

DEPARTEMENT DE LA REUNION

Commune de Sainte-Suzanne

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES

« Inondations et mouvements de terrain »

NOTE DE PRESENTATION

Mai 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	8
1.1. ORGANISATION DE LA GESTION DES RISQUES	8
1.2. PREVENTION DES RISQUES NATURELS.....	9
1.3. PLAN DE PREVENTION DES RISQUES (PPR) NATURELS	10
1.4. CATASTROPHES NATURELLES A LA REUNION	10
2. Présentation du PPR.....	13
2.1. CONTEXTE REGLEMENTAIRE DU PPR.....	13
2.2. PROCEDURE REGLEMENTAIRE	14
2.2.1.Secteurs géographiques concernés	14
2.2.2.État des réflexions menées	14
2.3. ASSURANCES ET INFRACTIONS AU PPR.....	17
2.3.1.Rappel du régime d'assurance en vigueur	17
2.3.2.Infractions au PPR et sanctions	20
2.4. EXPROPRIATION ET MESURE DE SAUVEGARDE	20
2.5. RESPONSABILITES	21
2.5.1.Etablissement du PPR.....	21
2.5.2.Autorisation d'occuper le sol.....	21
3. Présentation générale de la commune.....	23
3.1. CONTEXTE DE LA ZONE D'ETUDE	23
3.1.1.Situation géographique.....	23
3.1.2.Contexte géomorphologique	24
3.1.3.Contexte climatique	24
3.1.4.Réseau hydrographique	30
3.1.5.Contexte géologique.....	31
3.1.6.Les sols	34
3.2. ENJEUX ET VULNERABILITE	35
4. Historicité et caractérisation des phénomènes naturels.....	37
4.1. PHENOMENES HISTORIQUES	37
4.2. ARRETES DE CATASTROPHES NATURELS	38

4.3. CARACTERISATION DES PHENOMENES MOUVEMENTS DE TERRAIN.....	39
4.3.1.Chutes de pierres, de blocs et éboulements (P)	40
4.3.2.Glislements de terrain et coulées de boue associées (G).....	42
4.3.3.Érosion et ravinement (E)	45
4.4. CARACTERISATION DES PHENOMENES D'INONDATION	46
5. Caractérisation et cartographie des aléas.....	50
5.1. DEFINITIONS ET NOTIONS GENERALES.....	50
5.1.1.Notion d'intensité et de fréquence.....	50
5.1.2.Remarques relatives aux règles de zonage.....	51
5.2. ALEA INONDATION.....	52
5.2.1.Méthode d'évaluation de révision de l'aléa	52
5.2.2.Caractérisation de l'aléa inondation	54
5.2.3.Exemples de modification du zonage inondation.....	56
5.3. ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN.....	69
5.3.1.Méthode d'évaluation de l'aléa.....	69
5.3.2.Facteurs de prédisposition et facteurs non permanents	70
5.3.3.Méthodologie d'évaluation de l'intensité	70
5.3.4.Qualification de l'aléa mouvements de terrain	72
5.3.5.Exemple de cartographie du zonage mouvements de terrain.....	74
6. Lexique des sigles et termes techniques	87
7. Principaux textes officiels.....	89
7.1. LEGISLATION - REGLEMENTATION	89
7.2. PRINCIPALES CIRCULAIRES	89
7.3. PUBLICATION DE GUIDES.....	89

