



DEPARTEMENT DE LA REUNION
Commune de L'Étang-Salé

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS
PREVISIBLES

« *Inondations et mouvements de terrain* »

NOTE DE PRESENTATION

Décembre 2015

Approbation



Avertissement général sur les limites d'étude du document PPR

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

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

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

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

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

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

Sommaire

1. INTRODUCTION	7
1.1. Organisation de la gestion des risques.....	7
1.2. Prévention des risques naturels	7
1.3. Plan de prevention des risques (PPR) naturels	8
1.4. Catastrophes naturelles majeures à La Réunion	9
2. PRESENTATION DU PPR	11
2.1. Contexte réglementaire du PPR	11
2.2. Procédure réglementaire	12
2.2.1. Secteurs géographiques concernés	12
2.2.2. État des réflexions menées	12
2.3. Assurances et infractions au PPR	15
2.3.1. Rappel du régime d'assurance en vigueur	15
2.3.2. Infractions au PPR et sanctions.....	17
2.4. Expropriation et Mesure de sauvegarde	18
2.5. Responsabilités	18
2.5.1. Etablissement du PPR	18
2.5.2. Autorisation d'occuper le sol	19
3. PRESENTATION DE LA COMMUNE	21
3.1. Contexte de la zone d'étude	21
3.1.1. Situation géographique	21
3.1.2. Contexte géomorphologique.....	22
3.1.3. Contexte climatique	23
3.1.4. Réseau hydrographique et analyse hydrologique	27
3.1.5. Contexte géologique	31
3.2. Enjeux et vulnérabilité	37
4. HISTORICITE ET CARACTERISATION DES PHENOMENES NATURELS	41
4.1. Phenomènes historiques	41
4.2. Arrêtés de catastrophes naturels	42
4.3. Caractérisation des phénomènes mouvements de terrain	44
4.3.1. Chutes de pierres, de blocs et éboulements (P)	44
4.3.2. Glissements de terrain et coulées de boue associées (G)	45
4.3.3. Érosion et ravinement (E)	49
4.4. Caractérisation des phénomènes d'inondation	50

5.	CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ALEAS	53
5.1.	Définitions et notions générales.....	53
5.1.1.	Notion d'intensité et de fréquence	53
5.1.2.	Remarques relatives aux règles de zonage	54
5.2.	Aléa inondation	55
5.2.1.	Méthode d'évaluation de l'aléa	55
5.2.2.	Caractérisation de l'aléa inondation	56
5.3.	Aléa mouvements de terrain.....	56
5.3.1.	Méthode d'évaluation de l'aléa	56
5.3.2.	Facteurs de prédisposition et facteurs non permanents	57
5.3.3.	Méthodologie d'évaluation de l'intensité	58
5.3.4.	Qualification de l'aléa mouvements de terrain.....	59
5.4.	Exemple de cartographie au droit de secteurs à enjeux	61
6.	LEXIQUE DES SIGLES ET TERMES TECHNIQUES.....	71
7.	PRINCIPAUX TEXTES OFFICIELS	73
7.1.	Législation - Réglementation	73
7.2.	Principales circulaires.....	73
7.3.	Publication de guides	73

Liste des figures

Figure 1 : Délimitation du territoire communal de L'Étang-Salé (Fond ©IGN scan100®-2010)-----	21
Figure 2 : Précipitations moyennes annuelles sur la période 1970-2009 (source : ©Météo France)-----	23
Figure 3 : Régions pluviométriques déterminées par ©Météo-France Réunion (2010)-----	24
Figure 4 : Localisation des stations météo à proximité de L'Étang-Salé (©IGN Scan100® - 2010)-----	25
Figure 5 : Réseau hydrographique de L'Étang-Salé (source : BDtopo2012®, fond ©IGN scan100® - 2010)-----	29
Figure 6 : Plan des bassins versants de la commune de L'Étang-Salé (source : rapport de cartographie de l'aléa inondation – projet de PPRI de la commune de L'Étang-Salé, mai 2010, ©Hydrétudes)-----	30
Figure 7 : Perspective morpho-géologique schématisée de La Réunion (Raunet, 1991)-----	31
Figure 8 : Perspective géologique de La Réunion (Billard, 1974)-----	32
Figure 9 : Illustration de la carte géologique au 1/50 000 (Billard 1974) à l'échelle de la commune de L'Étang-Salé -----	33
Figure 10 : Carte morpho-pédologique à l'échelle du 1/50 000 (source : ©CIRAD (Raunet, 1991), fond ©IGN scan100® - 2002)-----	37
Figure 11 : Chute d'un bloc isolé-----	45
Figure 12 : Eboulement -----	45
Figure 13 : Représentations schématiques des principaux types de glissement (source : ©BRGM, www.bdmvt.net) ----	46
Figure 14 : Représentation schématique du glissement-coulée (exemple de Montauban, 1993 – cf. ci-après) -----	47
Figure 15 : Glissement de terrain à L'Étang-Salé sur la RD3 en janvier 2014 (©BRGM)-----	48
Figure 16 : Possibilité de déplacement des personnes en fonction des caractéristiques d'écoulement (source : Guide PPRI ruissellement péri-urbain M.E.D.D.E.)-----	51
Figure 17 : Inondation aux abords de la RN1 le 24 janvier 2002 (cyclone DINA) suite aux débordements de la ravine Sèche (© Le Quotidien) -----	52
Figure 18 : Inondation de janvier 2002 (cyclone DINA) à Etang-Salé-les-Bains (© Site internet de la mairie d'Etang Salé)52	
Figure 19 : Exemple de représentation de la notion de continuité du niveau d'aléa mouvements de terrain -----	54
Figure 20 : Principe de décroissance de l'intensité du phénomène chute de blocs avec l'éloignement de la source de départ-----	58
Figure 21 : Extraits de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et de la carte réglementaire au droit du secteur de l'Entre-Deux-----	65
Figure 22 : Extraits de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et de la carte réglementaire au droit du secteur de la ZI des Sables-----	67
Figure 23 : Extraits de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et de la carte réglementaire au droit du secteur de la RHI Butte Citronnelle -----	70

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evénements historiques majeurs survenus à la Réunion -----	9
Tableau 2 : Précipitations journalières décennales et centennales issues du GEDC, 1992 (en mm)-----	25
Tableau 3 : Précipitations journalières maximales (Bulletins Climatologiques 2012 de Météo France)-----	25
Tableau 4 : Cumul de pluie moyen par jours entre 1981 et 2010 (source : Bulletin climatologique 2012 – Météo France)26	
Tableau 5 : Incidence des précipitations journalières sur les cumuls annuels - mesures de la station des Aviron - période de 2005 à 2011-----	26
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des débits de crues estimés (source : rapport de cartographie de l'aléa inondation – projet de PPRI de la commune de L'Étang-Salé, mai 2010, ©Hydrétudes)-----	29
Tableau 7 : Evolution de la population de L'Étang-Salé (source : ©I.N.S.E.E.) -----	38
Tableau 8 : Liste des arrêtés de catastrophes naturelle sur la commune de L'Étang-Salé (source : www.prim.net - Portail de la Prévention des Risques majeurs du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie - mise à jour 30/06/2014) -----	43
Tableau 9 : Liste des cyclones notables selon Météo-France -----	43
Tableau 10 : Caractérisation de l'aléa inondation pour la crue centennale en fonction des vitesses et des hauteurs d'eau56	
Tableau 11 : Type de phénomène rencontrés en fonction des catégories de terrain -----	57
Tableau 12 : Intensité du phénomène-----	58
Tableau 13 : Codification des aléas mouvements de terrain selon l'intensité-----	59
Tableau 14 : Caractérisation du niveau d'aléa mouvements de terrain en fonction de l'intensité du phénomène-----	60
Tableau 15 : Légendes des extraits cartographiques du projet de PPR -----	61

Préambule

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

Ce dossier comporte plusieurs documents informatifs et réglementaires :

✓ les documents informatifs :

- une carte de localisation des phénomènes naturels historiques (inondations et mouvements de terrain) à l'échelle 1/12 500 ;
- une cartographie des aléas naturels (inondations et mouvements de terrain) à l'échelle du 1/12 500 et du 1/5 000 dans les zones à enjeux ;
- une cartographie des équipements sensibles (enjeux) et des secteurs urbains à enjeux sécurisables de la commune à l'échelle 1/12 500.

✓ les documents réglementaires :

- la note de présentation, décrivant succinctement le territoire de L'Étang-Salé et les phénomènes naturels qui le concernent, ainsi que les règles méthodologiques adoptées ;
- une cartographie du zonage réglementaire à l'échelle du 1/ 12 500 et du 1/5 000 dans les zones à enjeux ;
- le règlement associé au zonage réglementaire.

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

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

Art 1^{er} – 1-3^e alinéa

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

1. Introduction

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

L'Étang-Salé, commune peuplée de 13 847 habitants (population recensée par l'INSEE en 2012), 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 L'Étang-Salé.

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 L'Étang-Salé 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 par l'article L.125-2 du code de l'environnement :

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

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

« Le plan communal de sauvegarde regroupe l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à l'information préventive et à la protection de la population. Il détermine, en fonction des risques connus, les mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes, fixe l'organisation nécessaire à la diffusion de l'alerte et des consignes de sécurité, recense les moyens disponibles et définit la mise en œuvre des mesures d'accompagnement et de soutien de la population. Il peut désigner l'adjoint au maire ou le conseiller municipal chargé des questions de sécurité civile. Il doit être compatible avec les plans d'organisation des secours arrêtés en application des dispositions des articles L.741-1 à L.741-5.

Il est obligatoire dans les communes dotées d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles approuvé ou comprises dans le champ d'application d'un plan particulier d'intervention. Le plan communal de sauvegarde est arrêté par le maire de la commune. [...] La mise en œuvre du plan communal ou intercommunal de sauvegarde relève de chaque maire sur le territoire de sa commune.

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

1.3. PLAN DE PREVENTION DES RISQUES (PPR) NATURELS

Le nouveau dispositif instauré par la loi « Barnier » du 2 février 1995 donne au préfet la possibilité d'agir rapidement sans ôter aux collectivités leurs responsabilités, ni leurs obligations. Les Plans de Prévention des Risques permettent d'interdire ou de réglementer les constructions et

aménagements en situation de risque, ou en situation d'aggraver directement ou indirectement les risques pour l'environnement.

La commune de L'Étang-Salé ne possède pas à l'heure actuelle de Plan de Prévention des Risques approuvé. Un arrêté préfectoral n° 2005-3244 SG/DRCTCV du 23 novembre 2005 prescrivait l'établissement d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles relatif aux phénomènes d'inondation sur le territoire de la commune de l'Étang-Salé. Cet arrêté a été abrogé par l'arrêté préfectoral n° 2015-412/SG/DRCTCV en date du 12 mars 2015 (article 2) qui prescrit l'élaboration d'un Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles relatif aux phénomènes d'inondations et de mouvements de terrain.

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

1.4. CATASTROPHES NATURELLES MAJEURES A LA REUNION

1875 Salazie « le Grand sable » : 63 personnes ensevelies par un glissement	Février 1998 tempête Anacelle : 1 mort ; dégâts importants
Janvier 1948 Cyclone : 165 morts ; dégâts énormes	Janvier 2002 cyclone Dina : 2 morts, dégâts très importants
Février 1962 cyclone Jenny : 36 morts ; dégâts importants	Mars 2006 Tempête tropicale modérée Diwa : 4 morts, pluies importantes
Janvier 1966 cyclone Denise : 3 morts ; dégâts importants	Février 2007 Cyclone Gamède : 2 morts, dégâts importants
Janvier 1980 tempête Hyacinthe : 25 morts ; 1 milliard de francs de dommages	Janvier 2014 Cyclone Béjisa : 1 mort, dégâts importants
Février 1987 tempête Clotilda : 9 morts ; dégâts très importants (109 millions de francs sur St Denis)	
Janvier 1989 cyclone Firinga : 4 morts ; dégâts très importants	
Janvier 1993 cyclone Colina : 2 morts ; dégâts importants	

Tableau 1 : Evénements historiques majeurs survenus à la Réunion

2. Présentation du PPR

2.1. CONTEXTE REGLEMENTAIRE DU PPR

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

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

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

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

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

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

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 PPR

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

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

Le PPR vaut servitude d'utilité publique. Il est annexé au Plan Local d'Urbanisme, conformément à l'article L.126-1 du Code de l'Urbanisme.

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

2.2. PROCEDURE REGLEMENTAIRE

2.2.1. Secteurs géographiques concernés

La procédure réglementaire PPR est définie par les articles R.562-1 à R.562-9 du code de l'environnement. Le point de départ de la présente procédure d'élaboration du PPR est l'arrêté préfectoral de prescription n° 2015-412/SG/DRCTCV en date du 12 mars 2015.

Cet arrêté précise dans son article 1 que le périmètre mis à l'étude concerne l'ensemble du territoire de la commune de L'Étang-Salé, et, dans son article 3, que les risques relatifs 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) et aux « inondations » (crues par débordement des ravines) sont pris en compte.

2.2.2. État des réflexions menées

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

- Novembre 2004 : démarrage des études PPR inondations ;
- de 2005 à fin 2006 : première cartographie des aléas inondations et prise en compte observations de la commune (réunions et visites de terrain) ;
- 13 octobre et 23 novembre 2005 : porter à connaissance des cartes d'aléas et prescription du PPR inondations ;
- de 2009 à 2012 : reprise de la procédure, travail sur enjeux, nombreuses réunions de travail et étude hydraulique ravine sèche - ZI des sables ;
- 25 avril 2013 : porter à Connaissance sur secteur Ravine Sèche (suite à la modélisation 2D en 2012 par le bureau d'études Hydretudes pour le compte de la DEAL) ;
- de février à juin 2014 : échanges sur le secteur de la ZI des Sables et sur le principe de protection hydraulique de la zone contre les inondations de la Ravine Sèche ;
- 1^{er} avril 2014 : réunion corps préfectoral sur programmation 2014 des PPRn avec engagement Préfet sur le PPR multirisques (inondation et mouvement de terrain) de la commune de L'Étang-Salé avec échéance d'approbation fixé à fin 2015;

- **3 février 2015 : porter à connaissance (PàC) de la cartographie de l'aléa mouvements de terrain et inondation** sur la commune de L'Étang-Salé, par courrier du Préfet ;
- 5 février 2015 : présentation des cartes d'aléas, du projet de carte réglementaire et du règlement associé, en présence de M. le sous-préfet de Saint-Pierre, de M. Le Maire d'Étang-Salé et de ses services, de la DEAL et du BRGM ;
- 9 mars 2015 : courrier de la mairie d'Étang Salé, donnant son accord sur la poursuite de la démarche d'élaboration du PPR multi-risques ;
- **12 mars 2015 : arrêté préfectoral n°2015-412/SG/DRCTCV prescrivant un PPR mouvements de terrain et inondation sur le territoire communal d'Étang-Salé ;**
- **Avril 2015 : finalisation du projet PPR** pour le lancement de la phase de consultation officielle : pièces écrites (présente note, règlement), documents cartographiques (aléas, réglementaire) et annexes.

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

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

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

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

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.

La phase des consultations officielles sur le projet de PPR multi-risques de L'Étang-Salé

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

- **Fin avril, début mai jusqu'au 4 juillet 2015 :** consultations officielles des partenaires associés – conseil municipal, CIVIS, chambre d'agriculture, ONF et DAAF.

Conformément à l'article 6 de l'arrêté préfectoral de prescription, un dossier de concertation contenant les documents présentés aux réunions d'association a été remis aux services de la commune en avril 2015 et tenue à la disposition du public depuis cette date dans les locaux de la mairie.

Un bilan de la concertation mise en œuvre dans le cadre de l'élaboration du projet de PPR conformément aux articles 5 et 6 de l'arrêté préfectoral de prescription est rédigé. 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.

Le bilan de la concertation est joint en annexe 5 du PPR.

Lors de la phase de consultation officielle, certains partenaires ont souligné, hors avis, des écueils de forme ou de formulation dans les documents du projet de PPR. Le dossier mis à l'enquête publique intègre ces corrections. Les amendements formulés dans les avis de délibération des partenaires seront analysés à l'issue de la phase d'enquête publique.

La phase d'enquête publique sur le projet de PPR multi-risques de L'Étang-Salé

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

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

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

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

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

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

L'arrêté préfectoral n°1141/SG/DRCTCV/BCLU du 1^{er} juillet 2015 a prescrit l'ouverture, sur le territoire de l'Étang-Salé, d'une enquête publique, au titre du code de l'environnement, concernant le projet de Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles relatif aux phénomènes d'inondations et de mouvements de terrain.

Préalablement au lancement de l'enquête publique, une réunion publique d'informations et d'échanges, organisée par l'État, maître d'ouvrage du projet de PPR, se tiendra le 16 juillet 2015 à la mairie de L'Étang-Salé, en présence des représentants de la commune, du maître d'ouvrage représenté par la DEAL ainsi que du BRGM.

L'enquête publique s'est déroulée du 20 juillet 2015 au 21 août 2015 (33 jours consécutifs), sous la supervision de Mme Nicole ROUCHAUD, commissaire-enquêteur désigné par le tribunal administratif.

Les pièces du dossier PPR ainsi qu'un registre d'enquête ont été mis à la disposition du public à l'hôtel de ville pendant la durée de l'enquête. La commissaire-enquêteur a pu recueillir 133 observations du public, consignées dans les registres mis à leur disposition, au cours des 10 permanences tenues.

