre d'anciens chenaux. Ces phénomènes sont caractérisés par l'absence de vitesses et des hauteurs d'eau le plus souvent faibles. Ils concernent les caves, les sous-sols des maisons, etc.

- 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, comme nous l'avons précisé en amont, 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.

Deux 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.).

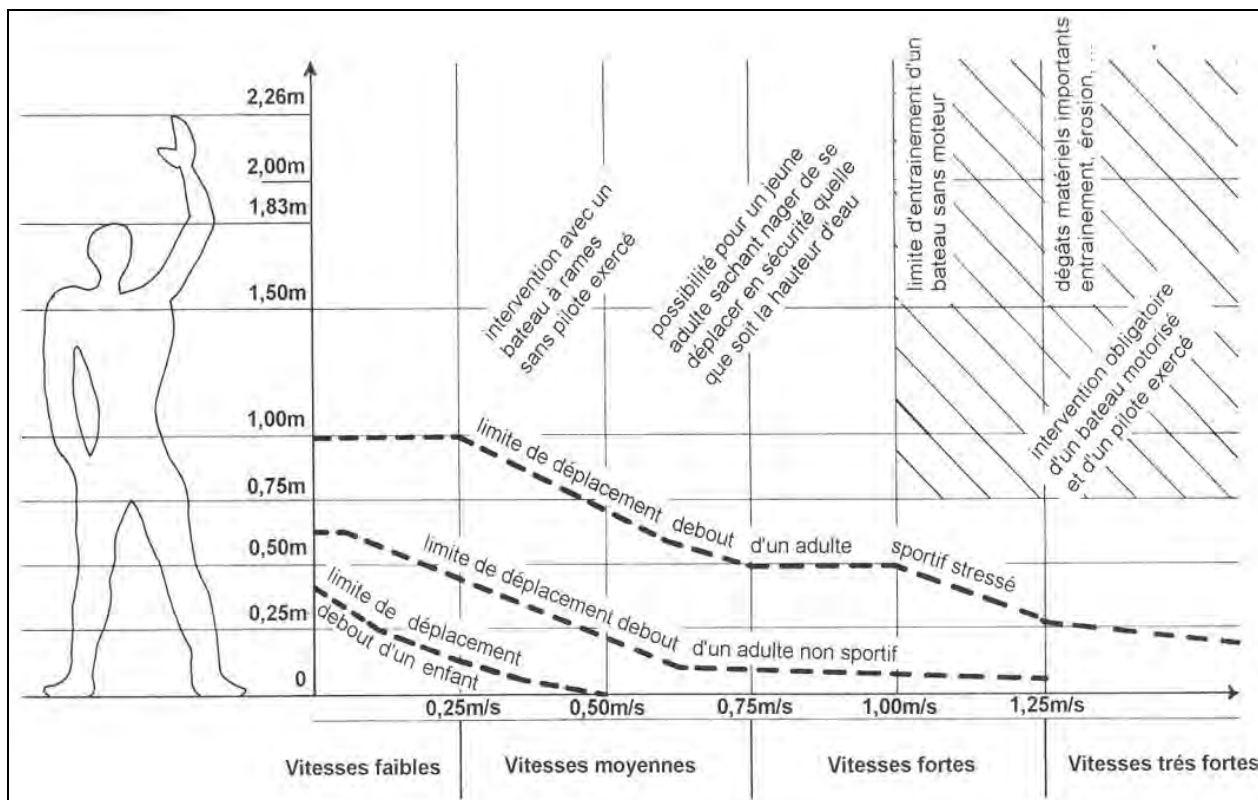


Figure 20 : Possibilité de déplacement des personnes en fonction des caractéristiques d'écoulement (source : Guide PPRi ruissellement péri-urbain M.E.D.D.E.)

Exemples de manifestations rencontrées :

Lors du passage de la forte tempête tropicale Fakir en avril 2018, une intensité pluvieuse exceptionnelle avec dépassement de la valeur décennale a été mesurée à Saint-André (151mm en 3h). La commune de Saint-André a subi des inondations en plusieurs endroits en lien avec les débordements de cours d'eau suite aux crues générées par ces pluies (Figures 21 et 22).



Figure 21 : L'avenue Île de France inondée lors du passage de la forte tempête tropicale Fakir en Avril 2018 (Zinfos974).



Figure 22: Inondation Cité Oasis suite au passage de la forte tempête tropicale Fakir en Avril 2018.

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, aussi imparfaite qu'elle puisse être :

« 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., 2008⁶), spécifique à l'aléa mouvements de terrain mérite également d'être citée au regard notamment de la notion de dommage intégrée à la définition de l'aléa :

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

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

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

5.1.1. Aléas considérés

Les risques pris en compte dans le cadre de la procédure de révision du PPR de la commune de Saint-André 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 les coulées de boues associées ;
- Les érosions de berge ;
- Le ravinement, l'érosion des sols.

⁶ 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. Notion d'intensité et de probabilité d'occurrence

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 : débits liquide et solide pour une crue torrentielle, volume des éléments pour une chute de blocs, importance des déformations du sol pour un glissement de terrain, etc... L'importance des dommages causés par des phénomènes passés peut 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 (période de retour) 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). Si certaines grandeurs sont relativement faciles à mesurer (les débits liquides par exemple), d'autres le sont beaucoup moins, soit du fait de leur nature, soit du fait de leur caractère instantané (chute de blocs). La probabilité d'occurrence des phénomènes sera donc généralement appréciée à partir des informations historiques, des contextes géologique et topographique, et des observations du chargé d'études.

5.1.3. Règles générales de zonage

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

De nombreuses zones, dans lesquelles aucun phénomène actif n'a été décelé, sont cependant décrites comme étant exposées à un aléa de mouvement 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 exceptionnels.

Dans la majorité des cas, l'évolution des phénomènes naturels 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 élevés, 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 qui traduisent la décroissance de l'intensité et/ou de la probabilité du phénomène avec l'éloignement des zones sources (**principe de gradation des aléas**) (Figure 23).

Les zones caractérisées par une configuration morphologique, géologique similaire et exposées à une situation climatique relativement proche (facteurs de prédisposition et non permanent similaires) sont généralement cartographiées de la même manière (niveau d'aléa analogue) sous réserve qu'aucun phénomène historique connu ou facteur aggravant toujours possible ne puisse remettre en cause le niveau d'aléa considéré (**principe de similitude**).

D'une manière générale et conformément aux recommandations émises par le Ministère à travers notamment les guides méthodologiques, dans le cadre des procédures PPR des communes de La Réunion, les cartes d'aléas sont produites au **1/5000^{ème}** (1 cm sur la carte représente 50 m dans la

réalité, impliquant une précision des limites cartographiques de l'ordre de 5 m : « épaisseur du trait »), notamment dans les secteurs concentrant les enjeux (bâtis, routes, infrastructures, etc.). Ponctuellement, dans les secteurs inhabités où les enjeux sont moindres voire inexistantes en terme d'urbanisation future à échéance de quelques années voire dizaines d'années, des cartes d'aléas sont élaborés au 1/10 000^{ème}.

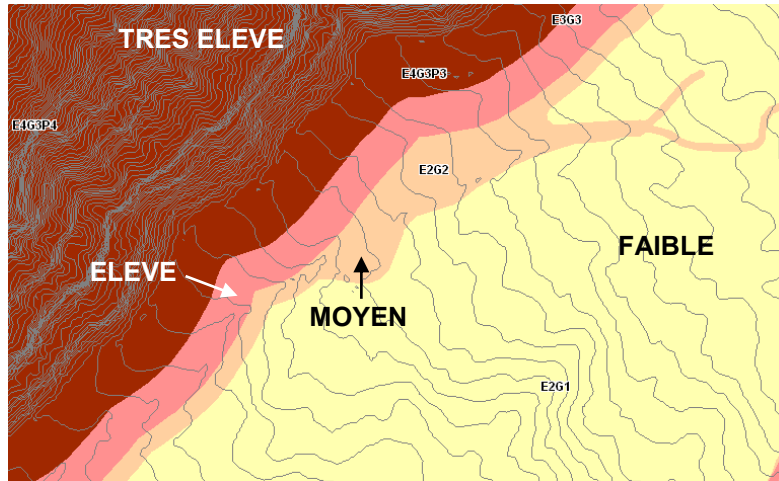


Figure 23 : Exemple de représentation de la notion de continuité du niveau d'aléa

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 PPR.

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 inondations 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 et des données nouvelles (études, observation de phénomènes depuis l'approbation du PPR) permettant d'améliorer la connaissance sur l'inondabilité du territoire communal. 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).

La cartographie de l'aléa inondation réalisée dans le cadre de la présente révision du PPR s'appuie notamment sur le zonage du PPRi approuvé par l'arrêté préfectoral n°3843 du 25 juin 2014 où l'aléa inondation a été évalué et cartographié par **le bureau d'études ARTELIA** à partir d'études réalisées dans le cadre de projets d'aménagement, d'études générales telles que les études « PGRI » et des études spécifiquement réalisées dans le cadre du PPRi (Plan de Prévention des Risques Naturels – Commune de Saint-André, ARTELIA-LDD-N°4700116VD-Mars2014). Les autres éléments techniques utilisés dans le cadre de cette démarche sont :

- Les outils topographiques précis : **Litto3D®** et **MNTR®** (2012), qui permettent d'apprécier finement les différents thalwegs et ravines du territoire communal. 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 2 km 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®) de précision moindre. En complément, des données **Lidar®**, plus localisées, ont été utilisées, notamment sur la Rivière du Mât et la Ravine Sèche. Ces données ont été commandées respectivement par La Région Réunion et la CIREST ;
- **La connaissance nouvelle** sur les inondations impactant le territoire communal, et plus particulièrement au droit des secteurs à enjeux de la commune, avec notamment plusieurs visites de terrains au droit de secteurs identifiés par la commune dans le cadre du travail partenarial entre la collectivité et les services de la DEAL et du BRGM;

- Les résultats d'investigations ponctuelles dans le cadre **d'examen de demande de modification de zonage pour des projets d'aménagements**. Une précision du zonage, par le biais de visites de terrain et d'analyse de données SIG, au droit de ces différents secteurs à enjeux, a été réalisée à plusieurs reprises en concertation avec les services techniques municipaux en 2018, 2019, 2021 et 2023.
- **Une mise en cohérence avec la cartographie de l'aléa mouvements de terrain pour les phénomènes érosifs intégrés aux cartes d'aléas MVT ;**
- Une étude générale (PGRI) du bassin versant de la Grande Rivière Saint-Jean réalisée en 2011 par SOGREAH (groupe ARTELIA) pour cartographier les crues de fréquences décennale et centennale (numéro d'affaire 4700841) ;
- Une étude hydraulique réalisée en 2017 par ARTELIA relative à l'aménagement des parcelles AW270, 271 et 694 sur la commune de Saint-André (référence 4 70 2097-VB) ;
- Une étude hydraulique réalisée en 2017 par ARTELIA relative à l'aménagement des du site de RVE sur la commune de Saint-André (référence 4 70 2102-VB) ;
- Une étude hydraulique réalisée en 2017 par HYDRETTUDES relative au bassin de baignade au parc du Colosse sur la commune de Saint-André (référence RE16-129) ;
- Une étude pré-opérationnelle sur les habitats indignes en zone à risque d'aléa fort réalisée par HYDRETTUDES en 2018 (référence RE17-140).
- Une étude hydraulique réalisée en 2019 par ARTELIA dans le cadre d'une étude de définition des aménagements et actions de réduction de la vulnérabilité sur le Territoire à Risque Inondation (TRI) Saint-André/Sainte Suzanne (référence 4702317_R5VE) (Secteurs Bois Rouge et Ravine Sèche/centre ville)

Les récentes données de l'IGN (BD Topo 2019 et 2023 et les orthophotos de 2017 et 2022) font également partie des données fréquemment utilisées dans la démarche de précision de la cartographie.

La cartographie « inondation » est présentée sur fonds topographiques :

- A l'échelle 1/15 000 pour l'ensemble du périmètre d'étude (planche n°1) ;
- A l'échelle 1/5 000 sur les secteurs à enjeux de la commune, qui correspondent aux zones bâties (planche 2 à planche 7) :
 - ✓ Secteur Les Hauts de Menciol (planche n°2) ;
 - ✓ Secteur Dioré (planche n°3) ;
 - ✓ Secteur Bras des Chevrettes (planche n° 4) ;
 - ✓ Secteur Centre-Ville (planche n° 5).
 - ✓ Secteur Champ Borne (planche n° 6).
 - ✓ Secteur Bois-Rouge (planche n° 7).

5.2.2. Caractérisation de l'aléa inondation

Aléa de débordement de la crue centennale

Trois degrés d'aléa inondation ont été définis pour la crue centennale, en fonction du champ d'inondation (hauteur de submersion et vitesse d'écoulement prévisibles) (Tableau 11):

		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 11 : 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/ou des vitesses d'écoulement inférieure à 0,5 m/s.