Liste des figures

Figure 1 : Délimitation du territoire communal de Sainte-Suzanne (fond IGN scan 100- 2002).....	23
Figure 2 : Précipitations moyennes annuelles sur la période 1970-2009 (source : Météo France).....	25
Figure 3 : Régions pluviométriques déterminées par Météo-France Réunion (2010).....	26
Figure 4 : Localisation des stations météo à proximité de Sainte-Suzanne (IGN Scan 25).....	27
Figure 5 : Réseau hydrographique de Sainte-Suzanne (source : BD topo 2012, fond IGN scan 100 – 2002).....	30
Figure 6 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 de la commune de Sainte-Suzanne (source : B.R.G.M., fond IGN scan 100 - 2002).....	31
Figure 7 : Perspective morpho-géologique schématique de La Réunion (Raunet, 1991).....	32
Figure 8 : Carte morpho-pédologique à l'échelle du 1/50 000 (source : C.I.R.A.D. (Raunet, 1991), fond IGN scan 100 - 2002).....	34
Figure 9 : Chute d'un bloc isolé.....	41
Figure 10 : Eboulement.....	41
Figure 11 : chute de blocs dans les rampes de Bel-Air, RN2002 (2004).....	41
Figure 12 : Représentations schématiques des principaux types de glissement (source : BRGM, http://www.georisques.gouv.fr/).....	43
Figure 13 : Représentation schématique du glissement-coulée (exemple de Montauban, 1993 – cf. ci-après).....	44
Figure 14 : Possibilité de déplacement des personnes en fonction des caractéristiques d'écoulement (source : Guide PPRI ruissellement péri-urbain M.E.D.D.).....	48
Figure 15 : Inondation du centre ville de sainte-Suzanne, Cyclone Colina, Janvier 1993 (Source : Sainte-Suzanne dans la tourmente).....	49
Figure 16 : Submersion du radier sur la rivière Sainte Suzanne; le 30 janvier 2011 (Source : iMazPress Reunion, photo Mounice Najafaly).....	49
Figure 17 : Exemple de représentation de la notion de continuité du niveau d'aléa mouvements de terrain	51
Figure 18 : Exemple de création d'une enveloppe externe.....	55
Figure 19 : Cartographie de l'aléa inondation – ZAC entrée de Ville.....	60
Figure 20 : Cartographie de l'aléa inondation – Quartier de la Marine.....	62
Figure 21 : Cartographie de l'aléa inondation – Quartier Français.....	64
Figure 22 : Cartographie de l'aléa inondation – ZU 3 Frères.....	66
Figure 23 : Cartographie de l'aléa inondation – Rivière Sainte-Suzanne.....	68
Figure 24 : Principe de décroissance de l'intensité du phénomène chute de blocs avec l'éloignement de la source de départ.....	71
Figure 25 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – ZAC entrée de Ville.....	76
Figure 26 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – Quartier de la Marine.....	78
Figure 27 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – Quartier Français.....	80
Figure 28 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – ZU 3 Frères.....	82
Figure 29 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – Rivière Sainte Suzanne (Pointe Canal).....	84
Figure 30 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – Deux Rives.....	86

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evénements historiques majeurs	11
Tableau 2 : Précipitations journalières décennales et centennales issues du GEDC, 1992 (en mm).....	27
Tableau 3 : Précipitations journalières maximales (Bulletins Climatologiques de Météo France 2012).....	28
Tableau 4 : (source : Bulletins climatologiques – Météo France 2012)	28
Tableau 5 : Maximum des précipitations journalières, précipitations annuelles cumulées, nombre de jours dans l'année où les précipitations journalières dépassent 50 mm et événement climatique associé sur la période de 1991 à 2011 observés sur la station le Grand Hazier	29
Tableau 6 : Evolution de la population de Sainte-Suzanne (source : I.N.S.E.E.)	35
Tableau 7 : Liste des arrêtés de catastrophes naturelle sur la commune de Sainte-Suzanne (source : www. http://www.prim.net/)	38
Tableau 8 : Liste des cyclones notables selon Météo-France (Soler,1997)	39
Tableau 9 : Caractérisation de l'aléa inondation pour la crue centennale en fonction des vitesses et des hauteurs d'eau	54
Tableau 10 : Caractérisation de l'aléa inondation pour les scénarii de défaillances correspondant aux crues inférieurs ou égales à la crue centennale	55
Tableau 11 : Ordre de priorité des niveaux d'aléa inondation (Q 100 = débit centennal).....	56
Tableau 12 : Type de phénomènes rencontrés en fonction des catégories de terrain	70
Tableau 13 : Intensité du phénomène	71
Tableau 14 : Codification des aléas mouvements de terrain selon l'intensité.....	72
Tableau 15 : Caractérisation du niveau d'aléa mouvement de terrain en fonction de l'intensité du phénomène	73

Préambule

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

Ce dossier comporte plusieurs documents informatifs et réglementaires :

✓ les documents informatifs :

- des cartes de localisation des phénomènes naturels historiques (inondations et mouvements de terrain) à l'échelle 1/15 000 ;
- une cartographie des aléas naturels (inondations et mouvements de terrain) à l'échelle du 1/15 000 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 1/15 000.

✓ les documents réglementaires :

- la note de présentation, décrivant succinctement le territoire de Sainte-Suzanne et les phénomènes naturels qui le concernent, ainsi que les règles méthodologiques adoptées ;
- une cartographie du zonage réglementaire à l'échelle du 1/ 15 000 et du 1/5 000 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.