Le commissaire-enquêteur a donné un avis favorable au projet de PPR « inondation et mouvements de terrain » de la commune de L'Étang-Salé dans son rapport rendu le 17 décembre 2015.

Toutes les requêtes formulées ont fait l'objet d'une analyse individualisée par le BRGM, partenaire de la DEAL sur ce projet. Des visites de terrain complémentaires ont eu lieu du 6 octobre et le 12 novembre 2015 inclus pour affiner les zonages au droit et aux abords de 41 parcelles, en présence des particuliers ayant déposé une requête.

La synthèse des réponses formulées pour chacune des requêtes (proposition de classement réglementaire et éléments de justification) est présentée en annexe 6 du PPR approuvé (rapport BRGM n°RP-65347-FR de novembre 2015).

Une copie du rapport du commissaire-enquêteur est consultable pendant un an à la mairie de L'Étang-Salé ainsi qu'à la préfecture de Saint-Denis.

La phase post-enquête publique pour le projet de PPR multi-risques de L'Étang-Salé

Sur ces bases, des adaptations au projet de PPR ont été apportées telles que des amendements à la relecture finale de certaines prescriptions d'urbanisme et de construction pour tenir compte d'imprécisions ou d'erreurs de libellés, ne remettant cependant pas en cause le fonds des règles présentes dans le projet.

Par ailleurs, suite aux observations formulées lors de l'enquête publique, à la demande du conseil municipal de L'Étang-Salé dans sa délibération du 24 juin 2015, au vu de 1/ l'ancienneté du document d'urbanisme de la commune (POS datant de 1999 avec quelques modifications ponctuelles dont la dernière datant de 2005 à notre connaissance), 2/ de la démarche engagée actuellement par celle-ci visant à l'approbation de son PLU d'ici à mars 2017, 3/ du développement de l'urbanisation au sein du territoire communal en dehors des zones U ou N Au de son POS actuel ; la traduction de l'aléa moyen mouvements de terrain en zone réglementaire B2u s'est focalisée sur la sécurisation possible à l'échelle de projets des secteurs concernés. Par conséquent, les critères de densité minimale et d'éléments de zonage urbain issus du POS de 1999, initialement retenus dans le dossier soumis à l'enquête publique pour la définition du contour SUES n'ont pas été intégrés à la démarche de traduction réglementaire de l'aléa moyen mouvements de terrain.

2.3. ASSURANCES ET INFRACTIONS AU PPR

2.3.1. Rappel du régime d'assurance en vigueur

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

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

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

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

Champ d'application de la garantie

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

« Sont considérés comme les effets des catastrophes naturelles (...) les dommages matériels non assurables directs, ayant eu pour cause déterminante, l'intensité anormale »

d'un agent naturel, lorsque les mesures habituelles à prendre pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prises ».

Risques couverts

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

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

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

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

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

Biens garantis

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

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

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

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

Etat de catastrophe naturelle

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

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

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

Règlement des sinistres

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

Dispositions nouvelles pour l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles

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

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

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

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

2.3.2. Infractions au PPR et sanctions

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

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

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

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

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

2.4. EXPROPRIATION ET MESURE DE SAUVEGARDE

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

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

2.5. RESPONSABILITES

2.5.1. Etablissement du PPR

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

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

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

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

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

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

2.5.2. Autorisation d'occuper le sol

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

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

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

3. Présentation de la commune

3.1. CONTEXTE DE LA ZONE D'ETUDE

3.1.1. Situation géographique

L'Étang-Salé, se situe dans l'ouest de l'île de La Réunion, sur les pentes externes ainsi que sur la bordure littorale du massif volcanique ancien du Piton des Neiges, entre les communes des Avirons à l'Ouest et Saint-Louis à l'Est. Cette commune s'étend sur une superficie de 38,56 km², soit un peu plus de 1,5 % de la surface totale de l'île de la Réunion.

Avec 13 847 habitants recensés en 2012 et une densité de 359 habitants par km², la ville de L'Étang-Salé observe une augmentation de sa population de l'ordre de 0.4 % depuis entre 2006 et 2011.



Figure 1 : Délimitation du territoire communal de L'Étang-Salé (Fond ©IGN scan100®-2010)

Le territoire de L'Étang-Salé s'étend selon un axe Nord-Sud, entre le littoral et la réserve biologique des Makes à l'extrémité septentrionale, et de la forêt du Tévelave, de la ravine Sèche et de la forêt départementale de l'Étang-Salé à l'Ouest à la ravine du Maniron à l'Est. Il s'étend sur 12 km jusqu'au lieu-dit du Petit Détour culminant à 1 796 m d'altitude.

Sa façade maritime s'étend sur 9,5 km de longueur, depuis la Pointe des Avirons jusqu'à l'embouchure de la ravine du Gol.

L'Étang-Salé est incluse au sein de la Communauté Intercommunale des Villes Solidaires (CIVIS).

3.1.2. Contexte géomorphologique

La morphologie correspond à celle d'une planèze ou l'altitude augmente régulièrement du Sud vers le Nord. Trois entités géomorphologiques principales peuvent être distinguées :

- une plaine littorale sableuse au Sud, située globalement en aval de la D11, bordée par des côtes sableuses ou rocheuses ;
- la plaine du Gol, située dans la partie Sud-Est de la commune, qui constitue le secteur de plus faible pente de la commune avec des valeurs comprises entre 3 et 5° ;
- de 100 à 1800 m, les pentes augmentent progressivement et de manière relativement constante avec une moyenne de 15 à 20° environ ponctuées par l'incision des ravines dont les encaissements peuvent être subverticaux.

La plaine littorale est occupée par la forêt de l'Étang Salé, aride et sèche, et par les villages de l'Étang Salé-les Bains sur la côte et de l'Étang Salé-les Hauts en bordure Nord-est. Elle est parsemée de dunes et de pitons de scories parfois masqués par ces sables dunaires. Autrefois inhospitalière en raison des vents de sables violents, elle fut boisée dans les années 1870 lors de la construction du chemin de fer. Vers l'Est, la forêt borde la plaine littorale du Gol cultivée.

La planèze est incisée par un réseau de ravines parallèles. Une majorité des ravines de la commune, incisent les flancs du massif du Piton des Neiges de manière considérable. Les principales ravines présentent dans le territoire communal sont, d'Ouest en Est :

- la ravine Mula ;
- la ravine Charbonnot ;
- la ravine Renone ;
- la ravine Sèche ;
- la ravine Deschenez ;
- la ravine Sheunon ;
- la ravine Ruisseau ;
- la ravine Cafres ;
- la ravine des Manirons.

Les Grand bras et Petit Bras (affluents de la ravine Sèche) entaillent profondément la planèze sur une profondeur de quelques mètres au droit de la ville de l'Étang Salé Les Hauts à plus de 300 m vers Piton La Croix. L'incision du Grand Bras remonte sur plus de 5 km, celle du petit Bras sur 4 km.

A l'Est de la commune, la ravine des Cafres présente un profil analogue à celles des Grand et Petit Bras mais avec un encaissement plus réduit de 100 m.

Dans le détail, on note une grande diversité des formes de ravines, longitudinalement et d'un cours d'eau à l'autre : évasées ou encaissées, avec un profil transversal convexe ou concave, (en " V ") ou à fond plat (en " U "). Les facteurs qui conditionnent ces morphologies semblent être le régime hydraulique et la nature des formations géologiques (notamment la présence à plus ou moins grande profondeur de coulées de lave massive résistantes à l'érosion).

Au-dessus de l'altitude de 1400 m, partie sommitale de la commune, la planèze est régulière, avec une pente de 17 %.

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

Pluviométrie

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

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

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

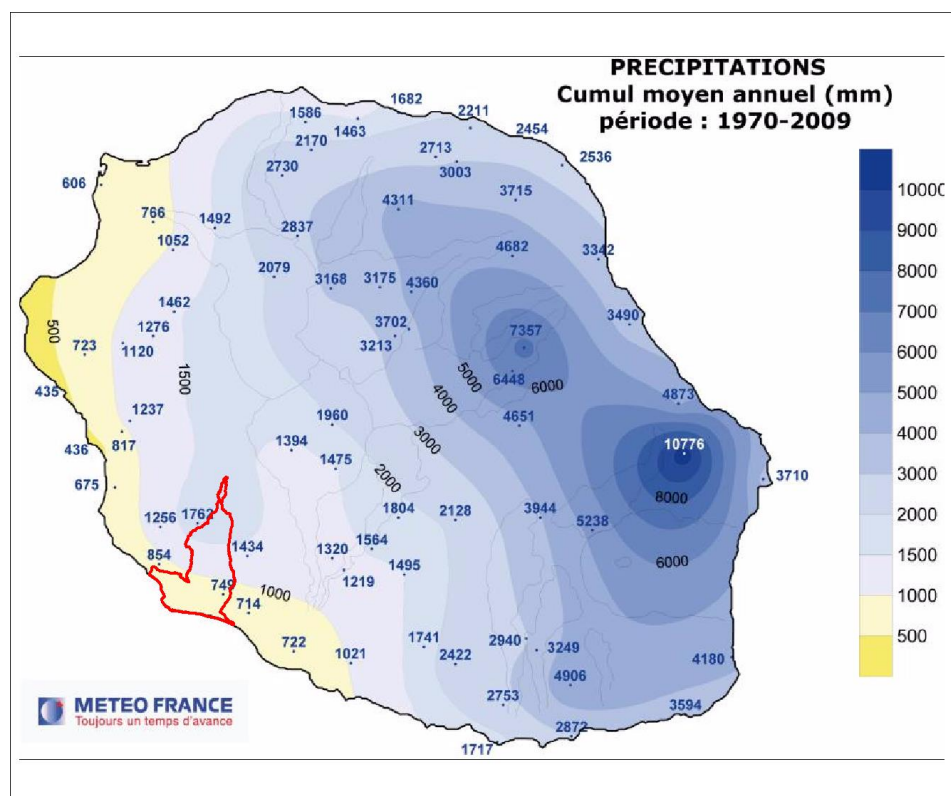


Figure 2 : Précipitations moyennes annuelles sur la période 1970-2009 (source : ©Météo France)

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

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

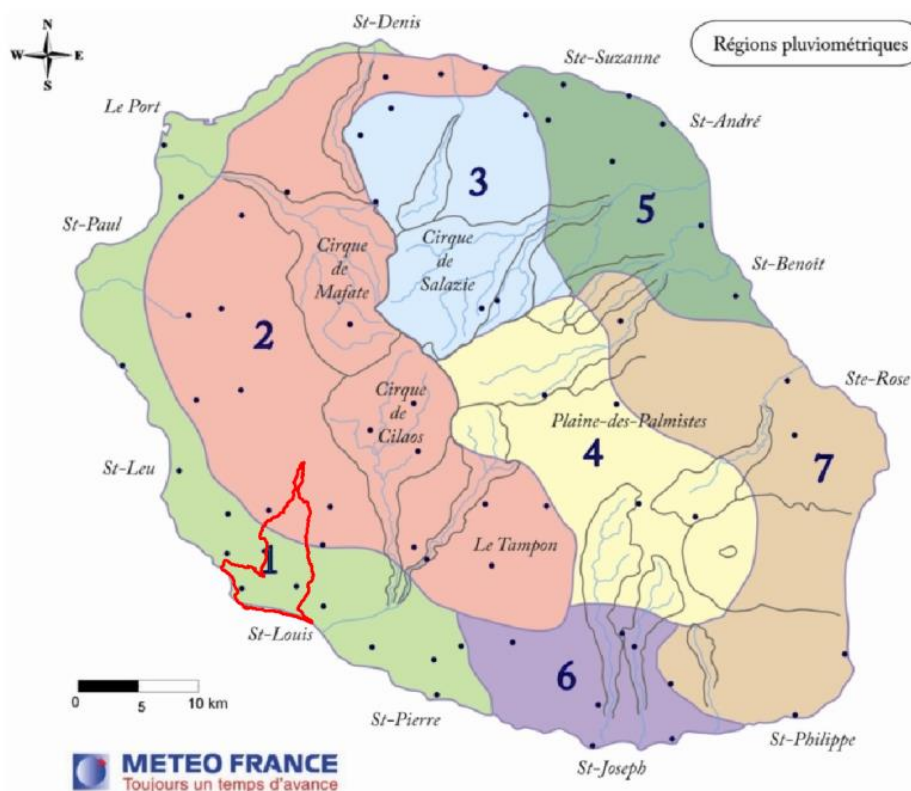


Figure 3 : Régions pluviométriques déterminées par ©Météo-France Réunion (2010)

Concernant les stations météorologiques, une station est installée et suivie sur le territoire de L'Étang-Salé (en gras dans la liste ci-dessous). Toutefois, pour pallier au manque de stations sur la commune, deux autres stations météorologiques (liste ci-dessous) situées à proximité, sur la commune des Avirons, seront également prises en considération pour avoir une meilleure représentativité de la pluviométrie enregistrée dans le secteur.

Ainsi, les données pluviométriques, suivies par Météo France, permettent de caractériser la pluviométrie sur le territoire communal (figure 4). Il s'agit notamment des stations météorologiques suivantes :

- **Pont Mathurin** (commune de L'Étang Salé, altitude 30 m, installée le 07.11.1990) ;
- **Les Avirons** (commune des Avirons, altitude 250 m, installée en 1952) ;
- **Le Tévelave** (commune des Avirons, altitude 920 m, installée en 1953).



Figure 4 : Localisation des stations météo à proximité de L'Étang-Salé (©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.

Les valeurs caractéristiques pour les stations de L'Étang-Salé sont les suivantes :

Nom station	Altitude	Pluie Journalière Décennale (PJ ₁₀ en mm)	Pluie Journalière Centennale (PJ ₁₀₀ en mm = 1.6* PJ ₁₀)
Pont-Mathurin	20	192	307
Les Avirons	250	213	341
Le Tévelave	920	262	419

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

La comparaison entre les pluies journalières maximales observées sur les différentes stations du territoire de L'Étang-Salé, 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.

Nom station	Date d'ouverture	Altitude (m NGR)	Maximum absolu quotidien	
			Valeur (mm)	Date
Pont-Mathurin	01/02/1990	20	57,2	21/04/2012
Les Avirons ¹	01/10/1950	250	43	18/02/2012
Le Tévelave	01/08/1963	920	140	26/04/2012

¹ : station fermée en 2011

Tableau 3 : Précipitations journalières maximales (Bulletins Climatologiques 2012 de Météo France)

Station	Nombre de jours moyen (période 1981-2010) où le cumul de pluie (en mm) est $\geq$ à				Maximum absolu quotidien depuis l'ouverture	
	1	10	50	100	Valeur (en mm)	Date
Pont-Mathurin	54,1	19,5	2,3	0,3	261,0	28/02/1964
Les Avirons	51,2	22,0	3,1	0,7	300,0	28/02/1964
Le Tévelave	109,1	40,6	9,5	2,4	600,0	22/01/2002

Tableau 4 : Cumul de pluie moyen par jours entre 1981 et 2010 (source : Bulletin climatologique 2012 – Météo France)

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

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

Année	Précipitations journalières maximales en mm	Précipitations annuelles cumulées en mm	Nombre de jours dans l'année où les précipitations journalières dépassent 50 mm	Evènement climatique
2005	90	1033.5	2	Fort épisode pluvieux de mai
2006	81.5	598	3	Tempête tropicale modérée Diwa
2007	121.5	815	3	Fort épisode pluvieux de juillet
2008	87	750.5	3	Tempête tropicale modérée Lola
2009	112.5	1016.5	6	Fort épisode pluvieux de novembre
2010	86	718	2	Fort épisode pluvieux d'août
2011 ¹	109	783	3	Fort épisode pluvieux de janvier

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

Tableau 5 : Incidence des précipitations journalières sur les cumuls annuels - mesures de la station des Avirons - période de 2005 à 2011

Les précipitations journalières maximales représentent en moyenne 9 à 15 % du cumul annuel, ce qui montre l'impact significatif des évènements climatiques.

Au-delà d'un seuil de l'ordre de 50 mm de précipitations journalières il peut être estimé que le sol a atteint sa capacité limite d'infiltration, provoquant ainsi le phénomène de ruissellement. Sur les 20 dernières années, les précipitations ont ainsi provoquées des ruissellements en moyenne 3 jours dans l'année. Ces ordres de grandeurs sont toutefois à prendre avec précaution selon la nature du sol qui peut influencer significativement les conditions de ruissellement (imperméabilisation anthropique, nature des formations en place).

L'analyse des données de pluies, confirme la variation spatiale et temporelle des pluies notamment entre les hauts du territoire de L'Étang-Salé (plus pluvieux) et le littoral (plus sec).

Les précipitations peuvent donc être très localisées, avec des cumuls journaliers pouvant atteindre des valeurs très fortes (de 261 à 600 mm par jour selon les stations suivies), notamment lors du passage d'évènement cyclonique et qui conditionnent les cumuls annuels. Ces derniers, pour le territoire de L'Étang-Salé et d'après les données à disposition, ne présentent toutefois pas de caractère exceptionnel comparativement à ceux observés sur d'autres secteurs de l'île.