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

5.3. ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN

5.3.1. Méthode d'évaluation de l'aléa

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 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 2016⁷ ont été considérées dans le cadre du PPR de la commune de Saint-André (grilles d'aide à la cartographie pour chaque type d'aléa mouvements de terrain considéré);

⁷ **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.

- Des **visites de terrain** (analyses visuelles de type "expertise") afin de relever les indices hydrogéomorphologiques pouvant témoigner d'anciens mouvements de terrain ou justifier la possibilité d'occurrence sur la période de référence. Ces « campagnes » de reconnaissances de terrain ont été réalisées entre 2017 et 2018. Les constats lors des visites de terrain post-Fakir (avril 2018) 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 2 km à l'intérieur des terres. La précision altimétrique est de l'ordre de 20 cm et la précision planimétrique est de l'ordre de 50 cm. Aussi, l'IGN a étendu cette base de données à l'ensemble de l'île en produisant un Modèle Numérique de Terrain Réunionnais (MNTR®) de précision moindre. En complément, des données **Lidar®**, plus localisées, ont été utilisées, notamment sur la Rivière du Mât et la Ravine Sèche. Ces données ont été commandées respectivement par La Région Réunion et la CIREST ;
- Les résultats d'investigations ponctuelles dans le cadre **d'examen de demande de modification de zonage pour des projets d'aménagements**. Une précision du zonage, par le biais de visites de terrain et d'analyse de données SIG, au droit de ces différents secteurs à enjeux, a été réalisée à plusieurs reprises en concertation avec les services techniques municipaux en 2018, 2019, 2021 et 2023.
- La **mise en cohérence avec l'aléa inondation** (pour l'aléa érosion de berges notamment).

Les récentes données de l'IGN (BD Topo 2019 et 2023 et les orthophotos de 2017 et 2022) font également partie des données fréquemment utilisées dans la démarche de précision de la cartographie.

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

- A l'échelle 1/15 000 pour l'ensemble du périmètre d'étude (planche n°1) ;
- A l'échelle 1/5 000 sur les secteurs à enjeux de la commune, qui correspondent aux zones bâties (planche 2 à planche 7) :
 - Secteur Les Hauts de Mencilol (planche n° 2) ;
 - Secteur Dioré (planche n° 3) ;
 - Secteur Bras des Chevrettes (planche n° 4) ;
 - Secteur Centre-Ville (planche n° 5).
 - Secteur Champ Borne (planche n° 6).
 - Secteur Bois-Rouge (planche n° 7).

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

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

L'**intensité** d'un phénomène peut être appréciée de manière variable en fonction de sa nature même : volume des éléments pour une chute de blocs, importance des déformations du sol pour un glissement de terrain, importance du volume érodé pour une érosion de berge, etc... L'importance des dommages causés par des phénomènes passés ou l'échelle des parades

nécessaires pour se prémunir du phénomène redouté peuvent également être prise en compte dans l'évaluation de l'intensité des aléas mouvements de terrain.

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

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

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

Probabilité d'occurrence

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

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

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

- **Facteurs de prédisposition (= permanents)**
 - Géologie : lithologie, altération, fracturation, épaisseur des faciès, hétérogénéités des formations ;
 - Morphologie : pentes, encaissement.
- **Facteurs non permanents (= généralement déclenchants, aggravants)**
 - Altitude : différence de pluviométrie ;
 - Venue d'eau, d'humidité : résurgence, écoulement... ;
 - Végétation : présence ou non, culture en terrasse... ;
 - Activité humaine : ouvrages de protection, drainage mal adaptés, vibrations, ...
 - Séisme
 - ...

La définition et la précision des critères de prédisposition font appel à l'expérience de l'expert en charge de la cartographie de l'aléa MVT, 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 12 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 12 : 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 (Tableau 13):

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

Tableau 13 : 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 ainsi cartographiés dans le cadre de la révision du PPR de Saint-André sont :

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

5.3.3. Cas particulier de l'érosion des berges de la Rivière du Mât

A partir de la connaissance actuelle des phénomènes d'érosion de berge au droit de la Rivière du Mât et leur occurrence possible sur le siècle à venir, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- L'enveloppe de l'aléa fort érosion de berge est calé depuis l'enveloppe externe des berges historiques observées (ici, la période est 1950 - 2017).
- Un retrait supplémentaire est ensuite appliqué en fonction de la nature des formations et de leur érodibilité :
 - o Erodibilité faible (roche massive, coulée, etc.) : un bandeau de 10 m est appliqué ;
 - o Erodibilité moyenne (terrain dur mais érodible, alluvions anciennes) : un bandeau de 20 m est appliqué ;
 - o Erodibilité forte (alluvions subactuelles, affouillables) : un bandeau de 35 m est appliqué

Ces reculs correspondent au recul moyen observé sur ce type de formation le long des berges de la Rivière du Mât.

- Si un recul historique notable est observé (c'est-à-dire supérieur au recul forfaitaire associé à la formation géologique) à partir des orthophotos, un nouveau retrait est appliqué pour représenter l'évolution observée et/ou présumée des berges, au prorata de la période observée sur 100 ans (plus ou moins modulé, en particulier pour les "forts reculs" supérieurs à 100m.).

En pratique, la rive gauche de la Rivière du Mât faisant partie du territoire communal de Saint-André (depuis le Pont de l'Escalier), celle-ci a été découpée en plusieurs secteurs homogènes pour lesquelles l'aléa érosion de berge est majorant. Pour chacun de ces secteurs un transect découpant la berge selon un profil topographique représentatif a été tracé. A chaque transect est associé un retrait forfaitaire ainsi qu'éventuellement un retrait lié au recul historique. Les informations relatives à ces secteurs homogènes sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Secteur	Recul forfaitaire	Recul historique	Erodibilité	Description
Embouchure RDM	35 m	/	Forte	Embouchure RDM, Géol = mélange d'alluvions anciennes et récentes. Forte variation de la limite de berge depuis 1966 plutôt dans le sens d'une accrétion. Pas de recul historique considéré.
Secteur agricole Sud Patelin	/	50m	Forte	Encoche érosive marquée notamment suite au passage de Gamède en 2007. Recul historique de 50m en 50 ans. Taux de recul moyen de 1m/an. bandeau 10, 20, 35 non considéré
Centre d'enfouissement	35m	/	Forte	Situé entre deux encoches érosives marquées, ce secteur n'a pas connu de recul historique majeur. Néanmoins en raison de sa géologie fortement susceptible à l'érosion confirmé par les reculs observés de part et d'autre du secteur, un bandeau de 35m est appliqué
Encoche Ouest centre d'enfouissement	/	50m	Forte	Encoche érosive marquée notamment suite au passage de Gamède en 2007. Recul historique identique à celui du secteur agricole précédent (50m). Taux de recul moyen de 1m/an. Bandeau 10, 20, 35 non considéré
Rivière du Mât les hauts	20m	/	Moyenne	Ici la berge est composée d'alluvions plus ou moins cimentées ainsi que de tufs ayant une meilleure résistance à l'érosion tout en restant sensible à ce phénomène. Aucun recul historique n'est constaté. On applique un recul forfaitaire de 20m
Bras Citronnier	35 m	/	Forte	Située sur une terrasse alluviale constituant le lit ancien de la rivière du Mât, pas de recul historique constaté, géol = alluvions non stabilisée sensible à l'érosion, recul forfaitaire de 35m appliqué
Ouest Bras Citronnier	35	30	Forte	Au nord de la terrasse alluviale une encoche érosive montre un recul historique de 30m sur les 50 dernières années. Taux de recul moyen de 0,6m/an. bandeau 10, 20, 35 non considéré
Petit Trou	35m	/	Forte	Terrasse alluviale en amont composé d'alluvions très peu consolidées ainsi que d'éboulis. Ces matériaux très sensibles à l'érosion induisent un bandeau de 35m en aléa fort.

Tableau 14 : Informations relatives aux secteurs homogènes concernant l'aléa érosion de berge sur la Rivière du Mât

5.3.4. Qualification de l'aléa mouvements de terrain

Le niveau d'aléa mouvements de terrain (pour chaque aléa considéré : érosion, chute de blocs, glissement) est défini par le 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 » (Tableau 15).

Niveau d'aléa des phénomènes naturels cartographiés	Niveau d'aléa résultant	Exemple de types de zones	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 15 : Définition du niveau d'aléa mouvements de terrain résultant en fonction des différents aléas caractérisés.

Quatre niveaux d'aléa mouvements de terrain ont été définis (en plus du niveau « très faible à nul ») par regroupement des typologies rencontrées :

- **Aléa faible** : zones sur lesquelles des caractéristiques géomécaniques plutôt favorables à la stabilité des terrains existent et sur lesquelles généralement aucun désordre n'a été recensé (des informations événementielles peuvent quelquefois exister vis-à-vis de mouvements d'ampleur limités, maîtrisables à l'échelle de la parcelle). L'intensité prévisible du phénomène à craindre reste limitée.

Les zones d'aléa faible, où les parades à maîtrise d'ouvrage individuelle sont possibles à condition de ne pas aggraver les risques sur le secteur du projet, sont considérées comme constructibles.

- **Aléa moyen** : des incertitudes demeurent par rapport à l'extension, l'ampleur, et la fréquence des phénomènes potentiels ou bien les caractéristiques des mouvements sont réellement intermédiaires entre un aléa faible et élevé.

Les zones d'aléa moyen, où les parades dépassent le cadre de la parcelle (échelle du versant) et relèvent généralement d'un maître d'ouvrage collectif, sont en principe inconstructibles. Elles peuvent être néanmoins constructibles sous condition dans les « secteurs à enjeux jugés sécurisables » définis dans le cadre de la détermination des enjeux en concertation avec la commune. Ces zones

nécessitent la réalisation d'une étude géotechnique pour en préciser les conditions de constructibilité.

- **Aléa élevé** : zones jugées instables, où de nombreux mouvements de terrain sont recensés et où les paramètres géomécaniques sont défavorables et indiquent une stabilité précaire. Ces secteurs peuvent également être associés aux zones d'extensions maximales de phénomènes gravitaires se propageant (ex : aval des remparts) ou de phénomènes régressifs (ex : amont des remparts).

Les zones d'aléa élevé sont inconstructibles. Dans ces zones, les mesures de prévention et de protection sont techniquement difficiles, ou très coûteuses. Seuls quelques équipements particuliers peuvent être tolérés.

- **Aléa très élevé** : en complément aux qualifications précédentes en terme d'instabilité, l'aléa très élevé concerne des zones directement exposées à des phénomènes de grande ampleur et/ou très fréquents.

Les zones d'aléa très élevé sont inconstructibles, dans la mesure où il n'existe pas de parade technique financièrement envisageable par rapport aux enjeux « classiques » (notamment d'urbanisation). Seuls des équipements structurants à maîtrise d'ouvrage publique peuvent être envisagés sous réserve d'études spécifiques.

5.4. PRINCIPES DE TRADUCTION REGLEMENTAIRE

Les principes de traduction réglementaire des aléas sont détaillés dans le règlement du PPR et illustrés par la grille de croisement des aléas présentée au Tableau 16 suivant. Les règles et prescriptions définies et propres à chaque zone ainsi que les différentes dispositions réglementaires applicables au titre du PPR de Saint-André sont décrites dans le règlement du dossier.

Les principes de croisement des aléas afin de définir le zonage réglementaire intègrent les principales règles suivantes (Tableau 16):

- 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 mouvement de terrain est traduit (en dehors de zones d'aléa fort inondation) suivant deux zones réglementaires (R2 = zone « rouge » 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 Naturel de la Réunion. Les terrains inclus au sein de ces 2 périmètres, classés en aléa moyen MVT, sont ainsi maintenus en zone R2. En dehors de ces espaces naturels, les principaux critères utilisés pour juger du caractère sécurisable sont les suivants :
 - o La capacité technique à protéger la zone considérée doit être garantie dans le cadre d'un projet éventuel ;
 - o 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 16 : Principe de traduction réglementaire des aléas du PPR de Saint-André

5.5. EXEMPLES DE CARTOGRAPHIE AU DROIT DE SECTEURS A ENJEUX

Afin d'illustrer le zonage d'aléa et le zonage réglementaire, quelques secteurs à enjeux 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. Il s'agit des secteurs suivants :

- Zone de loisir des berges de la Rivière du Mât – Fond Ilet – Aval RN2;
- Centre-ville, Ravine Sèche ;
- Bras de Chevrettes et Mencilol ;
- Bois Rouge.

La légende associée aux extraits cartographiques présentés est la suivante :

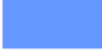
Niveau d'aléa MVT	Niveau d'aléa Inondation	Zonage réglementaire
 TRÈS ÉLEVÉ  ÉLEVÉ  MOYEN  FAIBLE  NUL	 FORT  MOYEN  FAIBLE  NUL	 R1  R2  B2  B2u  B3

Tableau 17 : Légendes des extraits cartographiques du projet de PPR

Secteur zone de loisirs des berges de la Rivière du Mât

Ce secteur se situe en rive gauche de la Rivière du Mât, au sud du chemin Canal Moreau et du quartier les Manguiers. Il est caractérisé par la présence d'une terrasse alluviale témoins de l'ancien lit majeur de la Rivière du Mât. C'est sur cette dernière que sont implantés les équipements de la zone de loisir.