Sainte-Suzanne, commune peuplée de 22437 habitants (population recensée par l'INSEE en 2009), est affectée par des phénomènes de mouvements de terrains et d'inondations, comme en témoignent les phénomènes historiques connus, impactant plus ou moins durement les activités humaines. Une première démarche de PPR a été menée sur la commune de Sainte-Suzanne, qui a abouti par l'approbation d'un PPR inondation mai 2003.

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 Sainte-Suzanne.

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 Sainte-Suzanne est concernée par cette politique de prévention car elle cumule une évolution économique et démographique avec des aléas liés aux cyclones, pluies et mouvements de terrain importants. Il y a donc nécessité pour la sécurité de la population communale de mettre en place des mesures de prévention efficaces.

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

« 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 ».

La loi n°2004-811 du 13 août 2004 relative à la modernisation de la loi sur la sécurité civile dispose dans son article 13 (protection générale de la population) :

« Le plan communal de sauvegarde regroupe l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à l'information préventive et à la protection de la population. Il détermine, en fonction des risques connus, les mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes, fixe l'organisation nécessaire à la diffusion de l'alerte et des consignes de sécurité, recense les moyens disponibles et définit la mise en œuvre des mesures d'accompagnement et de soutien de la population. Il peut désigner l'adjoint au maire ou le conseiller municipal chargé des questions de sécurité civile. Il doit être compatible avec les plans d'organisation des secours arrêtés en application des dispositions de l'article 14.

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'Etat 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 Sainte-Suzanne est dotée d'un Plan de Prévention des Risques inondation depuis mai 2003.

L'élaboration d'un Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles relatif aux phénomènes d'inondations et de mouvements de terrain a été prescrite sur la commune de Sainte-Suzanne par l'arrêté préfectoral n° 1687/SG/DRCTCV en date du 22 juillet 2010. Les risques côtiers étaient inclus dans la prescription de 2010. Ils sont aujourd'hui dissociés et font l'objet d'une procédure de PPR à part entière.

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

1.4. CATASTROPHES NATURELLES A LA REUNION

EVENEMENTS HISTORIQUES MAJEURS

1875 - Salazie « le Grand sable » 63 personnes ensevelies par un glissement
Janvier 1948 , cyclone 16 morts ; dégâts énormes
Février 1962 cyclone Jenny 36 morts ; dégâts importants
Janvier 1966 cyclone Denise 3 morts ; dégâts importants
Janvier 1980 tempête Hyacinthe 25 morts ; 1 milliard de francs de dommages
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
Février 1998 tempête Anacelle 1 mort ; dégâts importants
Janvier 2002 cyclone Dina 2 morts, dégâts très importants
Mars 2006 Tempête tropicale modérée Diwa 4 morts, pluies importantes
Février 2007 Cyclone Gamède 2 morts, dégâts importants
Janvier 2014 Cyclone Bėjisa 1 mort, dégâts importants

Tableau 1 : Evénements historiques majeurs

2. Présentation du PPR

2.1. CONTEXTE REGLEMENTAIRE DU PPR

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

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

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

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

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

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

Les travaux de prévention imposés en application du 4° à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du Code de l'Urbanisme avant l'approbation

du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ne peuvent porter que sur des aménagements limités. »

Objectif général de l'outil PPR

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

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

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

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

2.2. PROCEDURE REGLEMENTAIRE

2.2.1. Secteurs géographiques concernés

La procédure réglementaire PPR est définie par le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995, modifié par le décret du 4 janvier 2005. Le point de départ de la présente procédure d'élaboration du PPR est l'arrêté préfectoral de prescription, daté du 22 juillet 2010.

Il précise notamment que le périmètre mis à l'étude concerne l'ensemble du territoire de la commune de Sainte-Suzanne, et que les risques relatifs aux « mouvements de terrain » et aux « inondations » 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 :

- Rappel : 7 mai 2003 : Approbation du PPR inondation sur la commune de Sainte-Suzanne ;
- 8 juillet 2010 : Porter A Connaissance auprès des services de la Mairie de Sainte-Suzanne de la première cartographie des aléas mouvements de terrain réalisée à l'échelle 1/5 000 par le BRGM dans le cadre de sa mission d'appui aux politiques publiques, sur l'ensemble du territoire communal ;
- 22 juillet 2010 : arrêté préfectoral n° 1687/SG/DRCTCV prescrivant l'établissement d'un Plan de Prévention des Risques (PPR) naturels multirisques sur la commune de Sainte-Suzanne ;
- Décembre 2011 : Etude générale (PGRI) du Bassin versant de la Grande Rivière St-Jean (rapport SOGREAH n°4700841R2V2) ;