Les 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 ou supérieur), au cours desquels les équilibres naturels sont poussés à leur limite, sont par ailleurs à l'origine du déclenchement de nombreux mouvements de terrain comme ce fut le cas notamment lors du passage du cyclone Béjisa en janvier 2014 et qui donna suite à plusieurs mouvements de terrain comme ceux de la route des Canots et des abords de la D19 dans les hauts de la commune (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. De nombreux exemples passés sur le territoire en attestent.

3.1.4. Réseau hydrographique et analyse hydrologique

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

- **La ravine Mula** qui présente un bassin versant d'une superficie de 1,82 km². Les débits de crue caractéristiques de cette ravine sont évalués à **38 m³/s pour la crue centennale**.
- **La ravine Charbonnot** qui est l'affluent principal de la ravine Renone, draine un bassin versant de 0,82 km² avec un débit de **crue centennale de 17 m³/s** à l'exutoire.
- **La ravine Renone** marque la limite communale entre L'Étang-Salé et les Avirons du lieu-dit de la Plaine à l'Entre-Deux. En aval de la zone de confluence avec la ravine Charbonnot, son lit disparaît complètement entraînant une divagation des écoulements. Son débit caractéristique de **crue centennale atteint à l'exutoire 79 m³/s**. Elle draine un bassin versant de 4,96 km².
- **La ravine Sèche**, dont les deux affluents principaux sont les ravines de Grand Bras et Petit Bras, draine un bassin versant de 20 km². Elle est très encaissée tout au long de son parcours, hormis dans la zone sableuse correspondant à la forêt départementale qui présente de faibles pentes. Au niveau du pont de l'ancienne route nationale, la ravine rencontre un ouvrage sous-dimensionné pouvant entraîner des désordres dans les secteurs aval. Elle détient le débit de **crue centennale le plus fort de la commune qui est estimé à 251 m³/s à la confluence avec la ravine Renone, Maurice et Fond Charbonnot** (à l'amont du Golf, vers 25 m NGR) (cf. annexe 4 : rapport Hydrétudes R04-033 de Novembre 2012 : Etude hydraulique complémentaire pour la précision de l'aléa inondation de la Ravine Sèche à Etang Salé) ;
- **La ravine Deschenez** présente un thalweg très encaissé tout au long de son parcours dans le secteur des hauts de la commune avec un débit de **crue centennale estimé à 74 m³/s à l'exutoire**. Elle draine un bassin versant de 4,27 km². Son lit semble toutefois sous-

dimensionné dans sa traversée du centre-ville pouvant entraîner des débordements de part et d'autre des deux rives.

- **La ravine Sheunon** dont le débit de **crue centennale à l'exutoire a été estimé à 12 m³/s**. Son bassin versant est de 0.35 km².
- **La ravine du Ruisseau** est un l'affluent principal de la ravine des Cafres et draine un bassin versant de 1,34 km². Son débit caractéristique de **crue centennale atteint à l'exutoire 28 m³/s**.
- **La ravine des Cafres** présente un talweg bien encaissé tout au long de son parcours dans les hauts de la commune. Elle participe grandement aux inondations dans les plaines aux abords de l'étang du Gol dont elle est l'un des principaux affluent Le débit de **crue centennale à l'exutoire a été estimé à 148 m³/s**. Son bassin versant est de 11,39 km².
- **La ravine du Maniron** marque la limite communale avec la commune de Saint-Louis et draine un bassin versant de 2,4 km². Elle est bien encaissée tout au long de son parcours, hormis dans le secteur des Sables dans la partie basse et peu pentue du territoire. Le débit de **crue centennale est estimé à 143 m³/s à l'exutoire**.

L'estimation des débits de référence des principaux bassins versants de la commune fournie précédemment (pour une crue centennale qui est la crue considérée dans le cadre de l'élaboration des PPR, cf. 5.2.1) est basée sur une méthode définie dans le Guide d'Estimation des Débits de Crues à la Réunion (GEDC, 1992).

Il n'existe quasiment aucune donnée de débits sur la commune, les cours d'eau de l'Etang-Salé dans leur immense majorité n'étant pas équipés d'appareil de mesure, et ne l'ayant pas été par le passé. C'est la raison pour laquelle le débit centennal d'un cours d'eau est estimé à partir de l'observation de la pluviométrie, pour laquelle plus d'éléments existent.

Néanmoins, les mesures pluviométriques à la Réunion sont relativement récentes (pas plus de 50 ans). Les méthodes de calcul utilisées sont basées sur une extrapolation des phénomènes connus sur des événements de temps de retour plus importants non mesurés, à partir de répartitions statistiques empiriques des fréquences d'apparition.

Les résultats obtenus sont un bon point de repère et permettent de fixer les esprits en adoptant une démarche semblable sur des secteurs à régime hydrologique comparables.

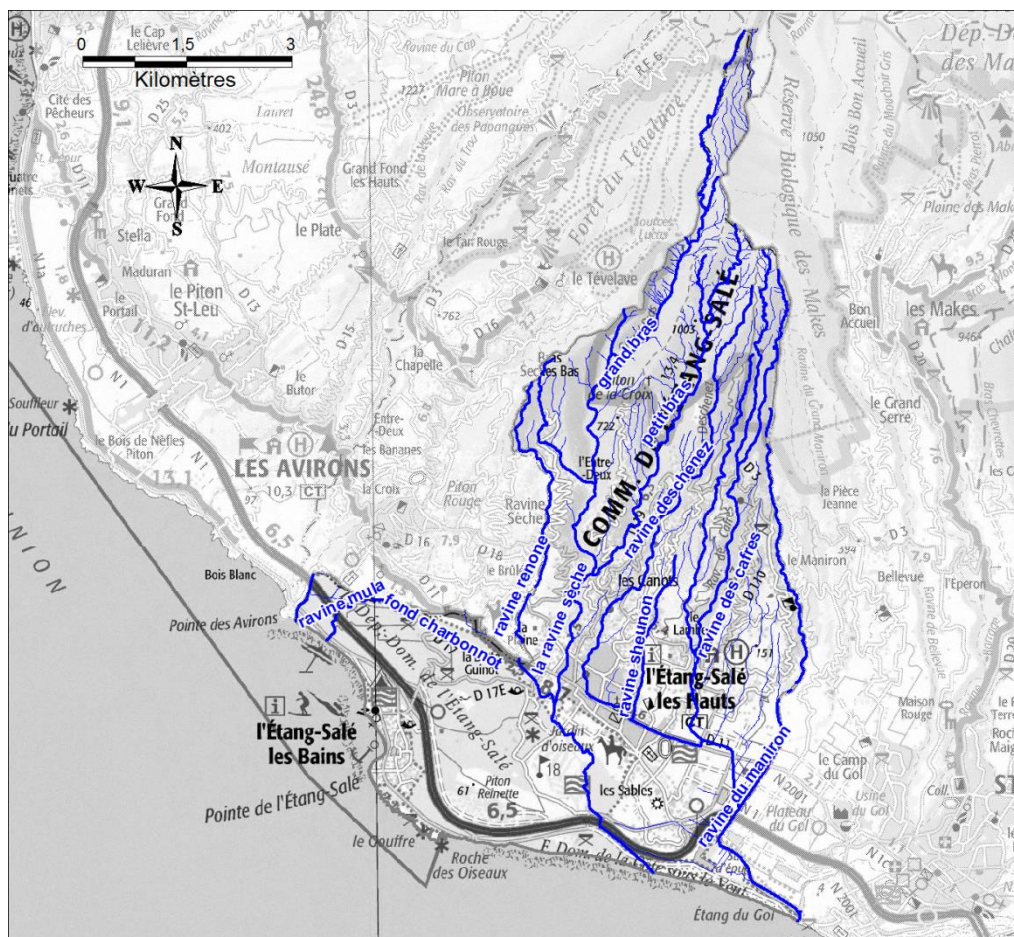


Figure 5 : Réseau hydrographique de L'Étang-Salé (source : BDtopo2012®, fond ©IGN scan100® - 2010)

Noms des ravines	Point de calcul BV	Q10 (en m ³ /s)	Q20 (en m ³ /s)	Q50 (en m ³ /s)	Q100 (en m ³ /s)
Ravine Mula	M1	18	24	32	38
Ravine Charbonnot	C1	8	11	14	17
Ravine Renone	R1	37	50	67	79
	R2	35	46	62	74
	R3	12	16	21	26
	R4	7	9	12	15
Ravine Sèche	S1	114	153	205	244
	S2	67	90	120	143
	S3	67	90	120	143
	S4	27	36	49	58
	S5	36	49	65	78
Ravine Ruisseau	RU1	13	17	23	28
	RU2	5	7	9	11
Ravine des Cafres	Ca1	69	93	124	148
	Ca2	6	8	11	13
	Ca3	13	18	23	28
	Ca4	22	30	39	47
	Ca5	19	26	35	41
	Ca6	14	19	26	31
	Ca7	2	3	3	4
Ravine Deschenez	D1	35	47	62	74
	D2	19	27	37	45
	D3	34	46	63	75
	D4	19	26	34	41
	D5	15	21	27	33
	D6	4	5	7	8
	D7	13	17	23	27
Ravine Sheunon	Sn1	5	7	10	12
Ravine Maniron	Mn1	67	90	120	143

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des débits de crues estimés (source : rapport de cartographie de l'aléa inondation – projet de PPRi de la commune de L'Étang-Salé, mai 2010, ©Hydrétudes)

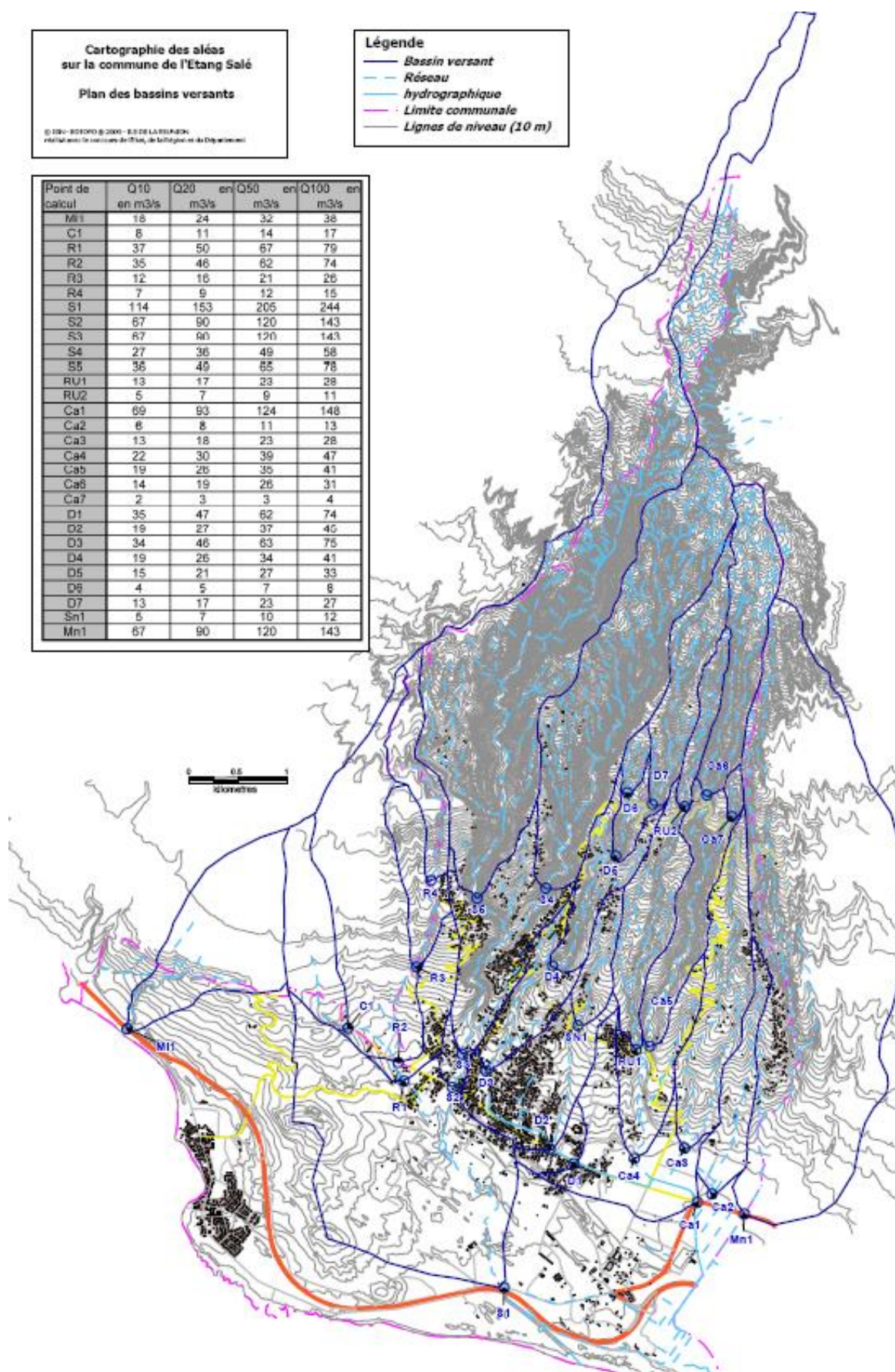


Figure 6 : Plan des bassins versants de la commune de l'Étang-Salé (source : rapport de cartographie de l'aléa inondation – projet de PPRi de la commune de L'Étang-Salé, mai 2010, ©Hydrétudes)

3.1.5. Contexte géologique

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

Cette édification du Piton des Neiges s'est faite en plusieurs phases d'activité volcanique, regroupées classiquement en 4 phases (G. Billard 1974). Les phases anciennes 1 et 2 correspondent à la Série des Océanites et les phases 3 et 4 à la Série des laves différenciées.

La planèze de l'Étang-Salé est formée de coulées de lave émises depuis le Piton des Neiges mais également à partir de coulées qui se sont épanchées depuis des cratères adventifs de basse altitude. Ces derniers ont donné naissance aux cônes stromboliens de la forêt de l'Étang-Salé et des Avirons. Toutes ces coulées se sont épanchées vers la mer.

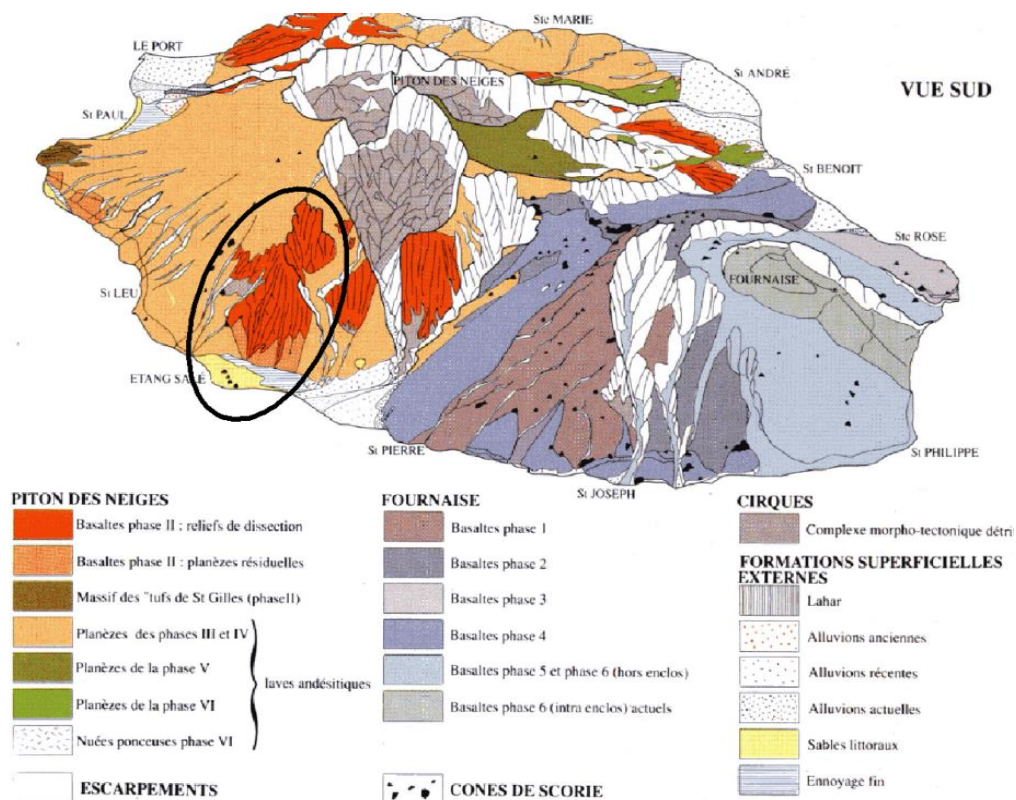


Figure 7 : Perspective morpho-géologique schématique de La Réunion (Raunet, 1991)