Concernant le zonage de ce secteur, on distingue deux zones :

- La zone amont est d'avantage soumise à l'aléa inondation, le lit de la Rivière du Mât s'étendait autrefois jusqu'à un talus qui délimite la terrasse au sud. La hauteur de berge étant plus faible à cet endroit, il est estimé que des débordements peuvent survenir lors d'évènements exceptionnel. A ce titre, l'emprise de l'aléa fort inondation est plus importante qu'à l'amont.
L'emprise de l'aléa fort érosion de berge à cet endroit est établi grâce à la géologie du secteur. En effet, en l'absence de recul historique observé, un bandeau de 35 m depuis la limite de berge est cartographié. Il est lié à la présence d'alluvions récentes peu consolidées et donc fortement érodibles. Un bandeau de 10m en aléa moyen matérialisant l'incertitude quant à la propagation du phénomène érosif complète le zonage.
- La zone aval est caractérisée par la présence d'une encoche érosive. Elle est directement liée à la présence d'un phénomène érosif sur l'autre berge côté Bras-Panon (Figure 24). En effet, à cet endroit la berge forme un coude très prononcé redirigeant le flux hydraulique directement contre la rive gauche côté Saint-André. Le recul estimé d'après les ortho photos historiques est de 30 m entre 2003 et 2008 (voir chapitre 4.3.3.). Au droit du secteur, l'aléa inondation est limité par la hauteur importante de la berge subverticale (10 à 12 m de haut).

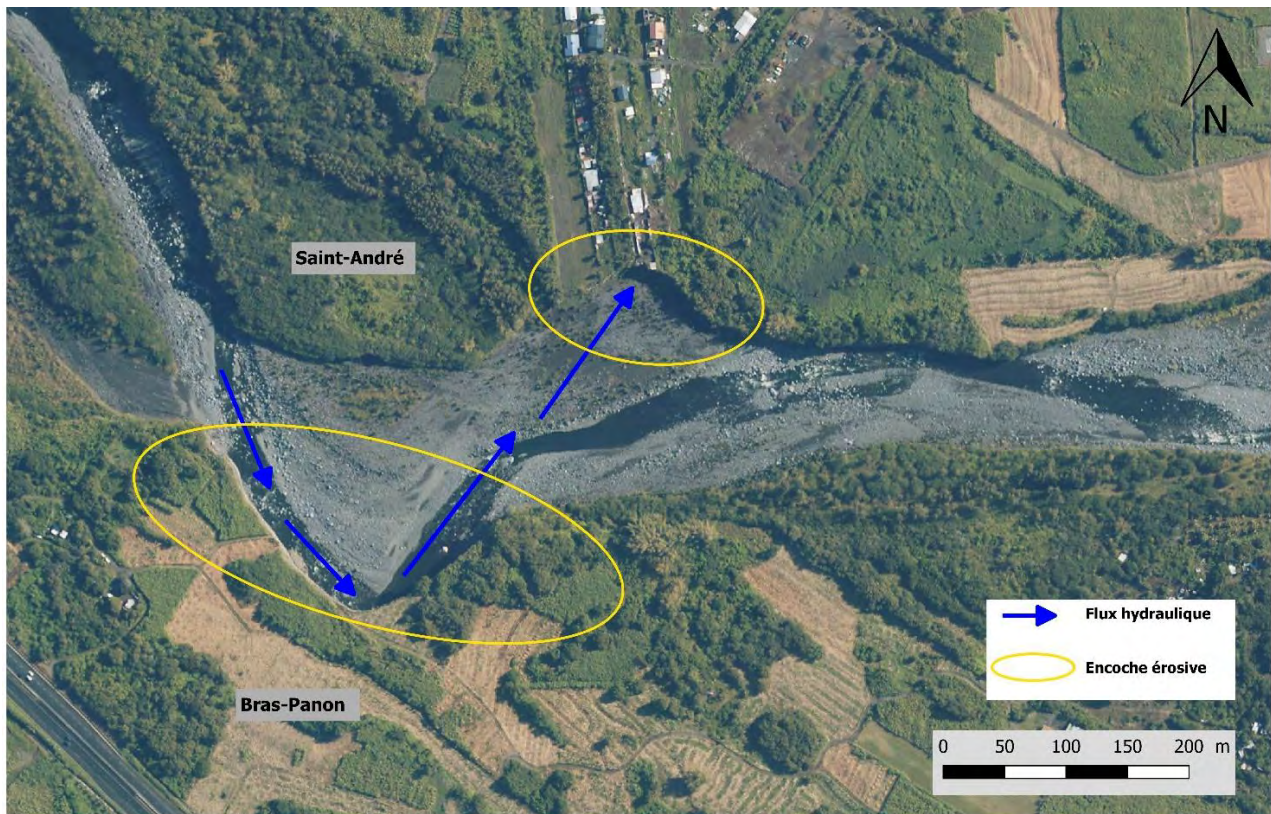
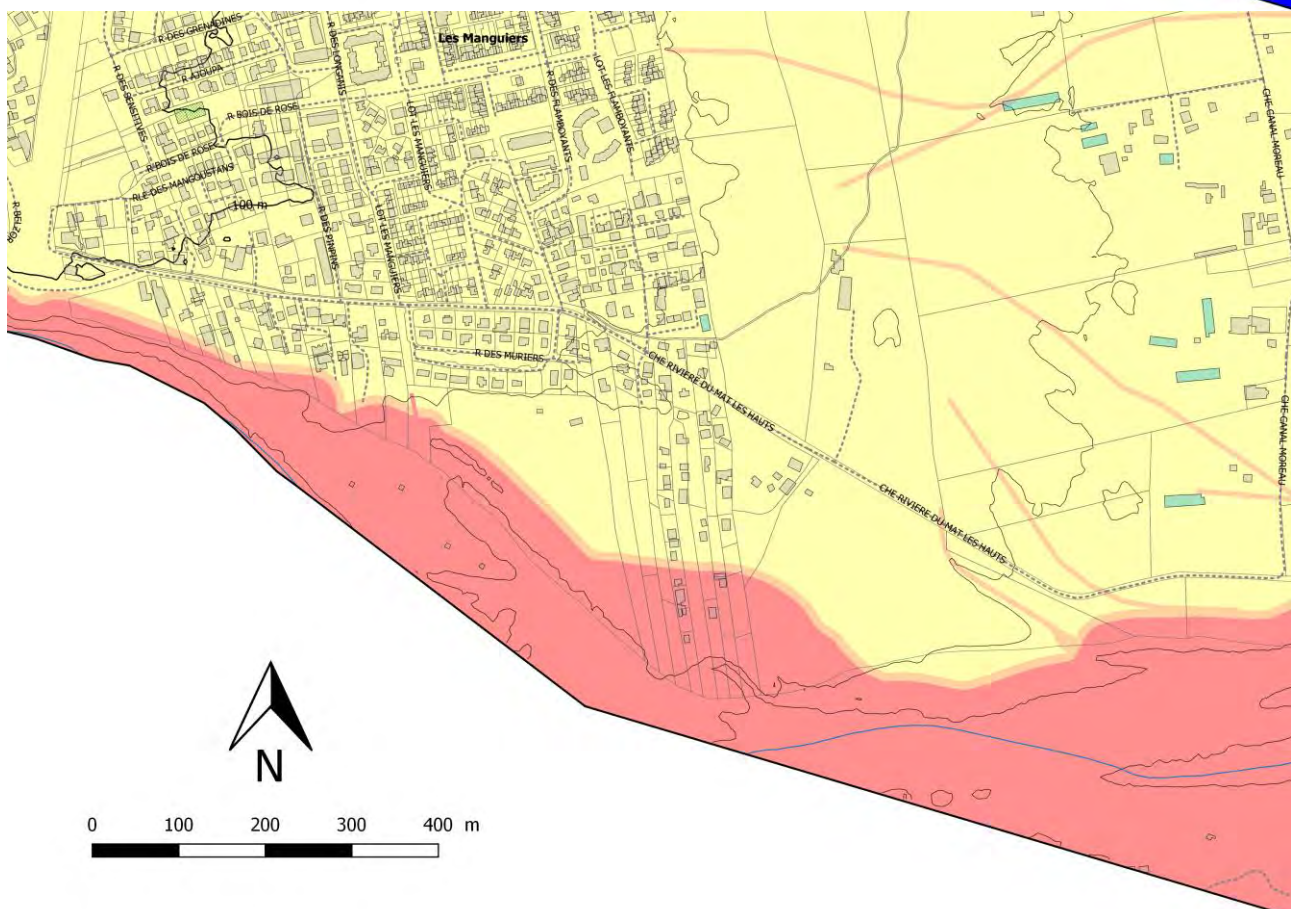
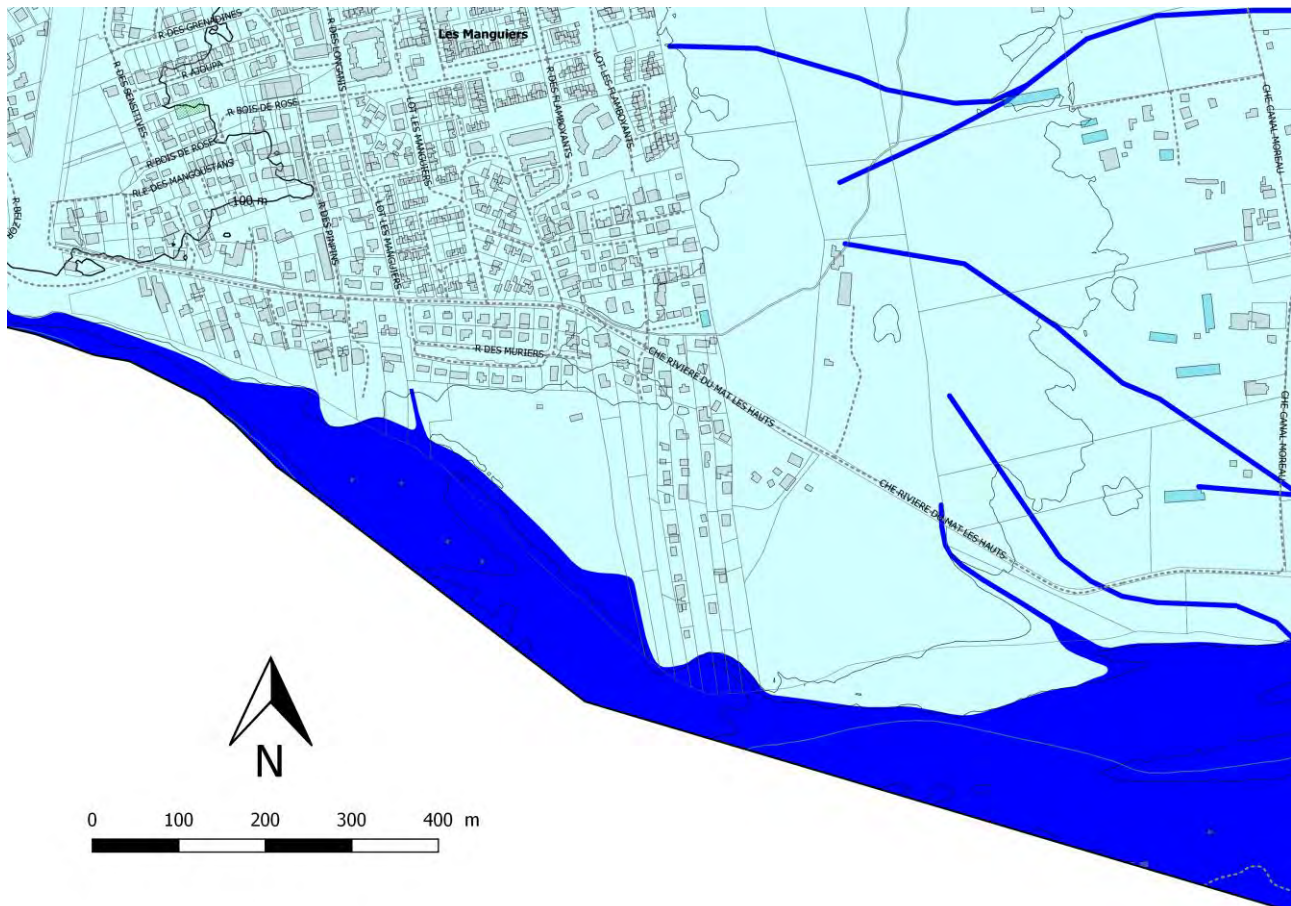
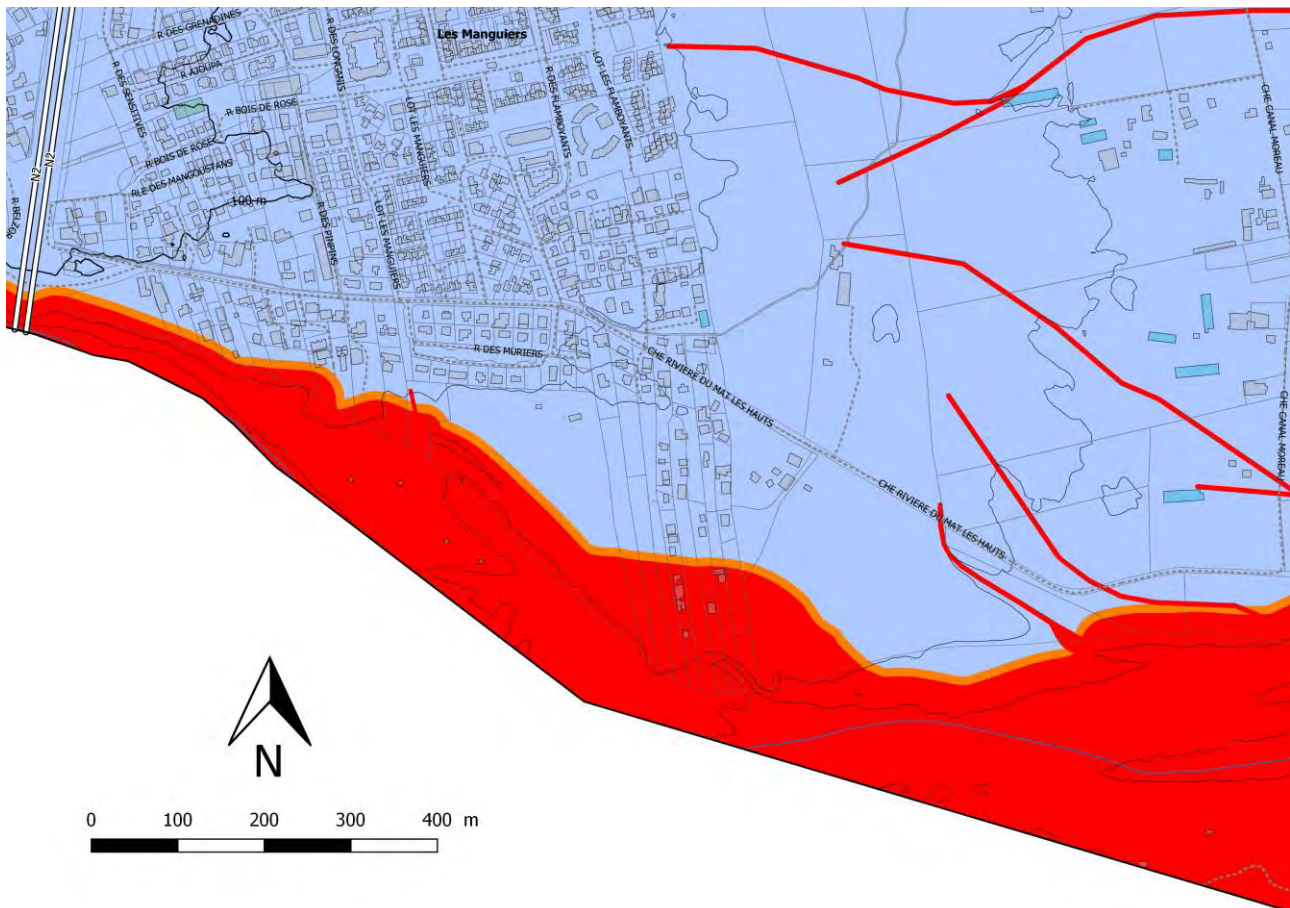