- Juillet 2012 : Etude hydraulique sur le centre-ville de Ste Suzanne (rapport Hydrétudes RE11-067 – Juillet 2012) ;
- Novembre 2012 : avis BRGM pour l'intégration des résultats du PGRI de la Grande Rivière St-Jean et de l'étude hydraulique sur le centre-ville de Ste Suzanne (rapport BRGM/RP-61738-FR) ;
- Juillet 2013 : Etude de sécurité et de sûreté des ouvrages hydrauliques du canal du Bocage (Etude de danger, rapport Hydrétudes RE12-055 – Juillet 2013)) ;
- Novembre 2013 : Analyse de 27 études techniques à l'échelle parcellaire pour précision et intégration des résultats dans les cartographies d'aléas mouvements de terrain et inondation (rapport BRGM/RP-62192-FR) ;
- Fin 2013 : finalisation des cartes d'aléas inondation et mouvements de terrain ;
- 13 février 2014 : présentation des cartes d'aléas inondation et mouvements de terrain aux services de la commune de Saint-Suzanne ;
- 6 juin 2014 : Porter à connaissance des aléas inondation et mouvements de terrain ;
- 6 juin 2014 : Arrêté n°2014-3696/SG/DRCTCV relatif à l'information des acquéreurs et des locataires de biens immobiliser sur les risques naturels et technologiques majeurs sur la commune de Sainte-Suzanne.

Après la phase d'élaboration, le dossier est soumis à des consultations, puis approuvé et publié conformément à l'article 7 du décret n°95-1089 du 05 octobre 1995, modifié par le décret n° 2005-3 du 04 janvier 2005 :

« 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 régional 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.

Le projet de plan est soumis par le préfet à une enquête publique dans les formes prévues par les articles 6 à 21 du décret n° 85-453 du 23 avril 1985 pris pour l'application de la loi n° 83-630 du 12 juillet 1983 relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement, sous réserve des dispositions des deux alinéas qui suivent.

Les avis recueillis en application des trois premiers alinéas du présent article sont consignés ou annexés aux registres d'enquête dans les conditions prévues par l'article 15 du décret du 23 avril 1985 précité.

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.

A l'issue de ces consultations, le plan, éventuellement modifié, est approuvé par arrêté préfectoral. Cet arrêté fait l'objet d'une mention au recueil des actes administratifs de l'Etat 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 ».

Le bilan de la concertation pour le PPR de Sainte-Suzanne est présenté en annexe 5. Dans ce cadre et conformément aux dispositions de l'article R 562-7 du code de l'environnement, le projet de PPR de Sainte-Suzanne a été adressé par courrier (daté du 29 octobre 2014) au Maire de la commune et aux présidents de la CINOR et de la Chambre d'Agriculture.

La phase de consultation sur le projet de PPR multi-risques de Sainte-Suzanne

La phase de consultation sur le projet de PPR s'est déroulée du 7 novembre 2014 au 7 janvier 2015 :

- suite à la délibération du conseil municipal en date du 22 décembre 2014, la mairie de Sainte-Suzanne a émis un avis favorable sur le projet ;
- la CINOR a émis un avis favorable sur le projet de PPR par décision du conseil communautaire du 18 décembre 2014 ;
- la chambre d'agriculture n'a pas transmis d'avis sur le projet de PPR avant le 7 janvier, son avis est donc réputé favorable.

Au cours de l'enquête publique, la chambre d'agriculture a adressé au commissaire-enquêteur un courrier daté du 23 février 2015 donnant son avis sur le dossier, dont il ressort qu'elle est plutôt favorable aux études menées sur les rivières Saint-Suzanne et Saint-Jean dans le cadre de la révision du PPR.

La phase d'enquête publique sur le projet de PPR multi-risques de Sainte-Suzanne

L'arrêté préfectoral n°5253/SG/DRCTCV/BCLU du 19 décembre 2014 a prescrit l'ouverture, sur le territoire de Sainte-Suzanne, 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 s'est tenue à la médiathèque de Sainte-Suzanne, le 20 janvier 2015, animée par les services de l'Etat et le BRGM en présence de représentants de la Mairie.