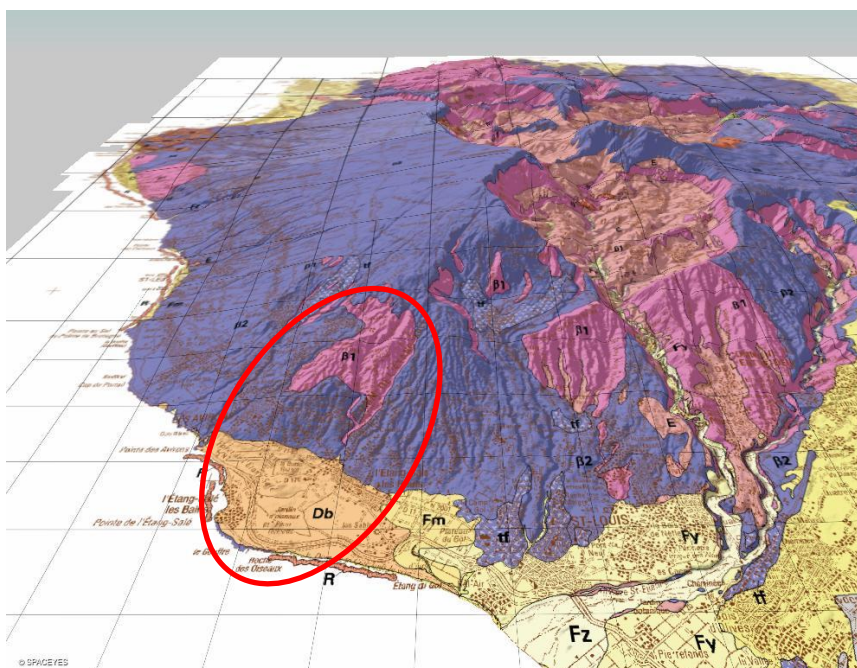


Figure 8 : Perspective géologique de La Réunion (Billard, 1974)

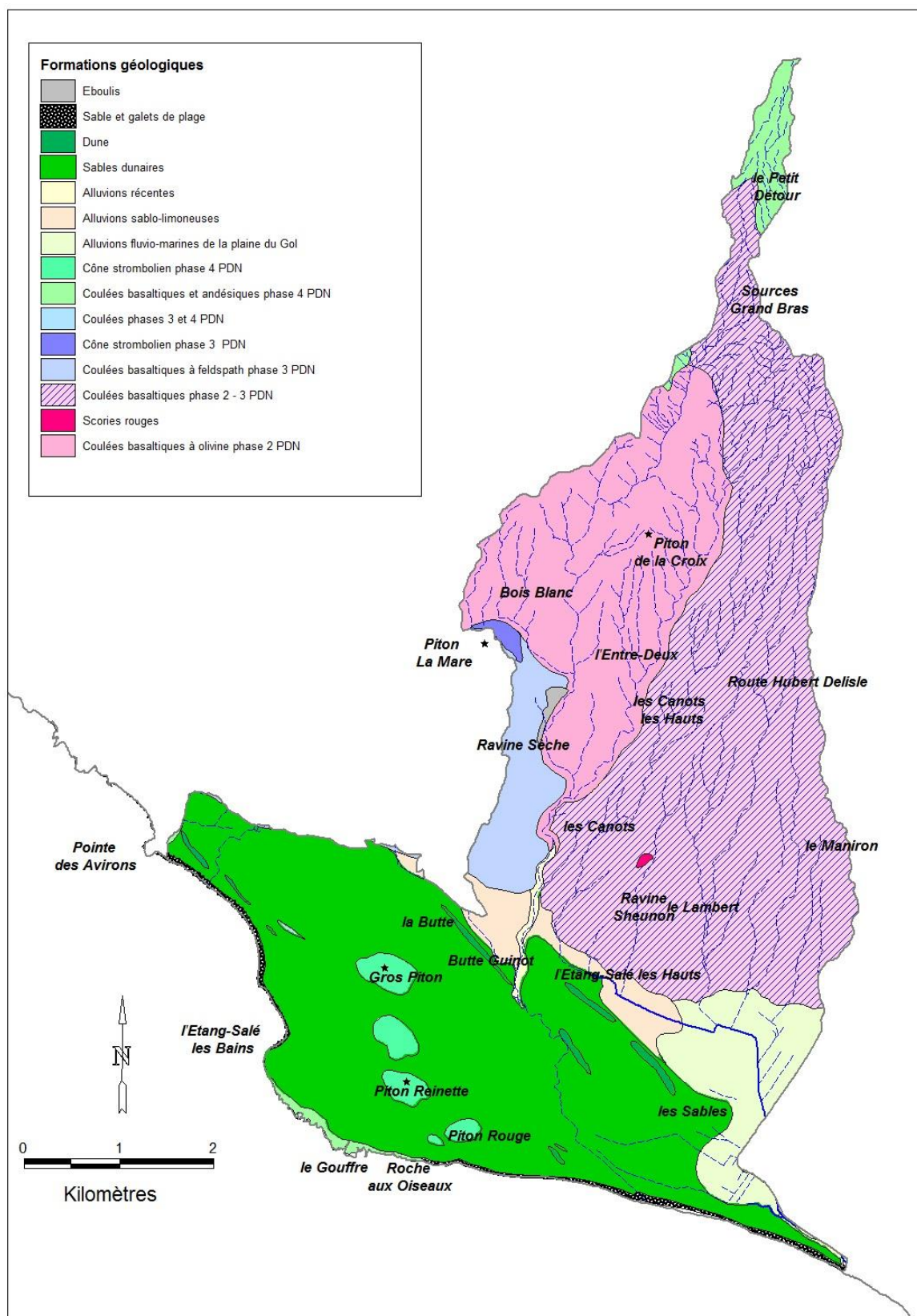


Figure 9 : Illustration de la carte géologique au 1/50 000 (Billard 1974) à l'échelle de la commune de L'Étang-Salé

Les formations volcaniques

- **Les océanites**

Elles affleurent dans la partie Nord-ouest de la commune vers les villages de Bois Blanc, de l'Entre Deux et Piton La Croix et dans les pentes d'encaissements des ravines de Grand Bras et Petit Bras.

Les laves émises sont des basaltes à olivine, souvent vacuolaires, et des basaltes aphyriques. Les datations effectuées sur les océanites de la planèze Ouest du Piton des Neiges ont donné des âges compris entre 550 et 430 ka (datation de la ravine des Avirons, dans le talus de la route Hubert Delisle de 435 +/- 19 Ka - Mac Dougall 1971).

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

- **Les séries différenciées :**

- *Coulées basaltiques à feldspath et andésiques (Bêta2)*

Les roches Pintades peuvent être observées sur les pentes de Ravine Sèche, en contrebas du Piton la Mare, jusque dans la plaine littorale. Nous retrouvons ces coulées dans les talus de la RN1 et de la route des Tamarins, au Nord du village de l'Étang-Salé Les Bains.

Les coulées sont riches en gratons et plus particulièrement sur le pourtour du Piton La Mare et dans les talus de la route qui mène à Bois Blanc.

Les sols développés sur les coulées de roche Pintade sont ferralitiques bruns, souvent riches en gratons. Les laves présentent un début d'altération en boules.

Les faciès roche Pintade n'ont pas été observés en rive gauche du Grand Bras et de la ravine Sèche. En revanche, elles sont signalées en partie sommitale, vers les sources du Grand Bras, à l'altitude + 1350 m.

- *Les laves différenciées aphyriques*

Ces coulées ont été observées dans le quartier de Bois Nèfles au pied de la planèze. La lave, saine, présente un faciès bleuté.

Sur la planèze amont, des coulées de lave aphyriques affleurent dans les talus dominant la route Hubert Delisle. Les coulées sont plus altérées, litées et scoriacées, friables. L'ensemble de ces coulées a été attribué à la phase différenciée. Toutefois, certaines coulées, très altérées, semblent plus anciennes et pourraient appartenir à la Série des océanites récentes.

La cote rocheuse depuis le secteur de la Roche aux Oiseaux - Le Gouffre jusqu'à la Pointe de l'Étang Salé, soit sur une distance de 2 km, est constituée de basaltes aphyriques. Les laves se sont épanchées depuis les cônes de la forêt de l'Étang-Salé. Elles résistent à l'érosion marine.

- **Les formations pyroclastiques**

Les dépôts pyroclastiques résultent d'activités explosives qui ont donné naissance aux nombreux pitons de la forêt de l'Étang-Salé et des basses pentes.

Dans la forêt de l'Étang-Salé, les pitons forment un chapelet de buttes. Les plus remarquables sont le Gros Piton au Nord, le Piton Reinette et le Piton Rouge au Sud, près de la 4 voies (RN1). Ces pitons, morphologiquement aplatis, sont constitués de scories rouges, soudées, autrefois exploitées en carrière. Les scories sont de nature basaltique, aphyrique.

Vers Bois Blanc, la commune de l'Étang-Salé empiète sur le Piton La Mare, cratère situé sur la commune des Avirons. La route d'accès à Bois Blanc passe sur le flanc Est du cône. Les scories soudées, riches en feldspath, forment des surplombs au-dessus de la route. Le cône renferme des coulées de lave (panneaux de roche pintade) qui se sont épanchées depuis le cratère.

Sur la planèze de l'Étang Salé, vers 150 m d'altitude, des scories rouges affleurent dans le talus de la route en rive droite de la ravine Sheunon. Leur présence dans ce secteur témoigne de l'intense activité explosive qui a eu lieu sur la commune de l'Étang-Salé.

La présence de ces nombreux cônes stromboliens témoigne d'une activité volcanique explosive, soutenue et persistante. La commune de l'Étang Salé se situe sur un ancien rift, orienté Nord-Sud.

Les formations détritiques

- **Les sables dunaires**

Les sables dunaires de l'Étang-Salé recouvrent une surface de plus de 12 km², depuis la ravine des Avirons à l'Ouest jusqu'au lieu-dit les Sables à l'Est, où est implantée la zone industrielle.

Les sables remontent à plus de 100 m d'altitude. Ils ont ennoyé les pitons de scories de la forêt de l'Étang Salé, les coulées basaltiques littorales et le pied de planèze.

Les dépôts s'organisent en dunes orientées Nord-ouest / de l'Étang-Salé Les Hauts. Elles se prolongent jusqu'à la zone industrielle des Sables.

De nombreuses dunes ont été arasées du fait de leur utilisation prise dans les enduits traditionnels.

Riches en olivine (40% en moyenne) et en minéraux ferromagnésiens, les sables dunaires sont très fins, avec une granulométrie fine et serrée, inférieure à 1 mm.

Les sables dunaires meubles, à cohésion nulle, reposent sur des sables lités, indurés ayant l'aspect de grès très friables. Ces séquences sableuses peuvent être observées sur la côte et dans les talus excavés de la zone industrielle des Sables.

- **Les colluvions**

Elles forment une couverture plus ou moins continue en surface. Ces dépôts résultent du remaniement des produits volcaniques (blocs de lave, projections, cendres) par les eaux de ruissellement. Leur épaisseur est métrique en moyenne est de 1 à 4 m mais elle peut atteindre plusieurs mètres (>5 m) au droit d'anciens talwegs.

- **Les alluvions des ravines encaissées**

Elles occupent le fond des ravines encaissées (ravine des Avirons, ravine du Ruisseau, ravine des Cafres, ...). Elles sont grossières argilo-limoneuses. Elles renferment des blocs de taille métrique qui proviennent du démantèlement des pentes d'encaissement des ravines amont, et plus particulièrement des éboulis plaqués sur ces pentes.

- **Les alluvions limoneuses**

Ces dépôts sont localisés dans la dépression de la ravine Sèche qui rejoint la plaine du Gol, entre le pied de la planèze et le relief dunaire de la Butte Guinot - ZI des Sables.

Les alluvions sont riches en sables. Ces sables alternent avec alluvions gravelo-limoneuses provenant de l'érosion des sols de la planèze amont.

Les séquences observées dans sondages montrent une alternance régulière de sables propres avec des couches de sables indurés plus ou moins argileux.

Les alluvions fluvio-marines de la plaine du Gol

Les alluvions de la Plaine du Gol renferment des alluvions fluviales gravo-limoneuses, des horizons argilo-limoneux et des sables indurés marins.

Les alluvions de la plaine du Gol sont en continuité et imbriquées avec celles de la dépression de la ravine Sèche.

- **Les sables et galets de plage**

Ces dépôts apparaissent de part et d'autre de la côte rocheuse, vers la plaine du Gol à l'Est, et vers Etang Salé à l'Ouest.

Vers le Gol, les sables sont mêlés à des galets provenant du cône alluvionnaire de la rivière Saint-Etienne.

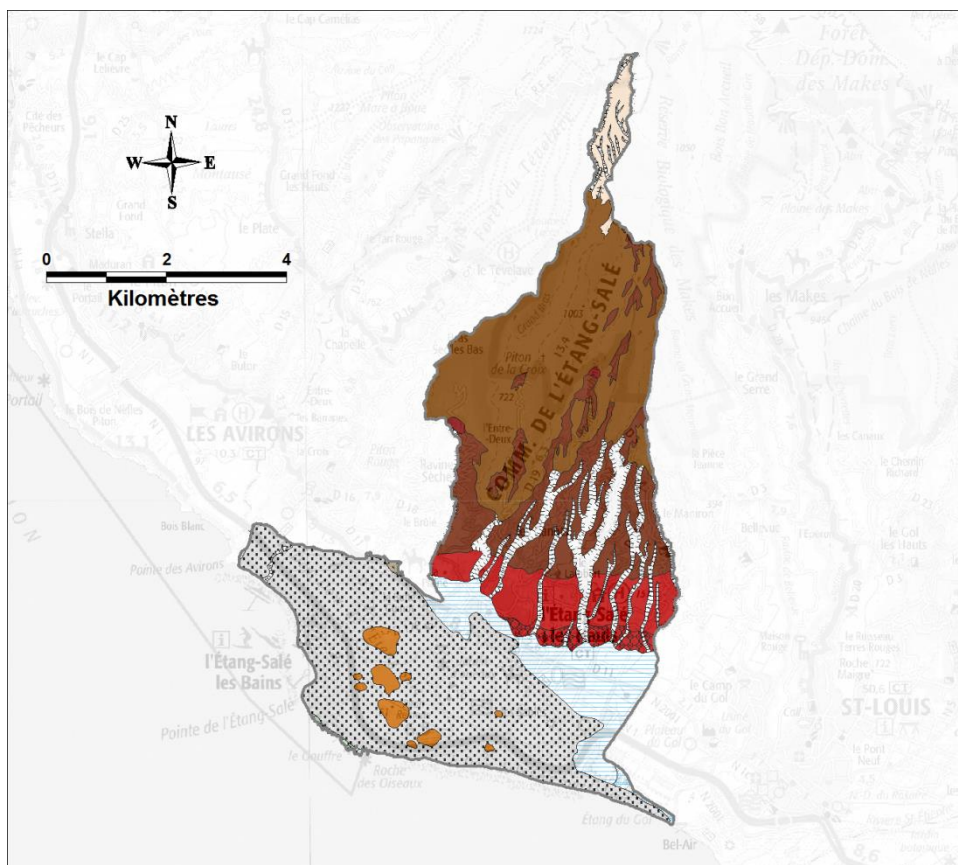
Vers la plage de l'Etang-Salé les Bains, la plage est essentiellement sableuse. Les sables riches en olivine et en ferromagnésien sont enrichis en débris coralliens.

Les sols

L'ensemble des séries volcaniques présente une altération météorique poussée (action des eaux en milieu tropical), qui a affecté la texture et la structure du matériel originel. L'altération qui se développe depuis la surface descend à plusieurs mètres de profondeur. Les coulées de lave et les matériaux pyroclastiques (scories, cendres) les plus anciens qui ont subi plusieurs cycles d'altération sont, de ce fait, plus altérés et des sols se sont développés à partir de ces formations géologiques.

D'après la figure 9, quatre grands ensembles se distinguent sur le territoire communal de L'Étang-Salé :

- en zone littorale, le secteur des sables à olivine vert noirâtre composés de débris de lave, d'olivine, d'augite et de titano-magnétite. Ils présentent une certaine cohésion dans les dépressions inter-dunaires et on quelques mètres d'épaisseur ;
- des sols peu évolués hydromorphes en profondeur, argileux et proches de la nappe ;
- bruns ferrallitiques de couleur versicolore, brun-rouge, moyennement à fortement désaturés qui sont le produit de l'altération des laves en milieu tropical ;
- des sols hétérogènes sur colluvions de pente déjà altérées à caractère ferrallitique ;
- des andosols désaturés, perhydratés ou non, chromique sur cendres épaisses pouvant se rencontrer dans l'extrémité haute de la commune au niveau du lieu-dit le Petit Détour.