Figure 24: Interaction entre deux phénomènes érosifs au droit de la zone de loisir de la Rivière du Mât (Fond orthophoto 2008 @IGN).

Le zonage du mouvement de terrain est influencé par l'aléa érosion de berge. D'après le recul historique observé, un bandeau de 60m en aléa fort depuis la limite de berge est considéré. Ce bandeau est issu du recul historique à cet endroit, d'après lequel un taux de recul moyen de 0,6 m/an est établi. Cette valeur est ensuite multipliée par 100, soit la période de référence du PPR. Un bandeau de 10 m en aléa moyen vient compléter le zonage. Ce taux de recul très important est pondéré de part et d'autre de l'encoche pour tenir compte de la variation du taux de recul historique sur le linéaire.





Secteur Centre-Ville de Saint-André, Ravine Sèche

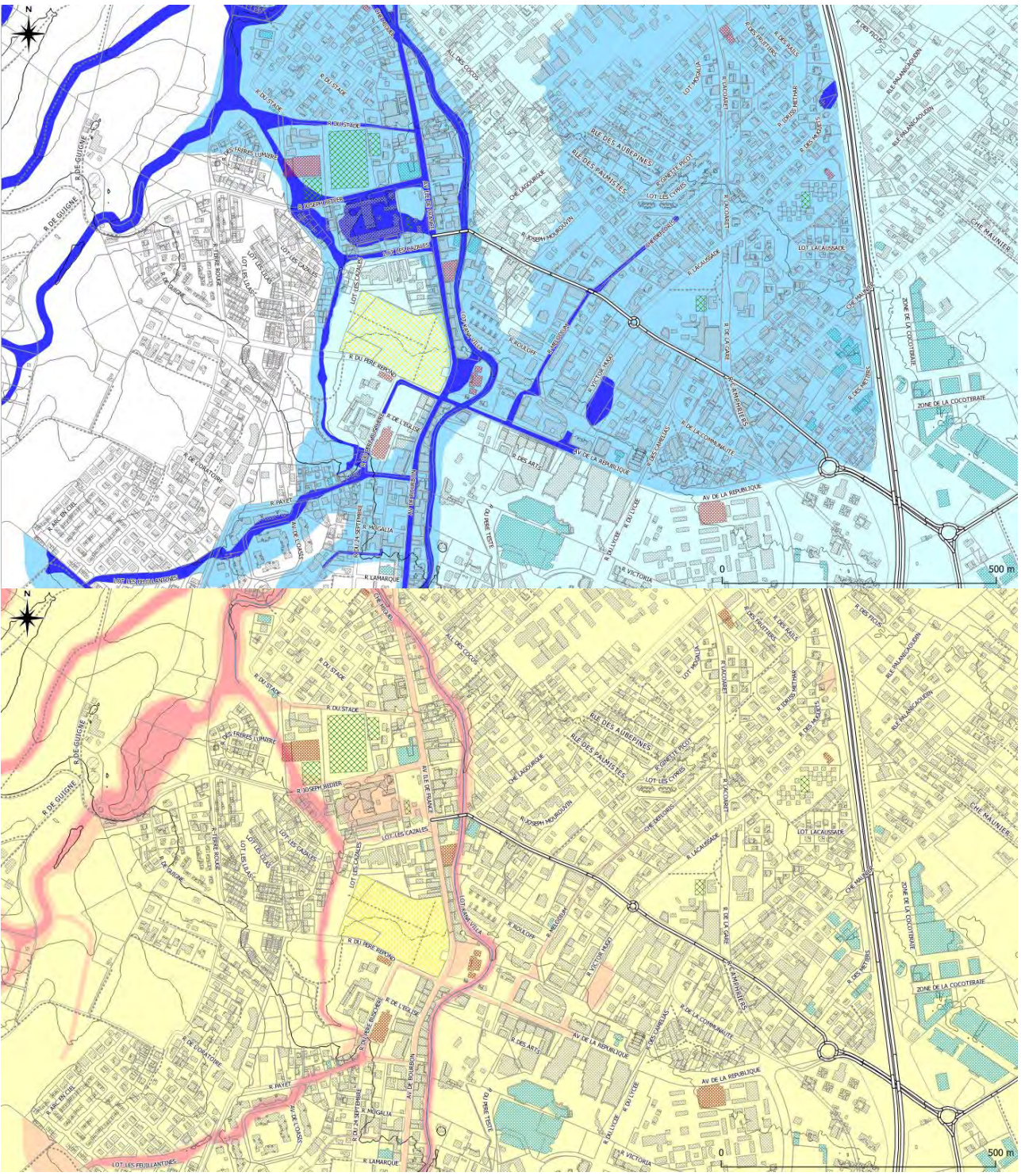
Le centre-ville de Saint-André est largement soumis à l'aléa inondation par débordement de cours d'eau, notamment de la Ravine Sèche. Lors d'évènements pluvieux récents (Fakir, 2018) ces débordements ont pu être observé ainsi que leurs conséquences.

Des études hydrauliques réalisées en novembre 2018 ont permis l'obtention de données utiles pour la caractérisation des aléas. En effet, dans le cadre de l'étude de la vulnérabilité sur le Territoire à Risque Inondation de Saint-André / Sainte-Suzanne (TRI), un modèle numérique de terrain précis ainsi qu'une modélisation hydraulique (@Artelia & @Hydrétudes) s'ajoutent à la connaissance actuelle de ce secteur.

La Ravine Sèche s'écoule le long d'un axe Sud-Nord jusqu'à se jeter dans la Grand Rivière Saint-Jean. Elle traverse le centre-ville de Saint-André et on reporte ainsi plusieurs ouvrages de franchissement le long de son cours. Du Sud au Nord :

- Le Pont Chemin Morin
- Le Pont Minot
- Le Pont de la République – Mairie
- Le Pont Auguste

Des débordements peuvent avoir lieu lors d'une crue centennale au niveau de ces ouvrages. En effet, le débit centennal du cours d'eau y est supérieur au débit capable des ouvrages hydrauliques. De plus, ce débit capable est réduit par l'apparition d'embâcles : les débris végétaux arrachés par la puissance du flux hydraulique viennent s'accumuler contre les ouvrages et accentuent le phénomène de débordement.



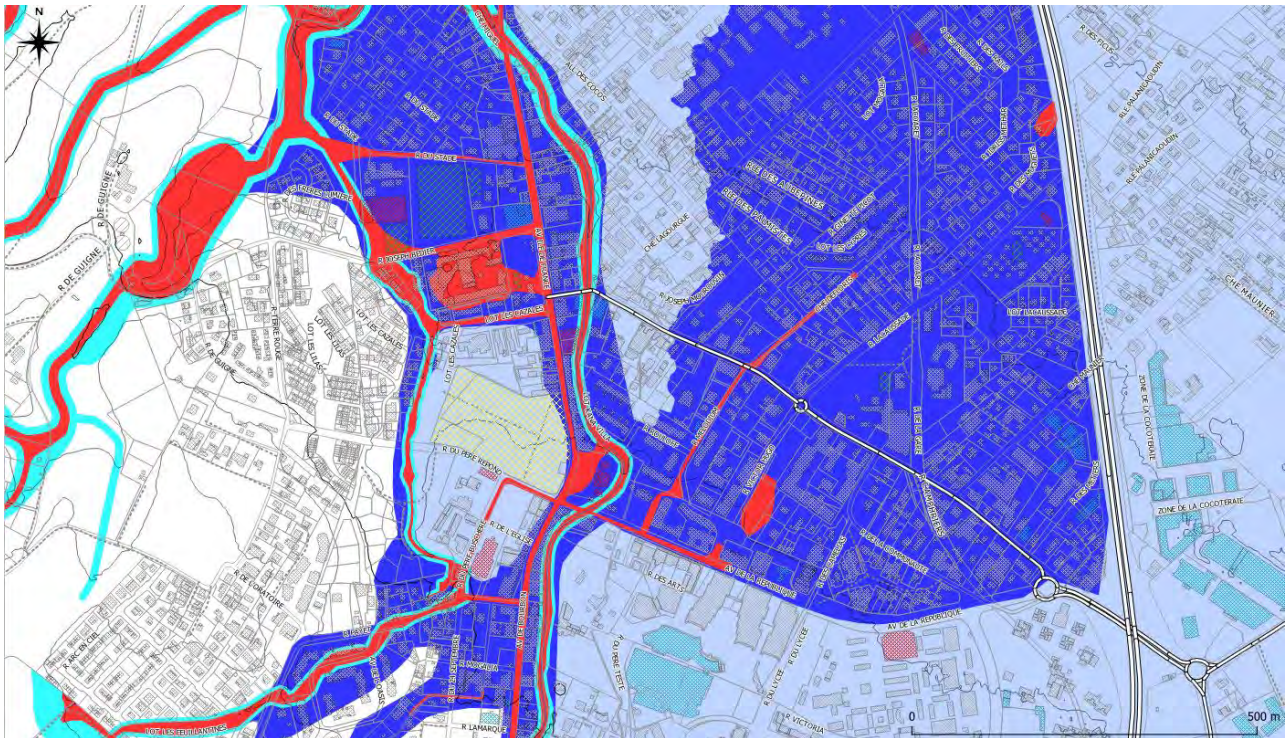


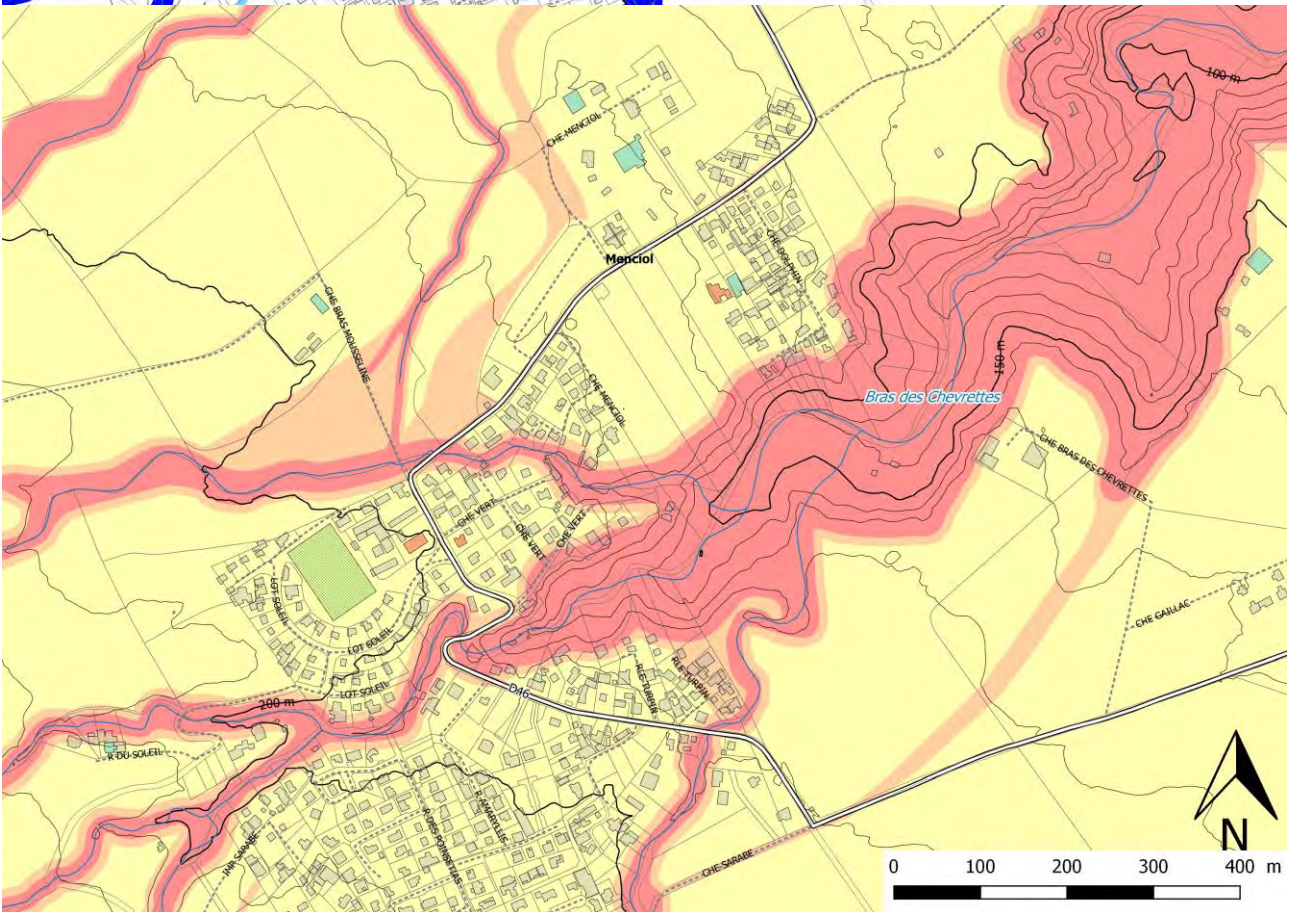
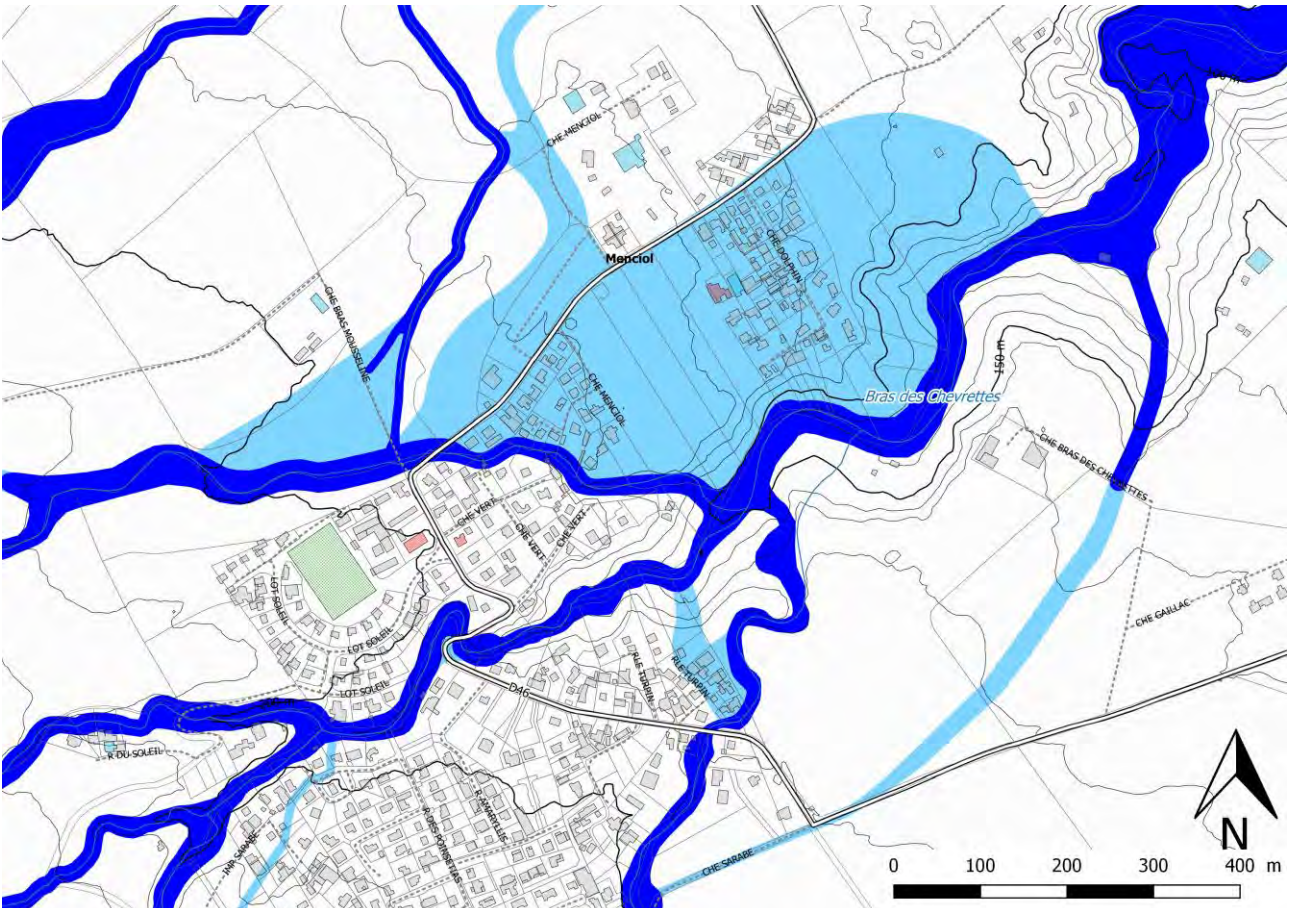
Figure 26 : Extraits de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et du projet de zonage réglementaire au droit du centre ville et de la Ravine Sèche.

Secteur Bras des Chevrettes et Menciol

Les quartiers de Bras de Chevrettes et Menciol se situent à la confluence de plusieurs cours d'eau s'écoulant du sud-ouest au nord-est dont Bras Mousseline, Bras de Chevrettes et Bras Mognon qui, en aval, sont rejoint par le Bras Lanus.

Cette zone a connu plusieurs inondations lors d'évènements climatiques particuliers (fortes pluies en 2005 par exemple). Sa localisation, à la confluence de plusieurs cours d'eau, est un facteur aggravant pour le risque inondation.

Le Bras des Chevrettes présente un risque fort de mouvement de terrain principalement par érosion des berges et chute de pierre. En effet, en rive gauche notamment, on relève des pentes importantes.



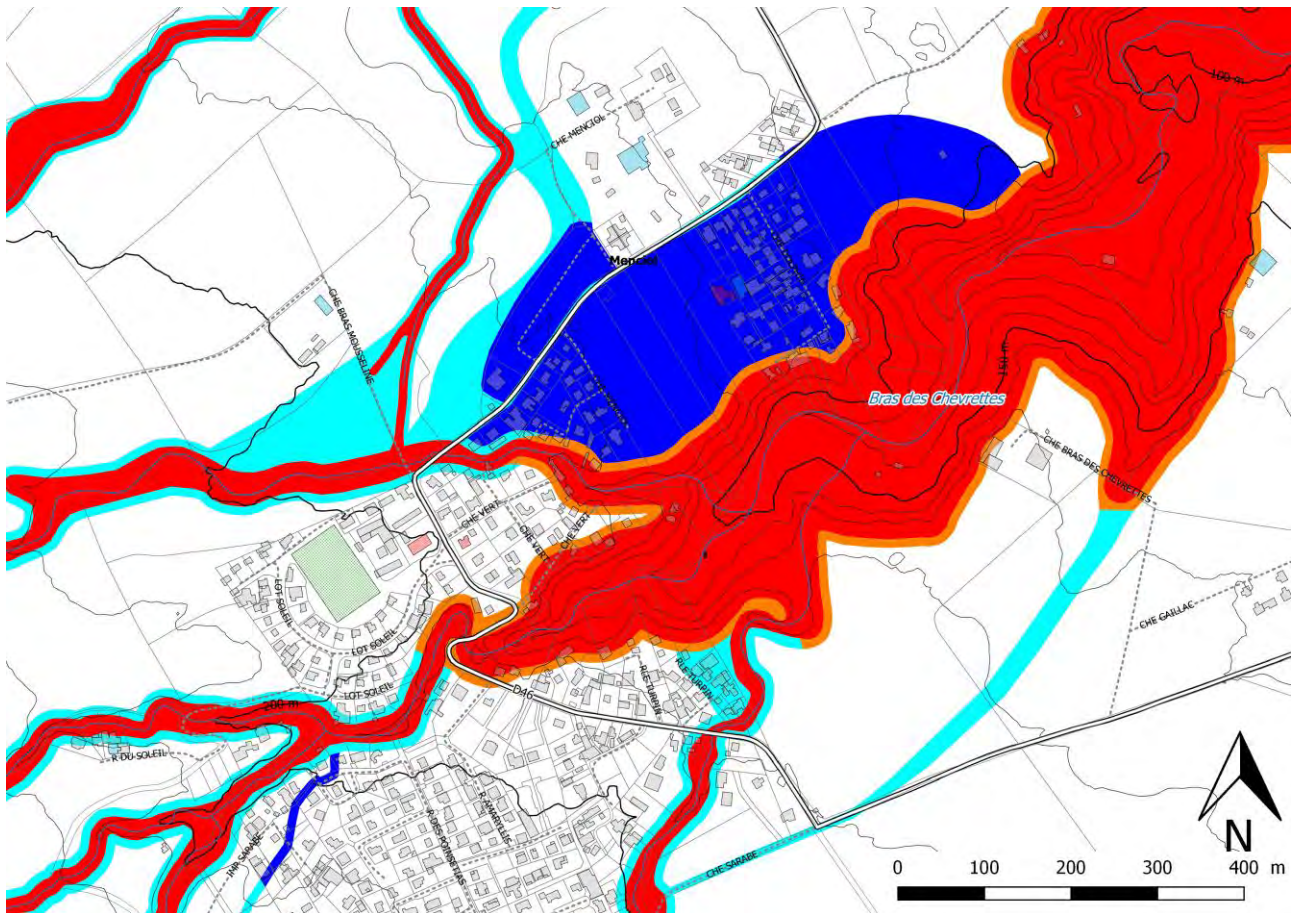


Figure 27 : Extraits de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et du projet de zonage réglementaire au droit du quartier Bras de Chevrettes.