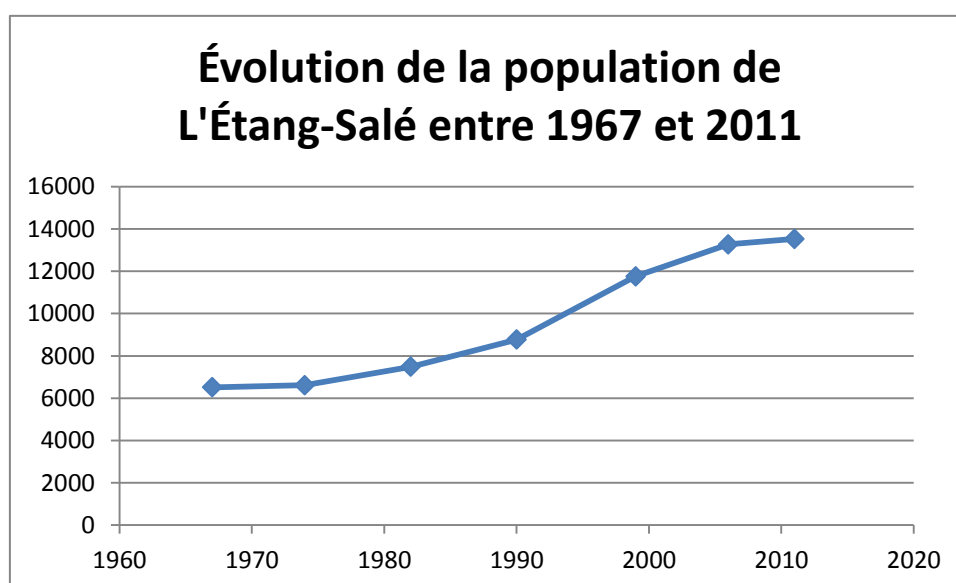
Légende :

- Andosols désaturés non perhydratés chromiques sur cendres épaisses_pentes fortes
- Andosols désaturés perhydratés chromiques sur cendres assez épaisses
- Cônes volcaniques de phase II (2100000 à 430000 ans; océanites)
- Cônes volcaniques de phase IV Piton des Neiges (250000 à 73000 ans; mugéarites)
- Coulées affleurantes et quelques poches de vertisols
- Escarpements volcano-tectoniques ou intra-îlets, ravines, talus
- Grands escarpements à dissection et effondrements (tectonique post-volcanique)
- Sable à olivine vert noirâtre
- Sols bruns ferruginisés sur couche colluviale reposant sur arène feldspathique,
- Sols ferrallitiques bruns fortement désaturés
- Sols ferrallitiques rouges fortement désaturés
- Sols ferrallitiques rouges moyennement désaturés
- Sols hétérogènes sur colluvions de pente déjà altérées à caractère ferrallitique
- Sols hydromorphes inondés ou totalement engorgés
- Sols peu évolués hydromorphes en profondeur (nappe proche) argileux

Figure 10 : Carte morpho-pédologique à l'échelle du 1/50 000
(source : ©CIRAD (Raunet, 1991), fond ©IGN scan100® - 2002)

3.2. ENJEUX ET VULNERABILITE

Évaluée à 6 510 personnes en 1967, la population de L'Étang-Salé a connu depuis une régulière et franche augmentation, s'établissant selon l'estimation de l'I.N.S.E.E. à environ 13 840 en 2012 (soit un accroissement démographique de près de 108 % en 45 ans).



	1967	1974	1982	1990	1999	2006	2011
Population	6510	6610	7479	8769	11755	13266	13530
Densité moyenne (hab./km ²)	168,4	171	193,5	226,9	304,1	343,1	350,1

Tableau 7 : Evolution de la population de L'Étang-Salé (source : ©I.N.S.E.E.)

La densité démographique lors du recensement de 2011 était de 350,1 hab./km² (contre 326,1 hab./km² sur l'ensemble de l'île de La Réunion).

La commune de L'Étang-Salé se divise en plusieurs secteurs qui sont :

- le secteur de L'Étang-Salé-les-Bains situé entre la bordure littorale et la forêt départementale de L'Étang-Salé ;
- la zone industrielle des Sables dans les bas de la commune à proximité de l'étang du Gol ;
- les quartiers du centre-ville qui se situent le long de la RD11 et s'étendent vers les hauts ;
- le secteur des Manirons qui s'étend le long de la limite avec Saint-Louis ;
- les écarts habités, plus ou moins urbanisés autour des RD18, RD19, RD3 et RD110, correspondant en particulier (liste non exhaustive) :
 - au secteur des Canots;
 - au secteur de la Ravine Sèche ;
 - au secteur du Lambert.

Le parc de logement s'établissait en 2011 à 5 398 unités (constitué à 91.1 % de résidences principales), soit une augmentation de 34,5 % depuis le recensement de 1999 et 108 % depuis 1967, illustrant une très forte pression foncière existant sur la commune de L'Étang-Salé.

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

- les services de sécurité, de secours (gendarmerie, caserne de pompiers) ;

- les espaces communaux, les zones d'activités commerciales (Z.A.C.), les zones d'insalubrité (R.H.I.) ;
- les voies de circulation (R.N.1, R.N.1A, D.11, D.19, D.110, D.111., D.11, D.18, D.3) ;
- le réseau d'Adduction d'Eau Potable (captages, stations de traitement) ;
- les établissements d'enseignement (écoles, collèges) ;
- les bâtiments administratifs (mairie principale et mairies annexes) ;
- les autres établissements recevant du public (lieux de culte, équipements sportifs, golf) ;
- 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 et dans les bas par la forêt départementale de L'Étang-Salé.

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

4. Historicité et caractérisation des phénomènes naturels

4.1. PHENOMENES HISTORIQUES

L'ensemble des événements recensés ayant affecté par le passé le territoire communal de L'Étang-Salé 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 : « L'Étang-Salé 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 :

1931

Coulée boueuse suite au passage d'un cyclone en mars¹ ;

1944

Mairie inondée et canalisations brisées en avril 1944 lors du débordement de la ravine Deschenez¹.

1948

Chute de bloc ou éboulement suite au passage d'un cyclone en janvier¹ ;

1958

Fortes pluies et route nationale coupée en mars¹ ;

1960

Deux glissements sur le territoire communal¹ ;

1980

Fortes pluies et débordement de la ravine Sèche entraînant la coupure de la route nationale et de la déviation vers l'Étang-Salé-les-Hauts suite au passage du cyclone Hyacinthe¹ ;

1986

Inondation de la plaine du Gol suite au passage du cyclone Erinesta en février

Bordereau d'inondation, Mairie d'Étang-Salé

1987

Débordement de ravines et inondations d'habitations suite au passage du cyclone Clotilda¹ ;

1989

Débordements de ravines suite au passage du cyclone Firinga. L'eau déborde sur les routes et les parcelles habitées² ;

¹ Phénomènes connus recensés par Hydrétudes dans le rapport RE04-033, mai 2010.

1993

Janvier- cyclone Colina :

Débordements de ravines dont la ravine Sèche. Les quartiers de Manirons, des Canots et du Lambert sont les plus touchés par les inondations² ;

Février – épisode de fortes pluies :

Débordement de ravine et inondations d'habitations dans le secteur des Sables ;

Débordement entraînant un endommagement de la route à proximité du Trou d'Eau ;

Débordement de ravine et inondation de terrains à L'Étang-Salé-les-Bains ;

Courrier de la DDE

1994

Débordement des ravines Sèche, Deschenez, des Cafres et du Ruisseau avec endommagement du réseau routier suite au passage du cyclone Hollanda² ;

2002

Débordement de la ravine Sèche et du Petit-Bras avec inondations en amont de la route nationale et évacuation d'une famille aux Canots à la suite du passage du cyclone Dina² ;

2007

Trois glissements et une chute de bloc le long de la R.D. 3 ;

Événement figurant dans la base de données BDMVT, BRGM

2008

Débordement de la ravine Deschenez sur la route nationale et inondations de plusieurs cases. Sur la route, en certains endroits, on passait l'eau aux genoux² ;

2013

Les canalisations sont détruites et une personne péri noyée en mars 2013 suite au débordement de la ravine Deschenez² ;

2014

Deux glissements suite au passage du cyclone Béchisa le 2 janvier

Rapport BRGM RP-63334-FR et Rapport BRGM RP-63303-FR

4.2. ARRETES DE CATASTROPHES NATURELS

Depuis 1993, 9 arrêtés de catastrophes naturelles ont été recensés sur la commune. Le tableau ci-après en présente la liste :

² Phénomènes connus recensés par Hydrétudes dans le rapport RE04-033, mai 2010.

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	18/01/1993	20/01/1993	18/05/1993	12/06/1993
Inondations et coulées de boue	10/02/1994	12/02/1994	12/04/1994	23/04/1994
Inondations et coulées de boue	22/01/2002	23/01/2002	05/02/2002	08/02/2002
Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	24/02/2007	27/02/2007	23/03/2007	28/03/2007
Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	12/05/2007	13/05/2007	14/11/2007	16/11/2007
Inondations et coulées de boue	30/01/2011	30/01/2011	30/03/2011	06/04/2011
Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	01/01/2014	03/01/2014	13/05/2014	18/05/2014
Inondations et coulées de boue	01/01/2014	03/01/2014	17/01/2014	18/01/2014
Mouvements de terrain	01/01/2014	03/01/2014	22/04/2014	26/04/2014

Tableau 8 : Liste des arrêtés de catastrophes naturelle sur la commune de L'Étang-Salé (source : www.prim.net - Portail de la Prévention des Risques majeurs du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie - mise à jour 30/06/2014)

Les ouvrages généraux de Météo-France (Soler, 1997 et Mayoka, 1998), indiquent les cyclones majeurs ayant concernés La Réunion, et plus ou moins directement L'Étang-Salé, depuis 1980 (cf. Tableau 9).

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

Tableau 9 : Liste des cyclones notables selon Météo-France

Cette liste peut être complétée par le cyclone Bėjisa de janvier 2014 dont le mur de l'œil est passé à une dizaine de kilomètres de la pointe des Trois-Bassins avec des vents à la vitesse maximum instantanée enregistrée à 178 km/h au gîte de Bellecombe.

4.3. CARACTERISATION DES PHENOMENES MOUVEMENTS DE TERRAIN

D'une manière générale, un mouvement de terrain est une manifestation du déplacement gravitaire de masses de terrain déstabilisées sous l'effet de sollicitations naturelles (pluviométrie anormalement forte...) ou anthropiques (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 L'Étang-Salé sont :

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

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

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

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

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

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

- **individualisation de blocs** au sein d'une formation massive fracturée ou d'une formation hétérogène présentant une matrice à grain fin (cas typique au sein des altérites avec altération en « boules ») ;
- **présence de facteurs naturels** favorables à la mobilisation des blocs :

- action mécanique de l'eau (pression hydrostatique dues à l'infiltration des eaux météoritiques dans les interstices ou les fissures du matériel rocheux) ;
- présence éventuelle d'une formation sous-jacente plus meuble, déformable ou érodable, induisant des contrastes de compétence (intercalation de niveaux de 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).

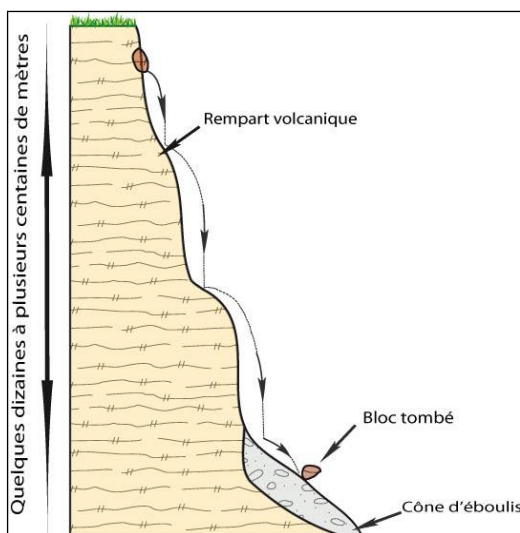


Figure 11 : Chute d'un bloc isolé

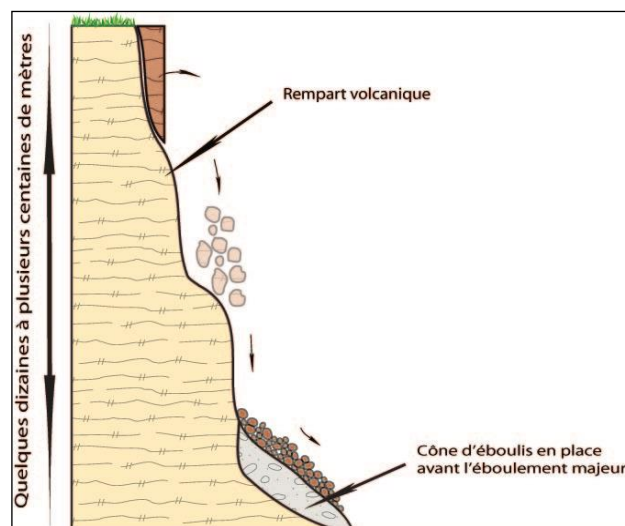


Figure 12 : Eboulement

Exemples de manifestations rencontrées :

Versants de ravines encaissées

La RD3 est un axe particulièrement touché sur la commune. A partir des informations présentées dans la base de données des mouvements de terrain connus (bdmvt : <http://www.georisques.gouv.fr/>), une chute de blocs a été recensée en 2007 au niveau d'un radier permettant le franchissement d'un des affluents de la ravine des Cafres (information peu précise).

Une chute de bloc a également été recensée au niveau de la route nationale au lieu-dit le Trou d'Eau en 1948.

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

Les glissements de terrain sont des déplacements en masse affectant des formations géologiques meubles, sur une surface de rupture et au cours desquels les produits déplacés gardent leur cohérence. La surface de rupture peut être plane (sur une discontinuité lithologique – on parle de glissement-plan) ou courbe (glissement rotationnel); les lois mécaniques de la rupture des matériaux font que cette surface a une forme plus ou moins sphérique en général. Sa profondeur

peut varier de l'ordre du mètre (voire moins – glissements superficiels) à quelques dizaines de mètres (voire sensiblement plus pour des phénomènes exceptionnels).

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

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

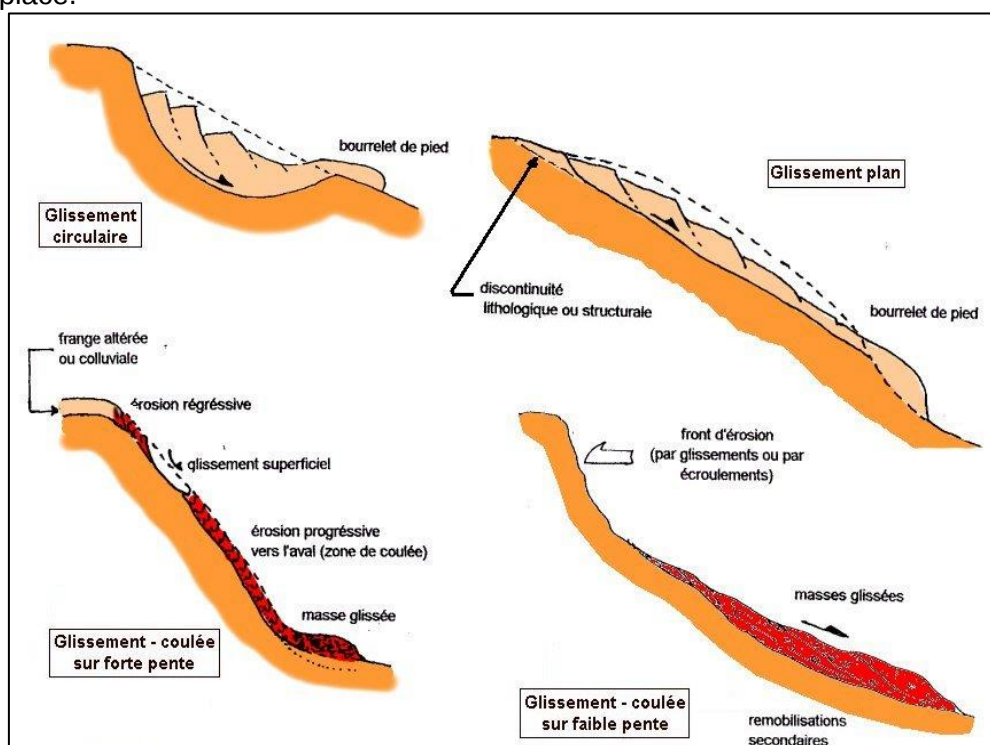


Figure 13 : Représentations schématiques des principaux types de glissement (source : ©BRGM, www.bdmvt.net)

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

Les principaux paramètres intervenant dans le mécanisme de glissement sont :

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

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

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

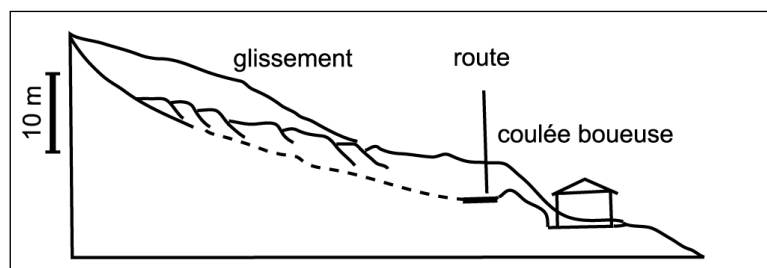


Figure 14 : Représentation schématique du glissement-coulée (exemple de Montauban, 1993 – cf. ci-après)

Exemples de manifestations rencontrées :

Glissements au droit des versants de ravine

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

Le glissement de terrain qui s'est produit sur la RD3, au niveau de la source Deschenez au PR150 + 160 suite au passage du cyclone Béjisa en janvier 2014 illustre ce phénomène.



Figure 15 : Glissement de terrain à L'Étang-Salé sur la RD3 en janvier 2014 (©BRGM)

Coulée de boue

Une coulée de boue datant de mars 1931 est recensée sur le territoire communal à proximité de la route nationale vers le lieu-dit du Trou d' Eau.

Phénomènes d'embâcle/débâcle

Le phénomène d'*embâcle* correspond à l'obstruction d'un cours d'eau par accumulation de matériaux divers (écroulements de bord de versant ou érosion "en grand" d'un versant). Une retenue d'eau se forme à l'amont du barrage naturel qui peut rompre sous l'effet des pressions hydrauliques. Selon le profil du cours d'eau, une rupture brutale peut donner naissance à une onde de crue, avec ou sans transport solide ou à une lave torrentielle dévastatrice : on parle alors de *débâcle*.