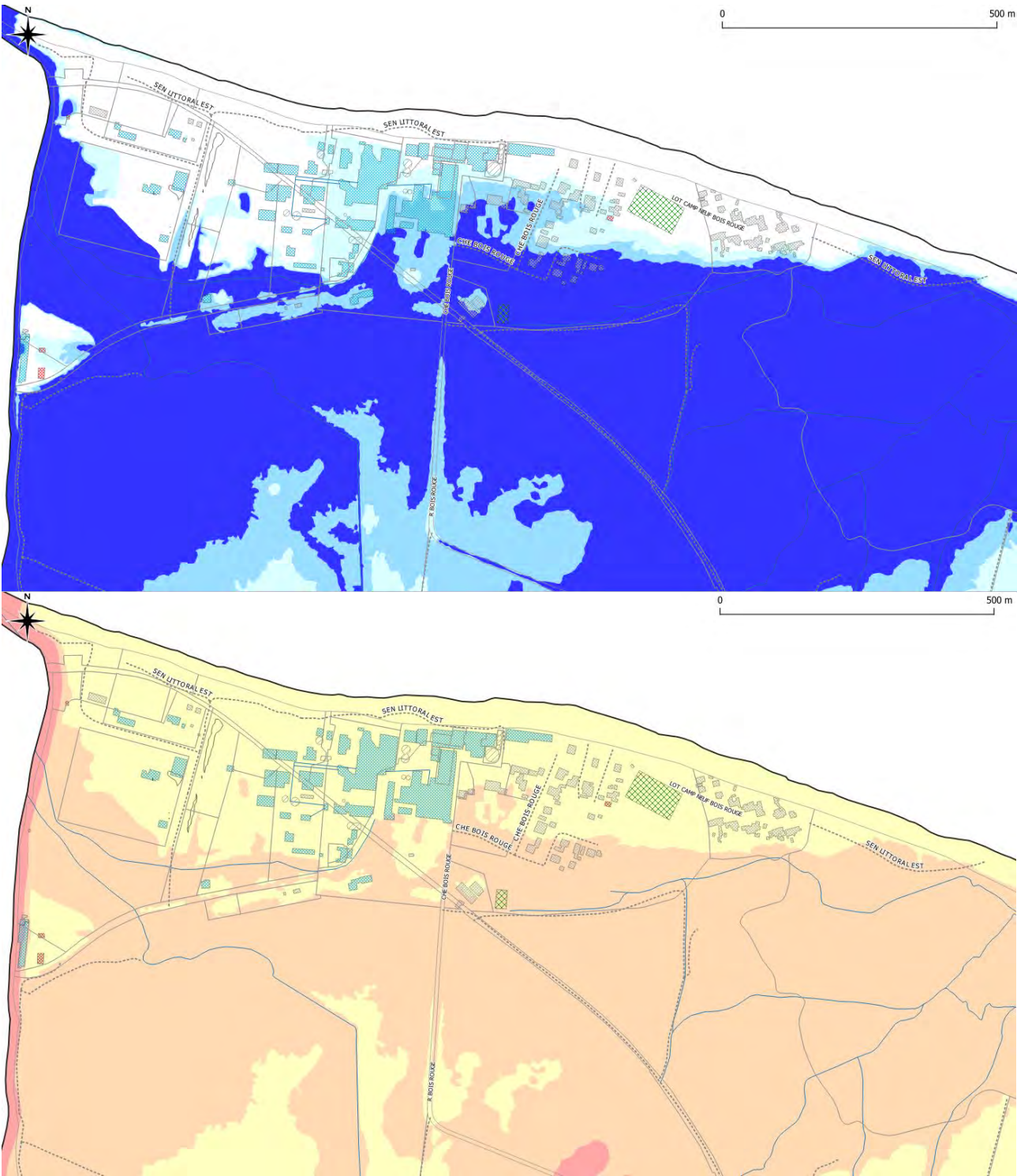
Secteur de Bois Rouge

Le dernier secteur se situe entre la Grande Rivière Saint-Jean à l'ouest et l'étang de Bois Rouge à l'est. C'est une plaine littorale marquée par un relief et une altitude très peu marqués qui est concernée par un risque à minima moyen d'inondation.

Les eaux de la Grande Rivière Saint-Jean et son affluent à régime intermittent, la Ravine Sèche, peuvent facilement déborder après le quartier Cambuston sur un territoire agricole. La centrale thermique de Bois Rouge se situe dans cette zone au bord de la côte.

Plusieurs épisodes de précipitations intenses ont conduit au débordement des cours d'eau de cette zone. Il s'agit, pour les plus récents, des fortes pluies de décembre 2016 et de la tempête tropicale Fakir en 2018.

Des études hydrauliques réalisées en 2011 (étude générale PGRI) du bassin versant de la Grande Rivière St Jean, SOGREAH) et novembre 2019 (étude de la vulnérabilité sur le Territoire à Risque Inondation de Saint-André / Sainte-Suzanne, ARTELIA) ont permis l'obtention de données utiles pour la caractérisation des aléas.



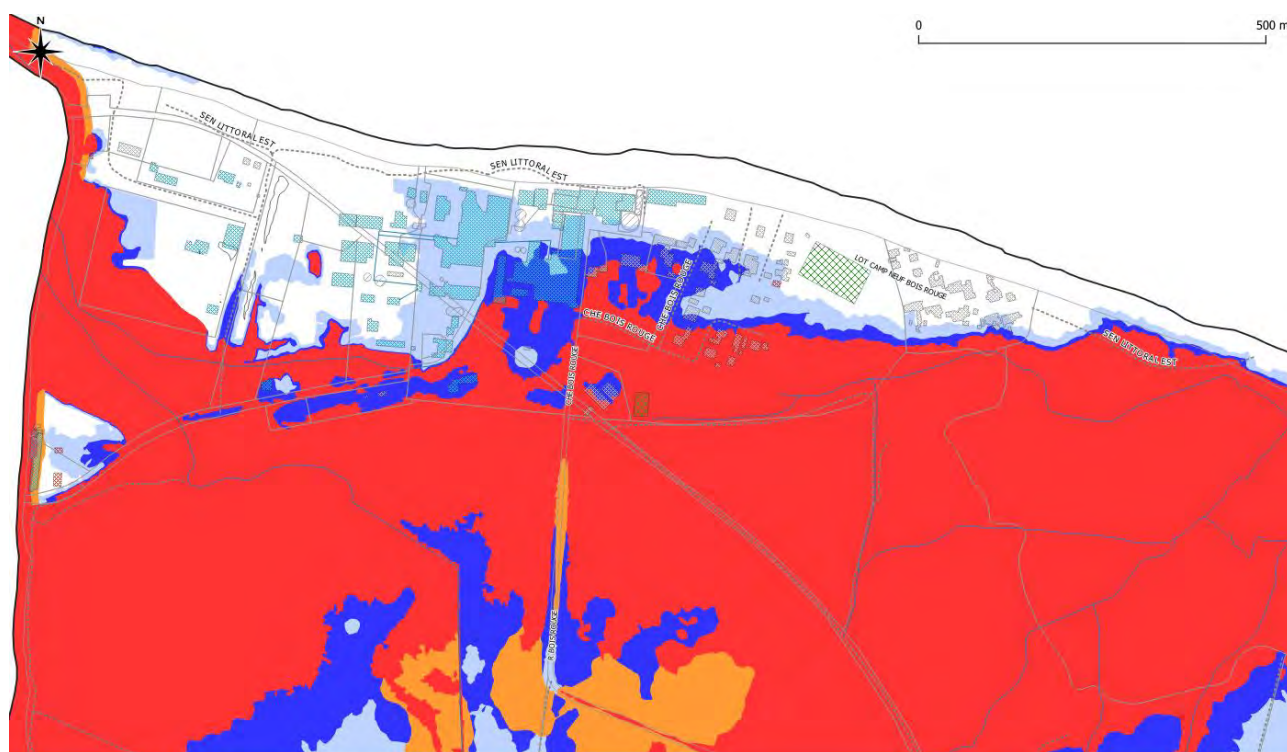


Figure 28 : Extraits de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et du projet de zonage réglementaire au droit du secteur de Bois Rouge.

6. Lexique des sigles et termes techniques

Sigles

I.C.P.E.	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
P.L.U.	Plan Local d'Urbanisme
P.O.S.	Plan d'Occupation des Sols
P.K.	Point Kilométrique
PPR	Plan de Prévention des Risques
PPRi.	Plan de Prévention des Risques Inondation
PPR MVT.	Plan de Prévention des Risques Mouvements de Terrain
P.R.	Point Repère
R.D.	Route Départementale
R.H.I.	Résorption de l'Habitat Insalubre
R.N.	Route Nationale
T.O.C.	Tempête – Ouragans – Cyclones
Z.A.C.	Zone d'Aménagement Concerté
Organismes / Administrations	
B.C.T.	Bureau Central de Tarification
B.R.G.M.	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
C.A.H.	Commissariat à l'Aménagement des Hauts
C.I.R.A.D.	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
D.A.A.F.	Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
D.E.A.L	Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
E.M.Z.P.C.O.I.	Etat-Major de Zone de Protection Civile – Océan Indien
I.G.N.	Institut national de l'information géographique et forestière
I.N.S.E.E.	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
O.N.F.	Office National des Forêts
S.H.O.M.	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

Termes techniques

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

STPC : Schémas techniques de protection contre les crues.

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

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

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

7. Principaux textes officiels

7.1. LEGISLATION - REGLEMENTATION

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

7.2. PRINCIPALES CIRCULAIRES

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

7.3. PUBLICATION DE GUIDES

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

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

10. Conclusions

Afin d'améliorer la compréhension par les usagers (particuliers, services instructeurs en collectivité, aménageurs) de la méthodologie employée pour la caractérisation des aléas MVT (chute de blocs, glissement de terrain et érosion) dans les procédures PPR des communes de La Réunion, chaque méthode de caractérisation des aléas est décrite avec la proposition d'outils d'aide à la cartographie. Ces outils intègrent les récentes évolutions à l'échelle nationale, adaptées au contexte réunionnais. Ces outils se traduisent par l'élaboration de grilles de qualification des aléas intégrant les notions de probabilité d'occurrence et d'intensité pour chaque aléa MVT étudié.

Les différentes grilles méthodologiques d'aide à la qualification des aléas MVT (chute de blocs, glissement de terrain, érosion) sont détaillées, justifiées et illustrées par des cas concrets de zonage de PPR en cours ou approuvés au droit de secteurs de La Réunion dans les paragraphes précédents. L'ensemble des grilles est rappelé dans les tableaux de synthèse des pages suivantes avec les principales consignes d'utilisation. **Ces outils sont des aides à la décision pour l'expert en charge de l'élaboration des cartes d'aléas. L'expertise de terrain prévaut sur l'application stricte de ces éléments méthodologiques.**

Concernant le zonage de l'aléa MVT, les évolutions proposées concernent principalement la simplification de « l'indichage » des aléas avec, pour les secteurs concernés par plusieurs aléas, la prise en compte du niveau d'aléa le plus élevé pour définir le niveau de l'aléa MVT « résultant ». De plus, le niveau d'aléa « faible à modéré » sera simplifié par un niveau d'aléa faible.

Concernant **la prise en compte des ouvrages existants** dans la cartographie des aléas et leur traduction réglementaire dans les PPR, il est proposé de s'inscrire dans la démarche initiée par le groupe de travail « cotech n°2 » dans le cadre de la révision des guides PPR en montagne. Les logigrammes d'analyse de l'efficacité des ouvrages existants, établis dans ce groupe de travail, seront intégrés dans la réflexion afin de statuer sur la prise en compte ou non des ouvrages existants dans les zonages. D'une manière générale, en zone d'aléa élevé MVT, les terrains exposés situés à l'aval d'ouvrages existants resteront inconstructibles (R1 ou R2) suivant une distance à l'aval à définir au cas par cas. En zone d'aléa moyen MVT, l'analyse de l'efficacité de l'ouvrage permettra de préciser le zonage d'aléa ainsi que sa traduction réglementaire (R2 ou B2u). Pour les problématiques d'événements majeurs (effondrement de bordure de rempart entraînant un recul ou éboulement / glissement de grande ampleur), les éventuels ouvrages présents dans les secteurs concernés ne seront pas considérés dans l'élaboration du zonage de l'aléa MVT et sa traduction réglementaire.

Concernant **la traduction réglementaire de l'aléa moyen MVT**, sur la base des éléments présentés précédemment, il est proposé une **évolution de l'approche B2u, zone réglementaire constructible avec prescriptions, notamment sous la condition de réalisation d'une étude géotechnique.**

La traduction réglementaire des zones d'aléa moyen MVT en zone **B2u** (principe de constructibilité) s'appuie sur plusieurs critères permettant de définir les secteurs à enjeux jugés sécurisables au sein desquels le classement B2u sera retenu. Les zones exclues de la démarche, par ordre de priorité, seront les suivantes :

PPR de La Réunion – Propositions d'évolutions méthodologiques

- Les terrains situés au sein du cœur du Parc National de La Réunion et dans les espaces naturels forestiers (d'ores et déjà inconstructibles). Cette mesure semble donc être de bon sens et en cohérence avec le classement de ces espaces protégés ;
- Les terrains situés dans les espaces naturels (zone N du document d'urbanisme en vigueur de la commune) concernés par des problématiques de chute de blocs et d'éboulement. Concernant l'aléa rocheux, seules les problématiques de remobilisation de blocs sur pentes pourront être considérées dans la réflexion pour la traduction réglementaire de l'aléa moyen MVT (R2 ou B2u), du fait, pour certaines zones concernées, de possibilités de sécurisation généralement plus simple à mettre en œuvre avec un coût raisonnable à l'échelle des projets. L'analyse au cas par cas permettra de définir le classement réglementaire pour ces secteurs ;
- Les terrains dont la capacité de sécurisation n'est pas garantie à l'échelle de projet d'aménagement pouvant se développer au sein de ces mêmes zones en considérant la période de référence du PPR (soit les 100 prochaines années).

Les zones d'aléa moyen MVT concernées par l'analyse de la capacité de sécurisation sont les suivantes :

- Les zones en recul de berges et d'encaissements peu à moyennement prononcés de ravines (quelques mètres à dizaine de mètres d'encaissement) ;
- Les zones de ravinement au sein des planèzes ;
- Les zones d'érosion dans les thalwegs, lit de ravine de faible envergure et zones de débordement cartographiés en aléa moyen inondation ;
- Les talus en déblais de hauteur significative (talus routier notamment) ;
- Les versants concernés par des problématiques de remobilisation de blocs.

Les capacités de sécurisation au sein de ces zones seront jugées « possibles » suivant une approche d'expertise privilégiant les observations de terrain.

Les principaux critères retenus pour considérer la capacité de sécurisation des terrains classés en aléa moyen MVT (érosion et glissement principalement) sont les suivants :

- L'absence d'aléa élevé MVT limitrophe à la zone d'aléa moyen MVT considérée permet de considérer en règle générale une possibilité de sécurisation. Les principales exceptions (terrains classés en aléa moyen MVT sans aléa élevé limitrophe) sont :
 - les zones d'aléa moyen MVT circonscrites au talus routiers où l'aménagement futur est difficilement envisageable à l'échelle du PPR même si certains peuvent être « sécurisés », l'absence d'espace de ces zones ne permet d'envisager d'aménagement ;
- les zones d'encaissement de ravines peu prononcé avec une hauteur inférieure à 10 voire 15 m et une pente moyenne inférieure à 30 - 35° où peuvent être cartographiés des zones d'aléa moyen (au sein et/ou en recul de ces configurations morphologiques) seront considérées en général comme sécurisables. Toutes les configurations morphologiques plus prononcées seront exclues du fait de l'ampleur des travaux de sécurisation potentiellement nécessaire pour les sécuriser. Les observations dans les encaissements de ravines à La Réunion afin de sécuriser les berges et les terrains en recul tendent à montrer l'absence d'ouvrage au-delà de plusieurs mètres à dizaines de mètres d'encaissement, ce qui tend à confirmer les difficultés de sécurisation dans des configurations très prononcées.
- Les configurations de terrain favorables aux travaux de sécurisation permettant « d'éliminer » l'aléa à l'origine de l'aléa moyen MVT, comme les travaux de terrassement

ou d'enlèvement de blocs à la surface de talus par exemple. Ce type de configuration, notamment en zone urbaine, nécessite un minimum d'espace de part et d'autre de la zone d'aléa afin de faciliter les opérations de talutage et de terrassement. A contrario les terrains exigus avec notamment la présence d'avoisinants (bâti, route) où les travaux ne sont pas envisageables sans mobiliser un foncier conséquent et potentiellement non maîtrisé ne seront pas considérés comme sécurisables.

Concernant la réalisation de l'étude géotechnique prescrite dans le règlement du PPR en zone B2u, elle devra intégrer l'ensemble des risques auxquels le projet est exposé (notion de bassin de risques) et s'assurer que le projet n'aggrave pas la situation pour les avoisinants. Cette étude sera établie par le particulier ou aménageur concerné et transmise lors de sa demande de permis d'aménager ou de construire sur les terrains classés en B2u. Elle permettra de préciser les conditions de réalisation du projet en définissant (dimensionnement) les ouvrages de protection adaptés au projet. La réalisation de cette étude pourra ainsi conclure à deux cas de figure :

- confirmation de la possibilité d'aménager avec la définition des ouvrages à réaliser, intégrés d'un point de vue technique et financier dans l'enveloppe du projet ;

ou

- au contraire, les reconnaissances complémentaires et l'analyse menées par le géotechnicien pourront dans certains cas conclure à la définition de mesures de sécurisation trop contraignantes à l'échelle du projet envisagé ne permettant pas de le réaliser (pour des raisons techniques ou économiques).

La traduction réglementaire en zone B2u au PPR implique à l'échelle du particulier, de l'aménageur, la prise en compte de l'aléa moyen MVT dans son projet.

ALÉA CHUTE DE BLOCS (P) – RECU DE REMPART (H>100m)

Probabilité d'occurrence		Niveau d'aléa MYT				Commentaires
Moyenne	Configuration morphologique de l'encastrement rectiligne sans méandre marqué en pied de rempart et sans pertes très fortes au sein de l'encastrement (morphologie homogène) + pas d'évolution historique connue de la crête du rempart via l'analyse comparative des orthophotos IGN disponibles + aucun indice de surface en recul de la crête de rempart pouvant témoigner d'une activité dans le siècle à venir (pas de fissures ouvertes, ni de panneaux affaissés)	Faible (P1) au-delà des ailes très élevé à moyen	Moyen (P2) sur une bande fortifiée de 10 m en recul de l'aile élevée	Elevé (P3) sur une distance équivalente à H/10 en recul de l'aile très élevée	Très Elevé (P4) sur 5 à 10 m en recul de la crête du rempart	Cas des remparts sans évolution historique : % probabilité d'occurrence moyenne
Forte	Configuration morphologique de l'encastrement favorable à une évolution sur le siècle à venir avec : % une évolution historique connue et significative de la crête du rempart avec recul constaté ou % des indices de surface en recul de la crête de rempart pouvant témoigner d'une activité dans le siècle à venir (par exemple présence de fractures ouvertes et/ou de panneaux affaissés)				Très Elevé (P4) sur une distance équivalente au recul constaté par le passé ou jusqu'aux indices observés en recul de la crête	Cas des remparts avec des évolutions passées significatives : % probabilité d'occurrence forte

Diagramme 3D d'un rempart montrant la hauteur H et la zone de recul de 10m.

ALÉA CHUTE DE BLOCS (P) – ÉBOULEMENT DE GRANDE AMPLEUR

Probabilité d'occurrence		Phénomène de grande ampleur : Volume > 10 000 m³		Commentaires
		Intensité = très élevée		
Faible	Extension maximale de la zone impactée par un événement historique (par des pierres, éclats de taille restreinte (moins d'1 m²)) : ou Zone éloignée de l'extension maximale prévisible pour un événement de grande ampleur sur la période de référence	Moyen (P2) : bande fortifiée définie à titre d'expert		
Moyenne	Extension maximale de la zone impactée par un événement historique (par des blocs de plus d'1 m³)	Élevé (P3) : jusqu'au dernier bloc éboulé (1m³ et plus)		
Élevées	Paroi, rempart de plus de 100 m de hauteur + Terrains en pied de paroi directement exposés aux phénomènes de grande ampleur	Très élevé (P4)		

PPR de La Réunion – Propositions d'évolutions méthodologiques

ALEA CHUTE DE BLOCS (P) – CHUTE DE BLOCS

Probabilité d'occurrence		Probabilité d'atteinte			Commentaires
		Faible $P < 10^{-6}$	Moyenne $10^{-6} < P < 10^{-4}$	Forte $10^{-4} < P < 10^{-2}$	
Indice d'activité	Faible 1 bloc tous les 100 ans	faible	moyenne	Très élevée $10^{-2} < P$	Zone de départ : à partir du MNT de La Réunion (résolution de 5 m) correspondant aux valeurs de pentes supérieures à 48.7°. Indice d'activité : la fréquence avec laquelle des volumes de roches se mettent en mouvement, à partir notamment des données historiques (événements). Cette fréquence est assimilée au délai dans lequel la chute de bloc ou l'éboulement le plus probable, exprimé de façon qualitative, est susceptible de survenir sur la période de référence considérée (100 ans à venir). D'une manière générale à La Réunion, cette probabilité de départ sera souvent considérée comme de niveau fort, voire moyen (1 bloc tous les ans à 10 ans) et rarement de niveau faible étant donnée la prédisposition des parois rocheuses du département à générer des instabilités de ce type. Probabilité d'atteinte : définie à partir de la méthode de la ligne d'énergie ou par simulations trajectographiques. Les valeurs seules proposées (issues de MEZAP) peuvent évoluer selon les auteurs et l'analyse du site. D'une manière générale à La Réunion, l'analyse de cas historiques (S7) tend à montrer des atteintes jusqu'aux valeurs d'angles de l'ordre de 38 à 40° voire plus (=probabilité d'atteinte forte).
	Moyen 1 bloc tous les 10 ans	moyenne	moyenne	Très élevée	
	Fort 1 bloc par an	moyenne	élevée	Très élevée	

Alea chute de blocs (P)		Intensité			Commentaires
		Volume < 0,25 m³	$0,25 \text{ m}^3 < V < 1 \text{ m}^3$	$1 \text{ m}^3 < V < 10 \text{ m}^3$	
Probabilité d'occurrence	Faible	Faible (P1)	Moyen (P2)	Élevé (P3)	Intensité : c'est la quantité de roche, exprimée en volume, qui peut être destabilisée et mise en mouvement. Ces volumes potentiellement mobilisables décrivent l'intensité attendue des phénomènes. L'intensité est associée à l'endommagement potentiel engendré par une atteinte à des enjeux (ici un bâtiment d'habitation « classique » est pris comme référence pour évaluer cet impact). A La Réunion, l'analyse de cas historiques (S7) tend à montrer des volumes unitaires de l'ordre du m³. Aleá chute de blocs (P) : méthode conditionnée par l'indice d'intensité , considéré comme très fréquemment élevé (bloc de plus d'1 m³ susceptible d'atteindre les enjeux sur les 100 prochaines années pour la plupart des parois rocheuses considérées sauf quelques exceptions). Ainsi, cela implique un aléa rocheux de niveau élevé (P3) en tout point d'atteinte en contrebas, dont l'évaluation de la superficie est définie en fonction de la configuration de la paroi, quel que soit l'indice d'activité de la paroi considérée, avec l'application d'une valeur d'angle de la ligne d'énergie : - de l'ordre de 38 à 40° pour les configurations de parois très redressées (pente moyenne de l'ordre de 50° voire plus sur toute la hauteur) avec terrain plat ou faiblement pentu en pied ; - de l'ordre de 32 à 33° pour les configurations de versants plus propices aux propagations à l'aval des zones de départ (configurations où des terrains pentus sont présents sous la paroi dominante). Afin de maintenir une gradation des aléas MVT dans ces configurations de terrains exposés à l'aléa rocheux, une bande forfaitaire d'aléa moyen MVT (P2) est définie à l'aval, de largeur variable définie à dire d'expert selon la configuration de la zone (minimum 10 à 20 m, largeur variable selon la configuration morphologique). Ce niveau d'aléa traduit l'incertitude dans les zones atteintes au-delà des zones d'aléa fort considérées, notamment pour d'éventuels projections / éclats aux trajectoires parfois importantes, voire au-delà de celles des blocs considérés. Pour d'autres volumes unitaires considérés (moins d'1m³), la méthodologie décrite s'applique.
	Moyenne	Faible (P1)	Moyen (P2)	Élevé (P3)	
	Élevée	Moyen (P2)	Élevé (P3)	Très élevé (P4)	
	Très élevée	Élevé (P3)	Très élevé (P4)	Très élevé (P4)	

ALEA CHUTE DE BLOCS (P) – REMOBILISATION DE BLOCS SUR PENTES

PPR de La Réunion – Propositions d'évolutions méthodologiques

Probabilité d'occurrence		Probabilité d'atteinte, en cas de remobilisation β = valeur d'angle de la ligne d'énergie			Commentaires
Indice d'activité	Description des facteurs attendus pour l'indice d'activité (non cumulé)	Faible : $\beta < 32^\circ$ + Pente des terrains $> \text{à } 20^\circ$	Moyenne $32^\circ < \beta < 35^\circ$	Fort $\beta > 35^\circ$	Zone de départ (de remobilisation) : la valeur à considérer au-delà de laquelle les remobilisations de blocs sont jugées possibles est comprise entre 22 et 28° selon les observations de terrains et l'historique connu. Une valeur moyenne de 25° sera retenue par défaut. Probabilité d'atteinte : nécessité de fortes pentes sous la zone de remobilisation de blocs. En dessous des valeurs d'angle de la ligne d'énergie (32 à 33°), la propagation est considérée comme limitée à l'emprise des zones de remobilisation (ou de départ), soit aux terrains de pente supérieure à 25° en moyenne) et des terrains directement exposés à l'aval mais moins pentus favorisant l'arrêt progressif des blocs. La valeur de pente des terrains à l'aval passant sous les 20° voire 25° sur une distance significative (au moins 10 à 20 m) traduit généralement cette distance progressive d'arrêt des blocs.
	Présence de fort pénétre ou d'obstacles naturels dans la pente				
	Faible sensibilité à l'érosion des terrains du versant (terrains indurés, rocheux)				
	Pas d'historique connu / 1 événement tous les 100 ans / peu de blocs dans le versant et les zones exposées				
faible	Incertitude sur la présence d'obstacles pénétrants (fort, andains, meubles végétales)				faible
	Sensibilité moyenne à l'érosion des terrains du versant (terrains meubles végétales)				
	Historique connu / 1 événement tous les 10 ans / plusieurs blocs dans le versant et les zones exposées				
	Pas d'obstacles dans les pentes				
moyen	Fort sensibilité à l'érosion des terrains du versant (« grilles d'érosion » visibles, terrains meubles en surfaces, non végétalisés)				moyenne
	Historique connu et fréquent ou 1 événement tous les 1 ans ou nombreux blocs dans le versant et les zones exposées				
fort					moyenne
élevée					élevée