Ces phénomènes sont susceptibles d'entraîner la formation de **laves torrentielles**, dont le comportement est intermédiaire entre celui des glissements de terrain et des crues. La terminologie est à l'image des phénomènes, variée et complexe. Sur le territoire de la commune de Saint Leu, les conditions pour que de tels phénomènes surviennent (précipitations abondantes, pentes généralement fortes, terrains meubles, éboulis stockés sur les pentes) peuvent être réunies.

Etant donné le caractère soudain et énergétique du phénomène, les effets des laves torrentielles sont potentiellement très destructeurs et meurtriers.

4.3.3. Érosion et ravinement (E)

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

Les érosions de berge

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

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

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

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

Ces phénomènes d'érosion de berge concernent de façon plus ou moins généralisée – 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.

Le ravinement

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

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

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

sol d'absorber les eaux excédentaires apparaît lorsque l'intensité des pluies est supérieure au pouvoir d'absorption du sol.

Les zones touchées sont souvent des terrains en partie dénudés et vallonnés, voire accidentés, qui favorisent de ce fait le développement et la concentration de ruissellements.

Bien que dans le cas général il s'agisse d'un processus lent, avec une abrasion des terrains sur une épaisseur n'excédant pas quelques centimètres par an, l'érosion peut prendre une ampleur sensiblement plus importante (notamment sous l'effet du passage de courants à forte densité de type « lave torrentielle ») et être un phénomène très rapide. Lorsque les matériaux entraînés se concentrent, des coulées de boues peuvent apparaître.

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.

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 l'Étang-Salé :

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

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

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

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

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

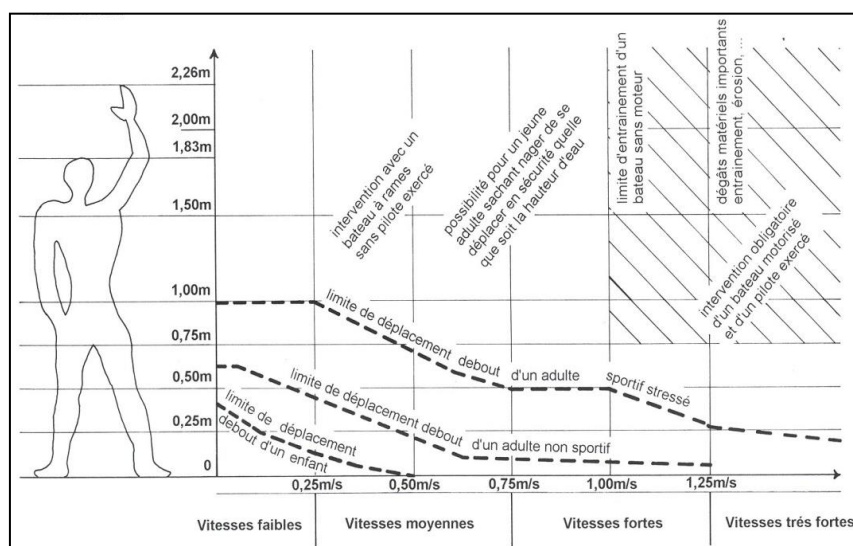


Figure 16 : Possibilité de déplacement des personnes en fonction des caractéristiques d'écoulement (source : Guide PPRi ruissellement péri-urbain M.E.D.D.E.)

Exemples de manifestations rencontrées :

Figure 17 : Inondation aux abords de la RN1 le 24 janvier 2002 (cyclone DINA) suite aux débordements de la ravine Sèche (© Le Quotidien)



Figure 18 : Inondation de janvier 2002 (cyclone DINA) à Etang-Salé-les-Bains (© Site internet de la mairie d'Étang Salé)

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., 2008³), 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.

5.1.1. Notion d'intensité et de fréquence

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.

L'estimation de la probabilité d'occurrence d'un phénomène de nature et d'intensité donnée passe par l'analyse statistique de longues séries de mesures. Elle s'exprime généralement par une **période de retour**, qui correspond à la durée moyenne séparant deux occurrences du phénomène.

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.

³ Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. Robin Fell, Jordi Corominas, Christophe Bonnard, Leonardo Cascini, Eric Leroi, William Z. Savage on behalf of the JTC-1 Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes.

5.1.2. Remarques relatives aux règles de zonage

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

De nombreuses zones, dans lesquelles aucun phénomène actif n'a été décelé, sont cependant décrites comme étant exposées à un aléa 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 à modéré qui traduisent la décroissance de l'intensité et/ou de la probabilité du phénomène avec l'éloignement. Cette gradation est théorique et elle n'est pas toujours représentée notamment du fait des contraintes d'échelle et de dessin.

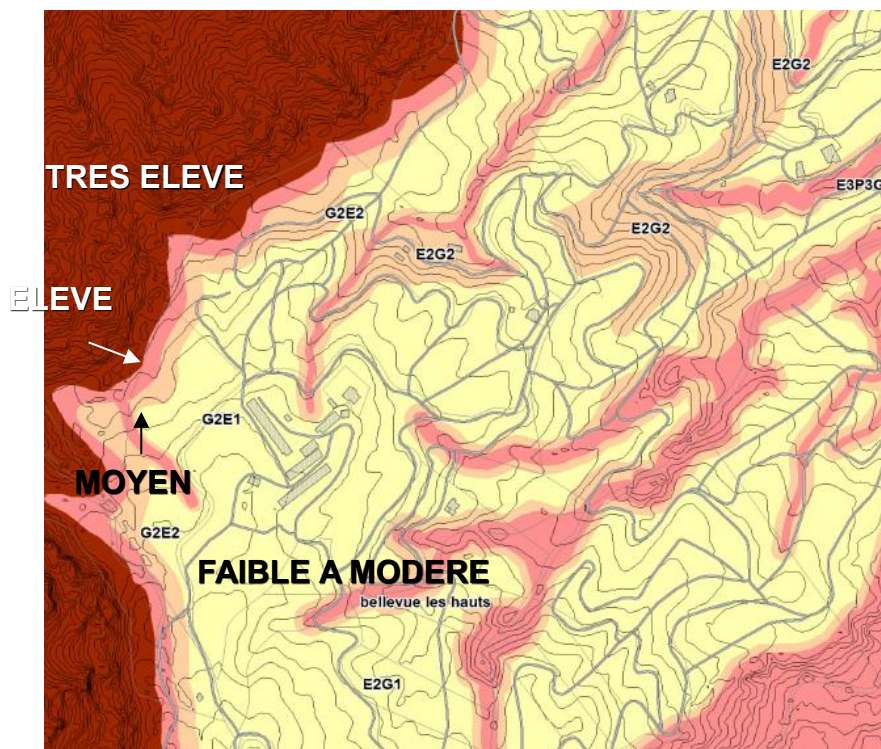


Figure 19 : Exemple de représentation de la notion de continuité du niveau d'aléa mouvements de terrain

5.2. ALEA INONDATION

5.2.1. Méthode d'évaluation de l'aléa

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

La méthodologie de travail pour établir la carte d'aléa inondation s'appuie sur une démarche « à dire d'experts » (approche naturaliste), sans recours à des modélisations systématiques, hormis pour la ravine Sèche qui a fait l'objet d'une modélisation 2D à son exutoire au niveau de la zone des Sables⁴.

La démarche d'élaboration du zonage inondation s'est effectuée en intégrant l'analyse de l'hydrologie des bassins versants du territoire communal (estimation des débits de crue), l'analyse hydrogéomorphologique appuyée par des enquêtes de terrain (traduction des débits de crue sur le terrain en termes d'inondabilité) et l'intégration des phénomènes historiques connus (éléments de calage). Quelques calculs hydrauliques ponctuels d'écoulement 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 éléments techniques suivants sont utilisés dans le cadre de cette démarche :

- 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®). La précision altimétrique est de l'ordre de 20 cm et la précision planimétrique est de l'ordre de 50 cm.
- **la connaissance nouvelle** sur les inondations sur le territoire, et plus particulièrement au droit des secteurs à enjeux de la commune (ZI des Sables notamment, intégration des résultats d'une modélisation hydraulique récente (Hydrétudes, 2012)). Des visites ponctuelles ont été réalisées afin de préciser le zonage dans les principaux secteurs à enjeux ;
- une **mise en cohérence avec la cartographie de l'aléa mouvements de terrain** ;

Les récentes données de l'IGN (Bd Topo 2012 et les orthophotos de 2011) font également partie des données fréquemment utilisées dans la démarche de précision de la cartographie.

La cartographie « inondation » est présentée sur fonds topographiques :

- à l'échelle 1/12 500 pour l'ensemble du périmètre d'étude (planche 1) ;
- à l'échelle 1/5 000 sur les secteurs à enjeux de la commune, qui correspondent aux zones bâties (planche 2 à planche 4) ;

La cartographie de l'aléa inondation sur la commune de L'Étang-Salé a fait l'objet d'un « porter à connaissance » par courrier du Préfet le 3 février 2015.

⁴ Cf annexe 4

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) :

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

Tableau 10 : 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 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 a débuté en 2013, une fois la cartographie de l'aléa inondation établie. Cette cartographie 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.

L'aléa mouvements de terrain a fait l'objet d'un « porter à connaissance » le 3 février 2015, préalablement à l'arrêté de prescription d'un projet de Plan de Prévention des Risques (PPR) multi-aléas (mouvements de terrain et inondation) sur la commune de L'Étang-Salé (arrêté préfectoral n°2015-412/SG/DRCTCV en date du 12 mars 2015).

La cartographie est élaborée à partir d'une approche « à dire d'experts », sans recours à des modélisations et/ou sondages systématiques, en intégrant les outils méthodologiques suivants :

- 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 2013 et 2014 ;

- 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. Aussi, l'IGN a étendu cette base de données à l'ensemble de l'île en produisant un Modèle Numérique de Terrain Réunionnais (MNTR®). La précision altimétrique est de l'ordre de 20 cm et la précision planimétrique est de l'ordre de 50 cm ;
- la **mise en cohérence avec l'aléa inondation** (pour l'aléa érosion de berges notamment).

Les récentes données de l'IGN (Bd Topo 2012 et les orthophotos de 2011) font également partie des données fréquemment utilisées dans la démarche de précision de la cartographie.

La cartographie mouvements de terrain est présentée sur fonds topographiques :

- à l'échelle 1/12 500 pour l'ensemble du périmètre d'étude (planche 1) ;
- à l'échelle 1/5 000 sur les secteurs à enjeux de la commune, qui correspondent aux zones bâties (planche 2 à planche 4) ;

5.3.2. Facteurs de prédisposition et facteurs non permanents

Afin de mieux cerner les mouvements de terrain, il est nécessaire de déterminer dans quels contextes ils peuvent se manifester. Pour cela, des facteurs de prédisposition (permanents) et des facteurs non permanents (aggravants ou non) ont été différenciés :

- **facteurs de prédisposition**
 - géologie : nature, altération, fracturation, épaisseur des faciès ;
 - morphologie : pentes, encaissement.
- **facteurs non permanents**
 - 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 ...

La définition et l'affinage des critères de prédisposition font appel à l'expérience du BRGM, sur les phénomènes naturels à La Réunion, ainsi qu'à un inventaire des phénomènes à risque sur la commune et à proximité immédiate (recherche historique en mairie, enquête auprès des habitants, etc.). On peut identifier trois principales catégories de terrain, pour lesquelles la nature des phénomènes à risques associés et les critères d'évaluation d'aléas varient sensiblement :

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

Tableau 11 : Type de phénomène rencontrés en fonction des catégories de terrain

Il est toutefois possible de procéder à des sous-classes de formations géologiques en fonction des besoins.

5.3.3. Méthodologie d'évaluation de l'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 : plus les terrains seront indurés (roche, etc.) et moins ils seront instables vis-à-vis de la pente, et inversement.

Peuvent s'ajouter au facteur de base des facteurs locaux, 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'indices d'instabilité ou 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.

L'intensité d'un phénomène naturel à risque est donc représentée par un chiffre, comme suit :

Niveau d'intensité	Chiffre
Nul à très faible	0
Faible	1
Moyen	2
Fort	3
Majeur	4

Tableau 12 : Intensité du phénomène

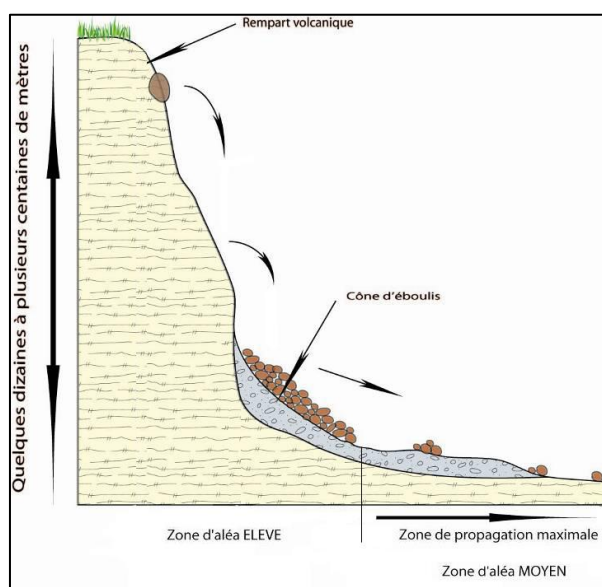


Figure 20 : Principe de décroissance de l'intensité du phénomène chute de blocs avec l'éloignement de la source de départ

Le niveau d'intensité ne doit pas être confondu avec le niveau d'aléa, ce dernier résultant essentiellement du croisement de l'intensité de divers phénomènes à risque sur une même zone.

De façon pratique, il convient de retenir que le zonage d'intensité distingue des secteurs homogènes où le niveau d'exposition a été considéré constant. Dans chaque zone homogène, on retrouve un contexte géomorphologique similaire à celui existant au droit d'une zone ayant été affecté par l'évènement de référence connu ou prévisible. 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).

La nature et l'intensité des phénomènes à risque sont reportés sur les cartes d'aléas par une lettre (nature) suivie d'un chiffre (niveau d'intensité).

Phénomène	Intensité du phénomène	Symbole
Chute de pierres, de blocs et éboulements	Faible	P1
	Moyen	P2
	Fort	P3
	Majeur	P4
Glissements de terrain	Faible	G1
	Moyen	G2
	Fort	G3
	Majeur	G4
Erosion (érosion de berges, ravinement)	Faible	E1
	Moyen	E2
	Fort	E3
	Majeur	E4

Tableau 13 : Codification des aléas mouvements de terrain selon l'intensité

5.3.4. Qualification de l'aléa mouvements de terrain

Comme pour l'évaluation de l'intensité, la méthode consiste en une démarche naturaliste de type expertise. En combinant à cette approche naturaliste un historique des phénomènes naturels dans la zone et l'expérience du bureau d'études, il est possible de définir une série de contextes, auxquels seront rattachés des critères physiques afin de définir un niveau d'aléa en accord avec l'évènement de référence prévisible sur la zone considérée.

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 à modéré** : 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 à modéré, 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 urbains à enjeux 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.

Pour évaluer l'aléa, il est nécessaire d'intégrer l'ensemble des phénomènes naturels mouvement de terrain sur la zone considérée ; le phénomène le plus intense conditionnant le niveau d'aléa sauf pour l'aléa faible (cf. Tableau 14).

Intensité du phénomène	Niveau d'aléa	Exemple de types de zones	Echelle à laquelle l'aléa peut être traité
si un phénomène d'intensité 1 et/ou un phénomène d'intensité 2	Faible à modéré	P1, G1, P1G1, P2, G2, G2P1, P2G1	Echelle de la parcelle individuelle
si plus d'un phénomène d'intensité 2	Moyen	P2G2, E2G2, E2P2	Echelle du versant ou du regroupement de propriétaires
si au moins un phénomène d'intensité 3	Elevé	P3, E3, G3 et toute combinaison comprenant un de ceux-ci	Parades techniques difficiles ou coûteuses
si au moins un phénomène d'intensité 4	Très élevé	P4, E4, G4 et toute combinaison comprenant un de ceux-ci	Pas de parade technique (financièrement envisageable pour des projets « classiques »)

Tableau 14 : Caractérisation du niveau d'aléa mouvements de terrain en fonction de l'intensité du phénomène

5.4. EXEMPLE DE CARTOGRAPHIE AU DROIT DE SECTEURS A ENJEUX

Afin d'illustrer les zonages inondation et mouvements de terrain élaborés, quelques exemples de secteurs à enjeux de la commune sont présentés ci-dessous :

- secteur de l'Entre Deux ;
- secteur de la ZI des Sables – Ravine Sèche ;
- Secteur de la Butte Citronelle – projet de RHI ;.

Pour ces secteurs, un extrait de la carte réglementaire est également fourni afin d'illustrer la traduction réglementaire de l'aléa moyen mouvements de terrain qui peut être différente selon les caractéristiques des secteurs (R2 ou B2u, cf. règlement du projet de PPR pour la définition des zones et la méthodologie de distinction permettant le classement réglementaire).