Aléa chute de blocs (P)	Intensité			Commentaires
	Volume < 0,25 m³	Volume < 1 m³	Volume > 1 m³	
	Faible (P1)	Moyen (P2)	Moyen (P2) si des travaux sont réalisables à l'échelle de la collectivité	
			Élevé (P3) sinon	
Probabilité d'occurrence	Moyenne	Faible (P1)	Moyen (P2)	Moyen (P2) si des travaux sont réalisables à l'échelle de la collectivité
			Élevé (P3) sinon	Élevé (P3) sinon
	Élevée	Moyen (P2)	Moyen (P2) si des travaux sont réalisables à l'échelle de la collectivité	Élevé (P3) sinon
			Élevé (P3) sinon	Élevé (P3) sinon



ALÉA GLISSEMENT DE TERRAIN – COULÉE DE BOUE (G)

Probabilité d'occurrence	Description des facteurs attendus	
	Elevée	Glissement actif avec traces de mouvements récents ou Glissement ancien non stabilisé / coulée de boue connue non stabilisée ou Glissement potentiel / coulée de boue potentielle : - classe « sol » 1 + pente supérieure à 25° + présence de facteurs aggravants - classe « sol » 2 + pente supérieure à 30° + présence de facteurs aggravants - classe « sol » 3 + pente supérieure à 35° + présence de facteurs aggravants
		Glissement ancien connu stabilisé / coulée de boue ancienne, avec doute sur l'entretien des aménagements ou non confortés ou Glissement potentiel / coulée de boue potentielle : - classe « sol » 1 + 20° < pente < 25° + absence de facteur aggravant prépondérant - classe « sol » 2 + 20° < pente < 30° + absence de facteur aggravant prépondérant - classe « sol » 3 + 25° < pente < 35° + absence de facteur aggravant prépondérant
		Faible Pentes inférieures au seuil définis pour la probabilité d'occurrence moyenne mais non nulles (supérieures à 5°)

Commentaires	
Sur la base des consignes nationales en matière de qualification de l'aléa MVT (pour les glissements de terrain), la cartographie de l'aléa MVT pour les phénomènes de glissements de terrain et de coulée de boue, s'appuie sur les facteurs suivants (qualitatifs voire quantitatifs) :	
facteurs de prédisposition, inhérents au milieu : - formations géologiques : classification selon leur nature, caractéristiques mécaniques, état d'altération, fracturation, épaisseur des faciès ; - morphologie : définition de classe de pentes et de configurations particulières (présence de talus anthropique par exemple). facteurs non permanents (généralement aggravants) : - indices de glissement de terrain (récents, anciens) - altitude : différence de pluviométrie ; - venue d'eau : résurgence, écoulement ou ruissellement concentré ; - végétation : présence ou non, culture en terrasse, etc. ; - activité humaine : ouvrages de protection, rejet d'eau concentré, non contrôlé présence de surcharge non soutenue, etc.	

Aspects	Types
Classe 1	Matériaux remaniés meubles
Classe 2	Matériaux remaniés à dominante rocheuse
Classe 3	Matériaux raidés / indurés
Classe 4	Matériaux rocheux

Classe 1	Matériaux remaniés meubles
Classe 2	Dépôts de glissement en masse, de coulées de débris, éboulis, brèches sensibles à l'érosion, altérites type II, tufs en épannage meubles et altérés, cendres argilieuses
Classe 3	Brèches indurées, altérites type II, tufs altérés et indurés
Classe 4	Séries de basaltes, tufs soudés (type Maïdo), Ignimbrites, trachytes, syénites, gabbro, altérites type I

Intensité	Description des facteurs attendus – Glissement de terrain	
	Très élevée	Parade au couit prohibitif et/ou techniquement impossible Destruction des bâtis de la zone Volume mobilisé très important : plusieurs millions de m³
	Elevée	Parade au couit prohibitif et/ou techniquement impossible Domage important au bâti (gros œuvre) avec ruine probable dans les 100 ans – réparation très coûteuse Surface mobilisée de l'ordre du km² ou volume mobilisé important de l'ordre de 10 000 à 100 000 m³
	Moyenne	Parade réalisable à l'échelle de la collectivité Domage au gros œuvre sans ruine probable dans les 100 ans – réparation possible Surface mobilisée de l'ordre du 1 000 à 100 000 m² ou volume mobilisé relativement important de l'ordre de 1 000 à 10 000 m³
Faible	Parade réalisable à l'échelle de la parcelle Pas de dommage structurel, gros œuvre très peu touché Surface mobilisée faible, inférieure à 1 000 m² ou volume mobilisé faible inférieure à 1000 m³	

Intensité	Description des facteurs attendus – Coulée de boue	
	Très élevée	Parade au couit prohibitif et/ou techniquement impossible Destruction des bâtis de la zone Surface concernée à l'échelle du versant (> km²) avec épaisseur mobilisable supérieure à 0,5 voire 1 m générant un volume de coulée potentiel très important : > 1 million de m³
	Elevée	Parade au couit prohibitif et/ou techniquement impossible Domage important au bâti (gros œuvre) avec ruine probable dans les 100 ans – réparation très coûteuse Surface concernée significative (>1000 m²) avec épaisseur mobilisable supérieure à 0,5 voire 1 m générant un volume de coulée potentiel important : > 1 000 m³
	Moyenne	Parade réalisable à l'échelle de la collectivité Domage au gros œuvre sans ruine probable dans les 100 ans – réparation possible Surface concernée significative (>1000 m²) avec épaisseur mobilisable réduite (< 0,5 m) générant un volume de coulée potentiel peu important : < 1 000 m³
Pour l'aléa « coulée de boue », les consignes nationales recommandent la prise en compte des seuls niveaux d'intensité élevés et très élevés. A La Réunion, étant donné les spécificités géologiques (couverture sol peu épaisse), une intensité moyenne est également considérée pour les problématiques fréquemment rencontrées s'apparentant à un ravinement intense mobilisant une épaisseur de matériaux rarement supérieur à 0,50 m.		

Aléa glissement de terrain (G)	Intensité				Commentaires
	Faible	Moyenne	Élevée	Très élevée	
Probabilité d'occurrence	Faible	Moyen	Élevé	Très élevé	Concernant l'aléa MVT « glissement de terrain » , à la différence de la grille proposée dans le cadre des réflexions du « coach 1 » (cf. Tableau 19), il est proposé de conserver un aléa faible (et moyen MVT pour des niveaux d'intensité similaires) quelle que soit la probabilité d'occurrence (faible pour un niveau élevé) afin de conserver de manière prépondérante la notion de niveau de réalisation des parades dans l'évaluation de l'aléa. Cela se justifie par de faible épaisseur de couverture meubles (moins d'un mètre à quelques mètres avant d'atteindre le substratum rocheux) sur le territoire réunionnais hormis dans certains secteurs où l'altération poussée des formations basaltiques peut favoriser des glissements de plus fortes épaisseurs.
	Faible (G1)	Moyen (G2)	Élevé (G3)	Très élevé (G4)	
	Moyenne	Faible (G1)	Moyen (G2)	Élevé (G3)	
	Élevée	Moyen (G2)	Élevé (G3)	Très élevé (G4)	

Aléa coulée de boue (G)	Intensité			Commentaires	
	Moyenne	Elevée	Très élevée		
Probabilité d'occurrence	Faible	Moyen (G2)	Elevé (G3)	Très élevé (G4)	Concernant l'aléa MVT « coulée de boue » , les phénomènes historiques sont peu nombreux sur le territoire réunionnais (une centaine enregistrés dans BDMVT) et concernent principalement les cirques (plus de 60% des cas enregistrés) ou les formations géologiques en plaques sont liées à des dépôts gravitaires (formations détritiques sensibles à l'érosion et aux phénomènes de ce type). Les zones d'occurrence de ces phénomènes sont par ailleurs concentrées par de très fortes pentes et exposées à d'autres types d'aléa MVT (chute de blocs notamment) avec la prise en compte d'un aléa élevé voire très élevé. D'une manière générale, en dehors de ces territoires spécifiques (Salazie, Châlos, Mataïve), l'aléa coulée de boue est peu présent et non prépondérant vis-à-vis des autres phénomènes gravitaires mais restent possibles ponctuellement lors de conditions climatiques très dégradées notamment dans des secteurs de terrains agricoles où les sols sont plus facilement mobilisables.
	Moyenne	Moyen (G2)	Elevé (G3)	Très élevé (G4)	
	Elevée	Elevé (G3)	Très élevé (G4)	Très élevé (G4)	

PPR de La Réunion – Propositions d'évolutions méthodologiques

ALEA EROSION (E) : érosion de berges et ravinement

Erosion de berges	
Description des facteurs attendus	
Elevée	zones cartographiées en aléa fort inondation (lit de ravine principalement) + encaissement du lit jusqu'au sommet de la berge (et quelques mètres en recul en général).
Moyenne	zone de débordement et/ou lit de ravine peu marqué cartographié en aléa moyen inondation (aléa inondation conditionné par des vitesses d'écoulement) ou zone d'auréole autour de la zone de probabilité d'occurrence forte (10 à 20 m selon l'ampleur de l'encaissement de la ravine)
Faible	zone en recul de la zone de probabilité d'occurrence moyenne

Ravinement	
Description des facteurs attendus	
Elevée	zone de badlands non stabilisé où les phénomènes sont actifs et reconnus
Moyenne	zone d'auréole autour de la zone de probabilité d'occurrence forte ou ravinement potentiel (facteurs non cumulatifs) : • classa « sol » 1 + pente supérieure à 10-15° + présence terrain potentiellement mis à nu (facteur aggravant) ou laclement mobilisable (zone agricole par exemple) • classa « sol » 2 + pente supérieure à 15-20° + présence terrain potentiellement mis à nu (facteur aggravant) ou laclement mobilisable (zone agricole par exemple) • voirie avec pentes de plus de 7-8% dans le sens de la pente sur un linéaire de plus de 500m • valeurs d'IDPR supérieures à 1500
Faible	zone en recul de la zone de probabilité d'occurrence moyenne ou pentes inférieures aux seuils définis pour la probabilité d'occurrence moyenne mais non nulles (supérieures à 5°)

Description des facteurs attendus	
Très élevée	Parade au couit prohibitif et/ou techniquement impossible Destruction des bâtis de la zone Erosion de berge : incision du lit et/ou recul observé par le passé + potentiel de plus de 100 m Ravinement : surface active mobilisée très importante (bassin versant) : supérieure à 1 km²
Elevée	Parade au couit prohibitif et/ou techniquement impossible Domage important au bâti (gros œuvre) avec ruine probable dans les 100 ans – réparation très coûteuse Erosion de berge : incision du lit et/ou recul observé par le passé + potentiel de plus de 10 m Ravinement : surface active mobilisée importante (bassin versant) : supérieure à 10 000 m²
Moyenne	Parade réalisable à l'échelle de la collectivité Domage au gros œuvre sans ruine probable dans les 100 ans – réparation possible Erosion de berge : recul potentiel de l'ordre de 1 à 1,5 x H (hauteur de la berge) ou de l'ordre de 10 m Ravinement : surface active mobilisée réduite (bassin versant) : supérieure à 1000 m²
Faible	Parade réalisable à l'échelle de la parcelle Pas de dommage structurel, gros œuvre très peu touché

Aléa Erosion (E)	Intensité			
	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Probabilité d'occurrence	Faible (E1)	Moyen (E2)	Elevé (E3)	Très élevé (E4)
	Moyenne	Moyen (E2)	Elevé (E3)	Très élevé (E4)
	Elevée	Elevé (E3)	Elevé (E3)	Très élevé (E4)

Pour les nombreuses ravines du territoire réunionnais observées sur les planèzes, fréquemment encaissées de plusieurs mètres à dizaines de mètres et composées de formations basaltiques au niveau des encaissements, les critères utilisés pour définir la probabilité d'occurrence prévalent sur la qualification de l'aléa (notion de prédisposition) :

- Aléa élevé MVT (E3) au droit du lit et de l'encaissement, englobant les premiers mètres en recul (fréquemment de l'ordre de 5m en recul depuis le sommet de la berge) ;
- Aléa moyen MVT (E2) en recul de l'encaissement sur une « auréole » de largeur variable : 10 à 20 m selon l'ampleur de l'encaissement.