La légende associée aux extraits cartographiques présentés est la suivante :

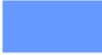
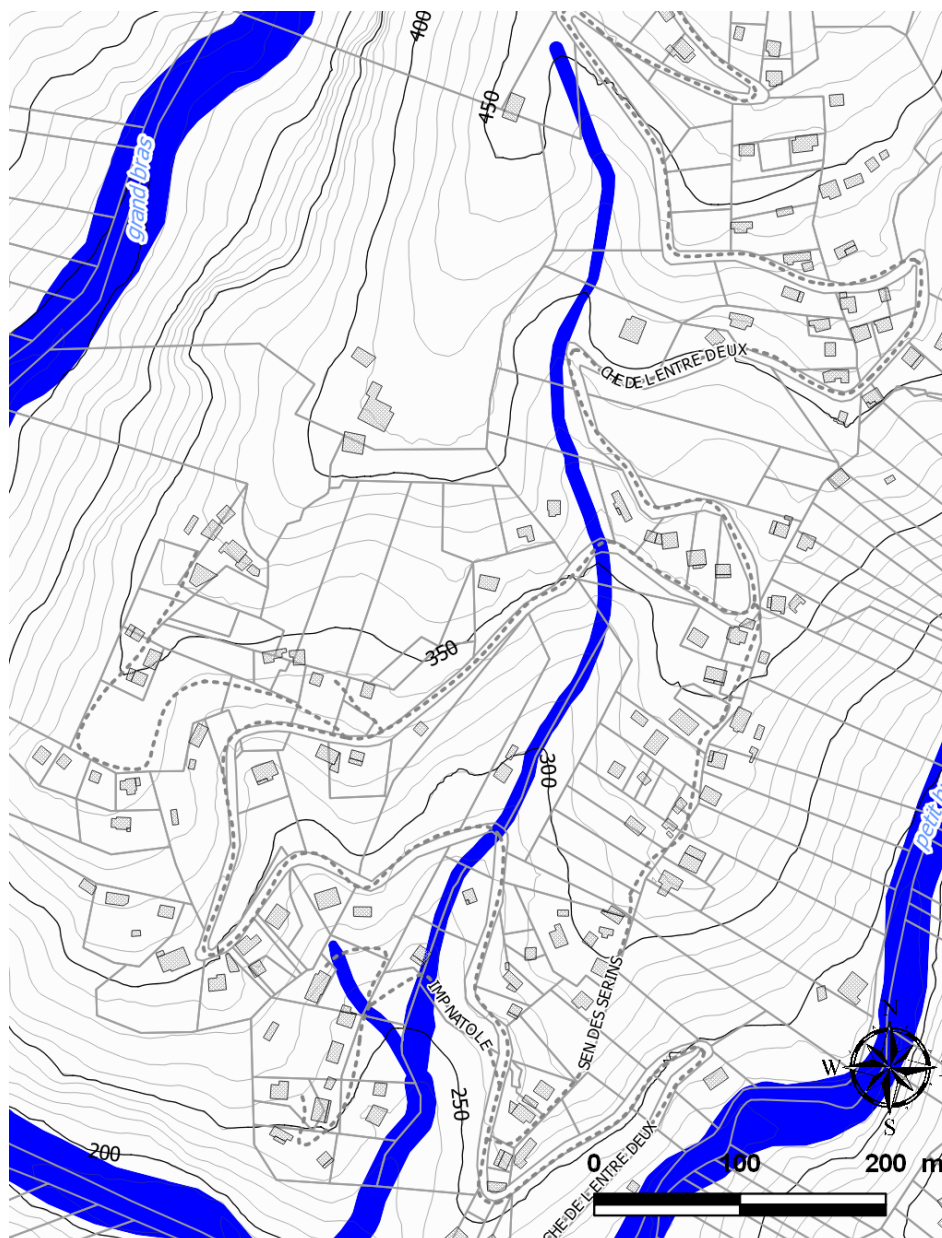
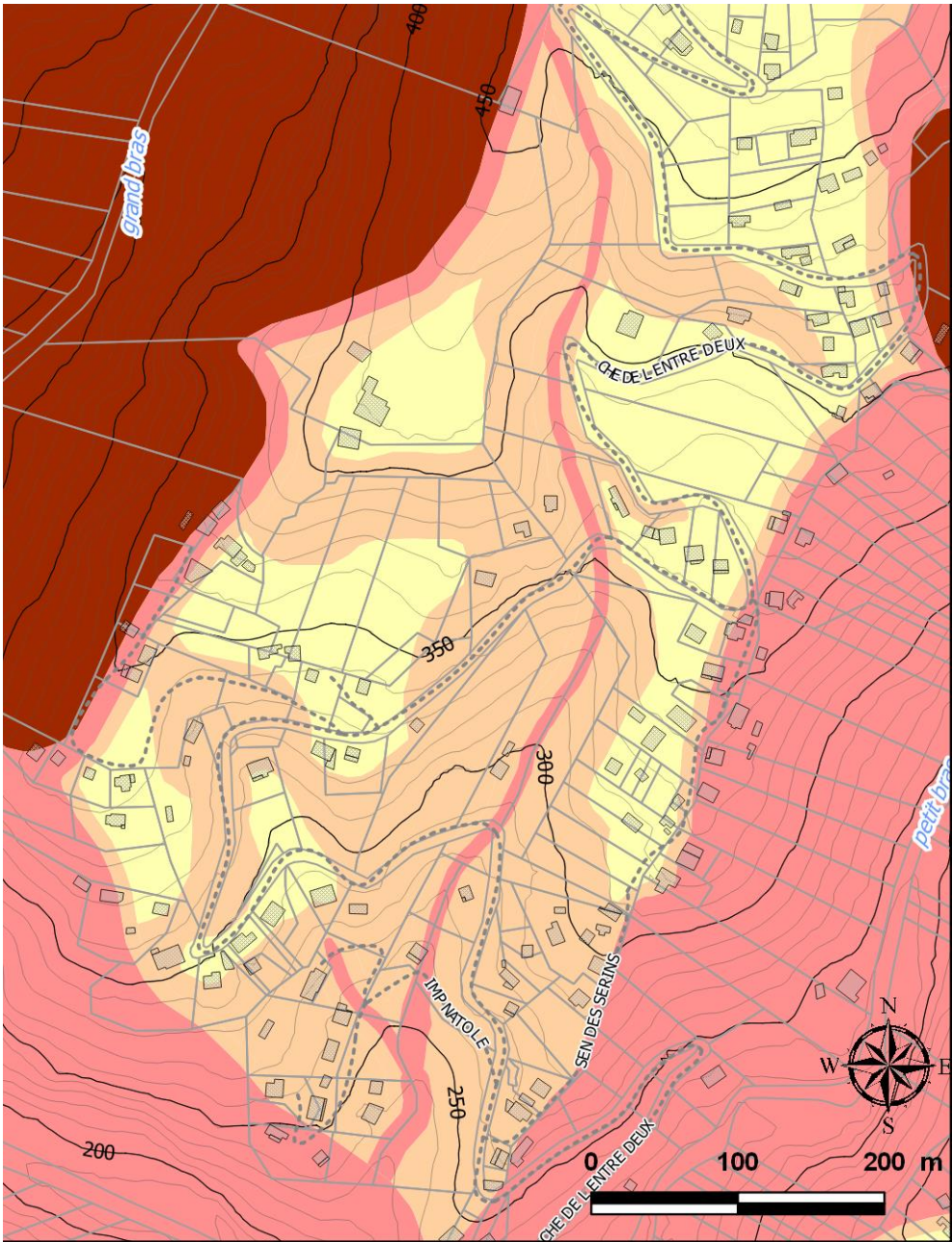
Niveau d'aléa MVT	Niveau d'aléa Inondation	Zonage réglementaire
 TRES ELEVE  ELEVE  MOYEN  FAIBLE A MODERE NUL	 FORT  MOYEN  FAIBLE NUL	 R1  R2  B2  B2u  B3

Tableau 15 : Légendes des extraits cartographiques du projet de PPR

Secteur de l'Entre-Deux

Ce secteur en partie urbanisé est situé sur un plateau entre le Petit Bras et le Grand Bras. Les terrains présentent une pente moyenne soutenue de l'ordre de 20°, avec des pentes localement fortes (pouvant atteindre 40°). Les terrains en place sont altérés et les nombreux talus en déblais confirment des caractéristiques potentiellement médiocres. Un aléa moyen MVT est considéré au droit des zones les plus pentues du secteur et en recul des encaissements bordant le plateau. Ailleurs, ponctuellement, un aléa faible à modéré MVT est retenu où les terrains sont suffisamment éloignés des risques d'atteinte des instabilités potentielles pouvant se développer (glissement superficiel suite à de fortes pluies, ravinement, voire chute et/ou remobilisation de blocs). Hormis au droit des terrains présentant des configurations morphologiques délicates à sécuriser dans l'optique de réalisation d'une construction (pentes supérieures à 35-40°, sans espace disponible), une partie des terrains sont jugés sécurisables, sous réserve d'une conception et d'une réalisation conforme aux prescriptions de l'étude préalable ; ce qui justifie un classement partiel des terrains en aléa moyen MVT en B2u au zonage réglementaire du PPR. Il s'agit des terrains dont les pentes sur peu significatives (longueur de rampant et valeur de pente) au sein de l'aléa moyen MVT, dans des zones où aucun indice d'instabilité n'a été observé.





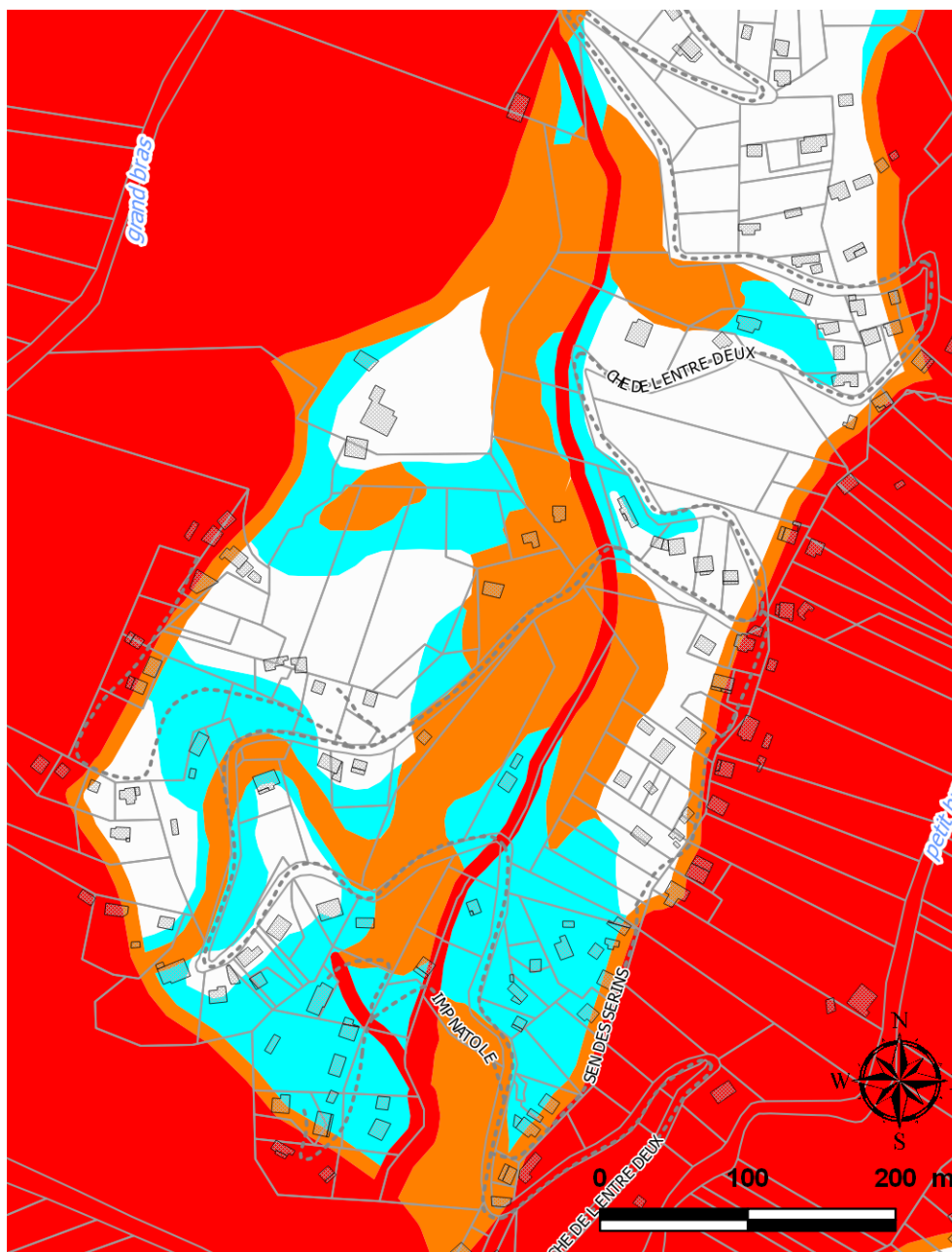
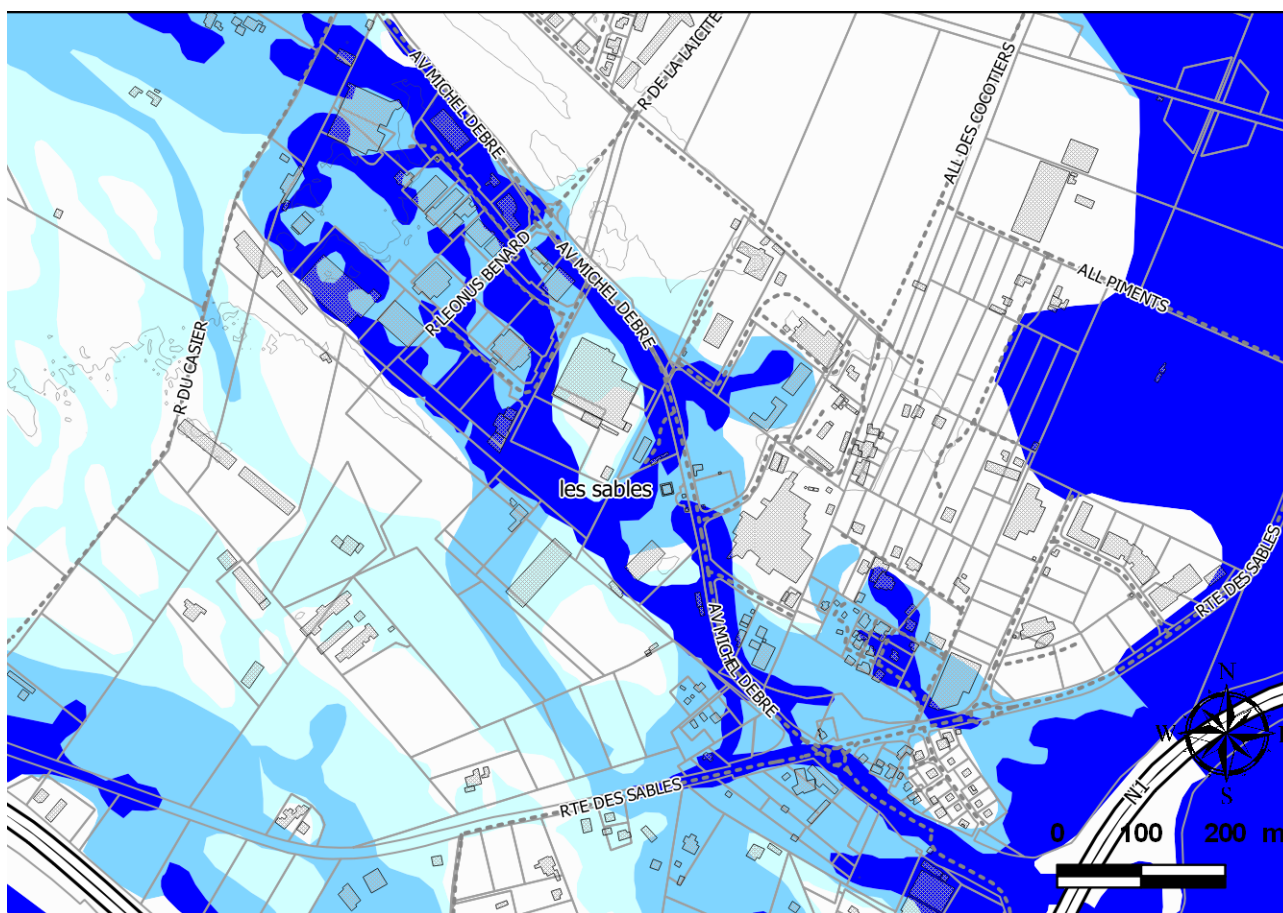


Figure 21 : Extraits de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et de la carte réglementaire au droit du secteur de l'Entre-Deux

Secteur de la ZI des Sables – Ravine Sèche

Le zonage inondation du projet de PPR d'Étang-Salé au droit de ce secteur intègre les résultats d'une modélisation hydraulique de la ravine Sèche réalisée en 2012 par le cabinet Hydrétudes (rapport Hydrétudes R04-033). Le zonage est relativement précis et permet de distinguer finement les différentes zones inondées en crue centennale (différents niveaux d'aléas représentés) dans ce secteur où les pentes sont faibles et le réseau hydrographique peu marqué. Les résultats montrent des poches d'accumulations d'eau notamment au niveau du remblai de la 2x2 voies (RN1) où des hauteurs d'eaux maximales estimées lors de la modélisation sont de 1,9 m avec des vitesses maximales de 1,5 m/s dans le secteur. En cas de crues répétées et potentiellement en cas de crue centennale, les vitesses d'écoulement peuvent induire des phénomènes d'érosion ou de ravinement sur le long terme. A partir des résultats de la modélisation hydraulique, les zones de vitesses d'écoulement importantes (supérieures à 1m/s) sont ainsi considérées en zones d'aléa moyen mouvements de terrain afin de tenir compte des risques érosifs associés aux crues.

Le zonage inondation du secteur conditionne le projet de zonage réglementaire du PPR dans ce secteur.



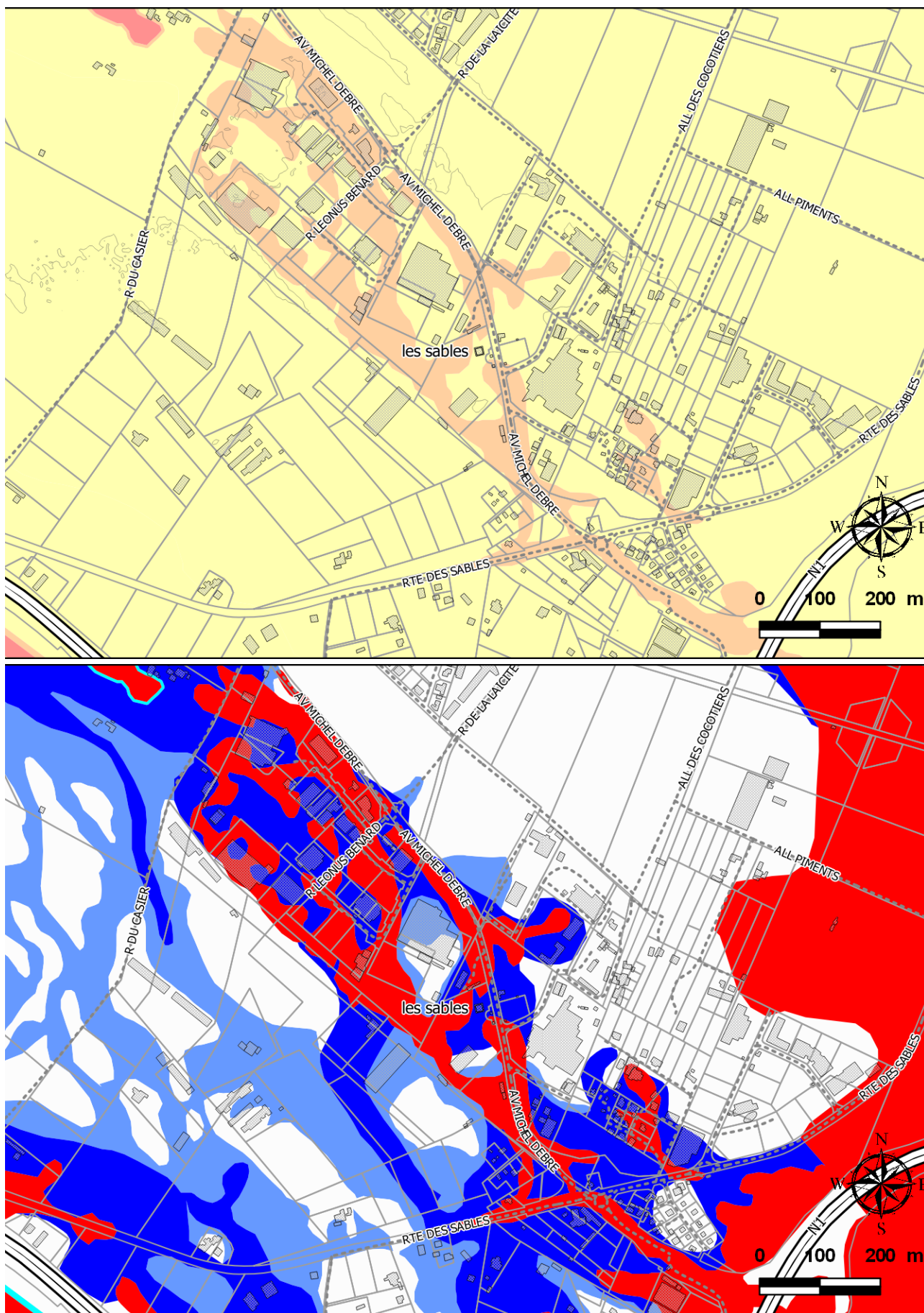
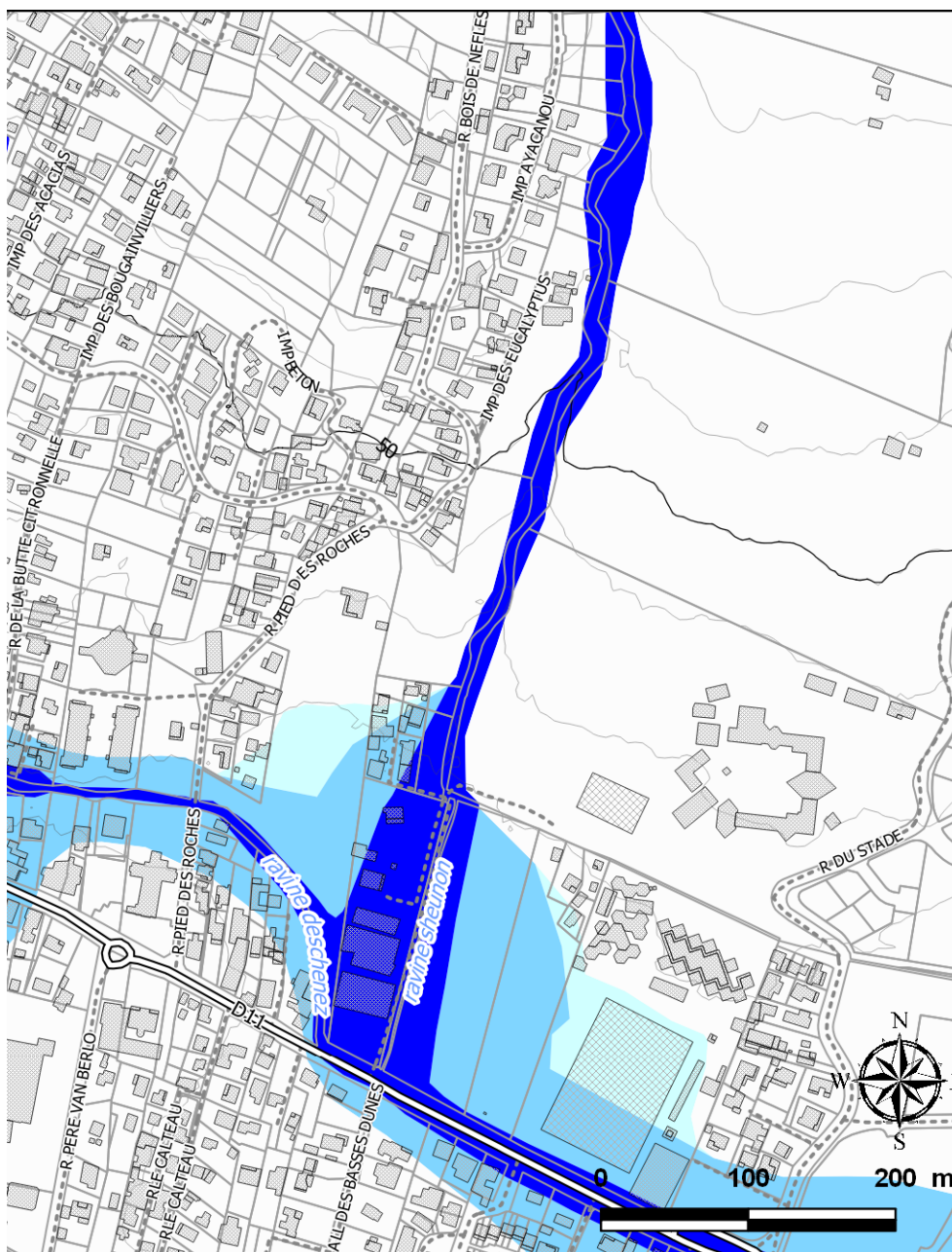


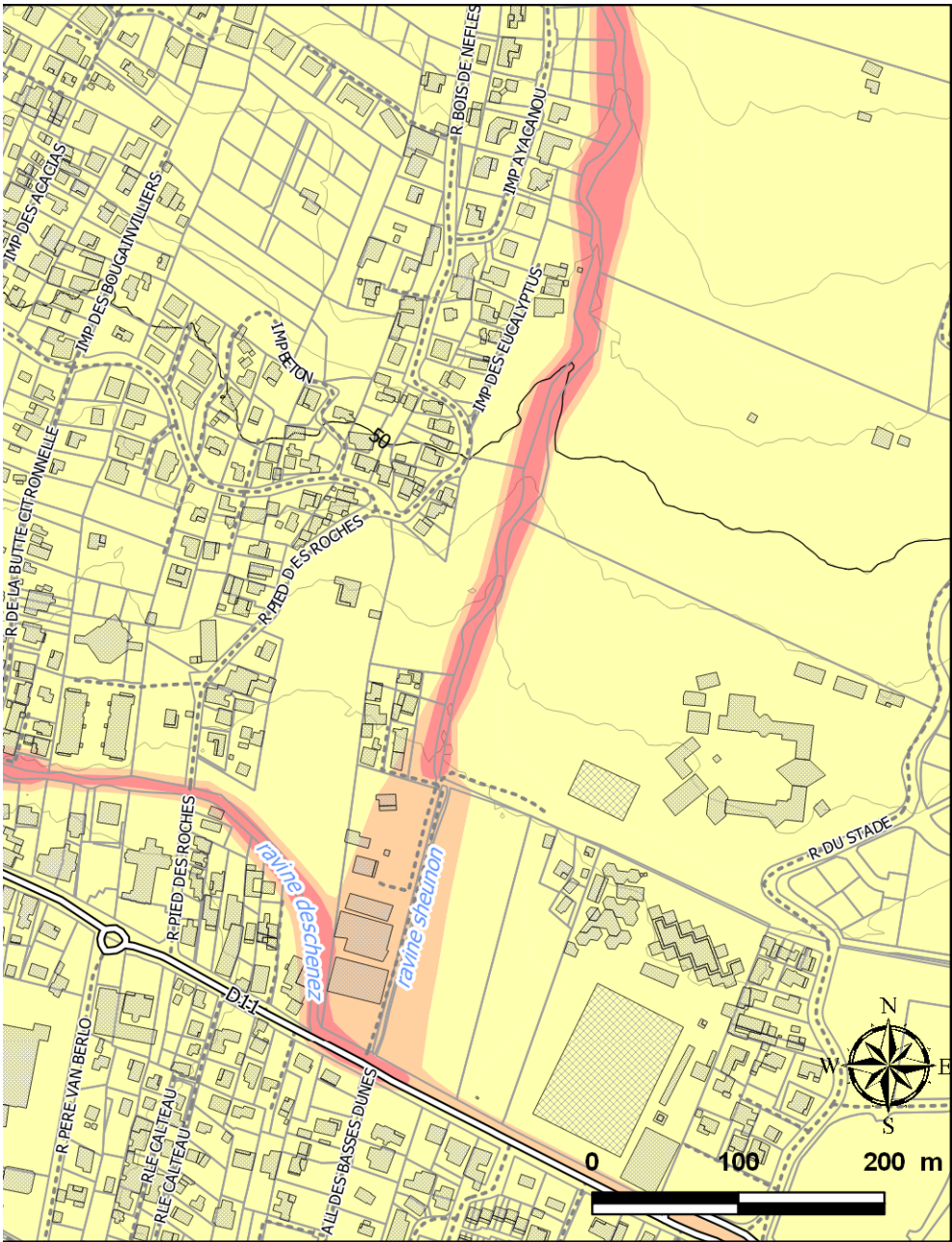
Figure 22 : Extraits de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et de la carte réglementaire au droit du secteur de la ZI des Sables

Secteur de la RHI Butte Citronnelle – Confluence ravines Deschenez et Sheunon

Ce secteur est situé sur les premières pentes à l'amont du centre-ville au niveau de la confluence entre les ravines Deschenez (à l'Ouest) et Sheunon (à l'Est).

Le zonage inondation retenu dans les ravines est défini en fonction du débit en crue centennale à partir d'une évaluation de la surface inondée correspondante dans le lit en fonction de la configuration topographique de chaque ravine. L'outil topographique précis disponible (MNT) permet une de définir la cartographie de l'aléa inondation avec une certaine précision. Etant donné les fortes pentes longitudinales du lit de chaque ravine, des vitesses supérieures à 1 m/s en crue centennale sont retenues et permettent de justifier l'aléa fort inondation. De plus, la Ravine Sheunon a fait l'objet d'une modélisation des écoulements dans le cadre du projet de RHI dont les résultats en termes d'inondation ont été valorisés dans le projet PPR (carte d'aléa inondation notamment). Cette étude a permis notamment de préciser les conditions d'écoulement au niveau de la confluence entre les ravines Sheunon et Deschenez, où un étalement des eaux en crue centennale est possible et justifie les niveaux d'aléas inondation considérés.





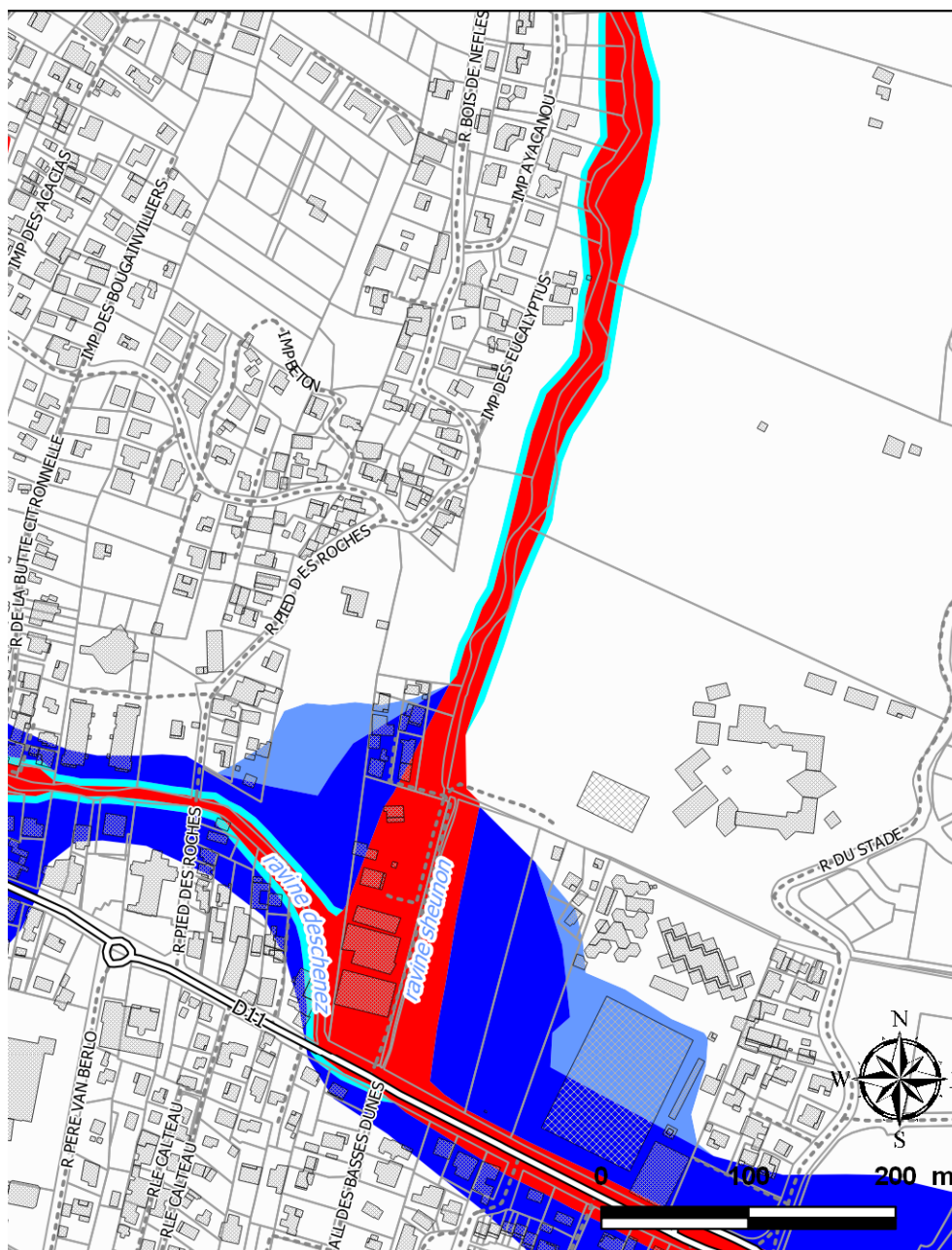


Figure 23 : Extraits de la cartographie de l'aléa inondation, mouvements de terrain et de la carte réglementaire au droit du secteur de la RHI Butte Citronnelle

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
PPRI.	Plan de Prévention des Risques Littoraux
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.

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.

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.

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 ;
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).



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

BRGM Réunion

5 Rue Sainte Anne
97400 SAINT DENIS

Tél. : 02 62 21 22 14