L'enquête publique s'est déroulée du 26 janvier au 26 février 2015, soit pendant 32 jours consécutifs. Au préalable, M. FERRERE, commissaire-enquêteur titulaire, avait été nommé par le tribunal administratif le 19 décembre 2014. Il a donné in fine un avis favorable au projet de PPR dans son rapport rendu le 13 avril 2015.

Au cours de l'enquête publique, 52 personnes ont consulté le dossier en mairie et le dossier mis en ligne sur le site internet de la DEAL a été téléchargé 144 fois.

Concernant les requêtes émises par le public, 32 remarques ont nécessité une réponse de la part du maître d'ouvrage de l'ordre principalement de la justification et/ou de la précision. Des visites de terrain complémentaires ont eu lieu le 30 mars 2015 pour affiner les zonages sur une dizaine de parcelles, en présence du commissaire-enquêteur, des services communaux, des particuliers ou porteurs de projets ayant déposé une requête.

Le BRGM, partenaire de la DEAL sur ce projet, dans son rapport n°RP-64737-FR de mai 2015 a analysé chacune des observations faites soit par des particuliers, soit par la mairie lors de l'enquête publique. Les réponses ainsi apportées sont disponibles en annexe 6 du présent dossier de PPR approuvé. Aux requêtes parcellaires étudiées, l'analyse a également porté sur la parcelle AY 347 appartenant à M. PONY, celui-ci ayant déposé par le passé un recours contentieux contre le PPR inondation de Sainte-Suzanne approuvé le 7 mai 2003. De même, M. VELLIAMA a sollicité le commissaire-enquêteur après la clôture de l'enquête publique mais trouvera une réponse à sa demande dans ce même rapport.

La phase post-enquête publique pour le projet de PPR multi-risques de Sainte-Suzanne

Sur ces bases, des adaptations mineures au projet de PPR ont été apportées telles que :

- 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 ;
- intégration des zones RB et RB1 dans le zonage réglementaire et règlement afférent, pour tenir compte de la demande de la mairie formulée lors de l'enquête publique de permettre le renouvellement urbain de son centre-ville. La délocalisation de l'école Antoine Bertin permettra par ailleurs de soustraire une population hautement vulnérable au risque fort d'inondation

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. Aux 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.

3.1.2. Contexte géomorphologique

Le territoire communal se caractérise par trois grandes entités morphologiques très marquées.

- La façade littorale caractérisée par des pentes relativement peu marquées au Nord de la RN2, avec des déclivités faibles variant entre 10 et 15° et localement fortes jusqu'à 40° (phare de Sainte Suzanne par exemple). Ce domaine est en grande partie dédié à l'urbanisation et aux activités agricoles ;
- la planèze à proprement parlé, résultant des différentes phases d'épanchement volcanique du Piton des Neiges. Caractérisée par des pentes relativement douces (Bagatelle – déclivité moyenne de 20° à 25°) ;
- En amont on trouve des pentes plus prononcées pouvant atteindre les 75° (encaissement de la Rivière Sainte-Suzanne notamment). Ce territoire des Hauts, occupé par une végétation souvent très dense, est incisé par un grand nombre de ravines, pour la plupart aux écoulements non pérennes.

L'ensemble de ces terrains sont incisés par des ravines délimitant des plateaux plus ou moins vastes. Certains cours d'eau du réseau hydrographique, notamment la Rivière Sainte Suzanne et la Grande Ravine Saint Jean, incisent les flancs du massif du Piton des Neiges de manière considérable. Les principales ravines présentes dans le territoire communal sont, d'Ouest en Est :

- la Ravine des Chèvres ;
- la Rivière Sainte Suzanne ;
- la Petite Rivière Sainte Jean ;
- la Grande Rivière Saint Jean ;

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).

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 Sainte-Suzanne, située dans le Nord Est de l'île, est impactée par ces alizés (côte « au vent »).

Pluviométrie

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

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

La commune de Sainte-Suzanne, située sur la façade septentrionale de l'île de La Réunion, présente les caractéristiques de la cote « au vent » de l'île. Les précipitations, bien que largement inférieures aux cumuls observés dans la partie orientale de l'île, y sont néanmoins relativement abondantes, avec une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 2200 mm et 3000 mm pour la partie « basse » de la commune et supérieure à 4000 mm dans les Hauts (Atlas climatique de la Réunion, Météo France 2000, cf. Figure 2).

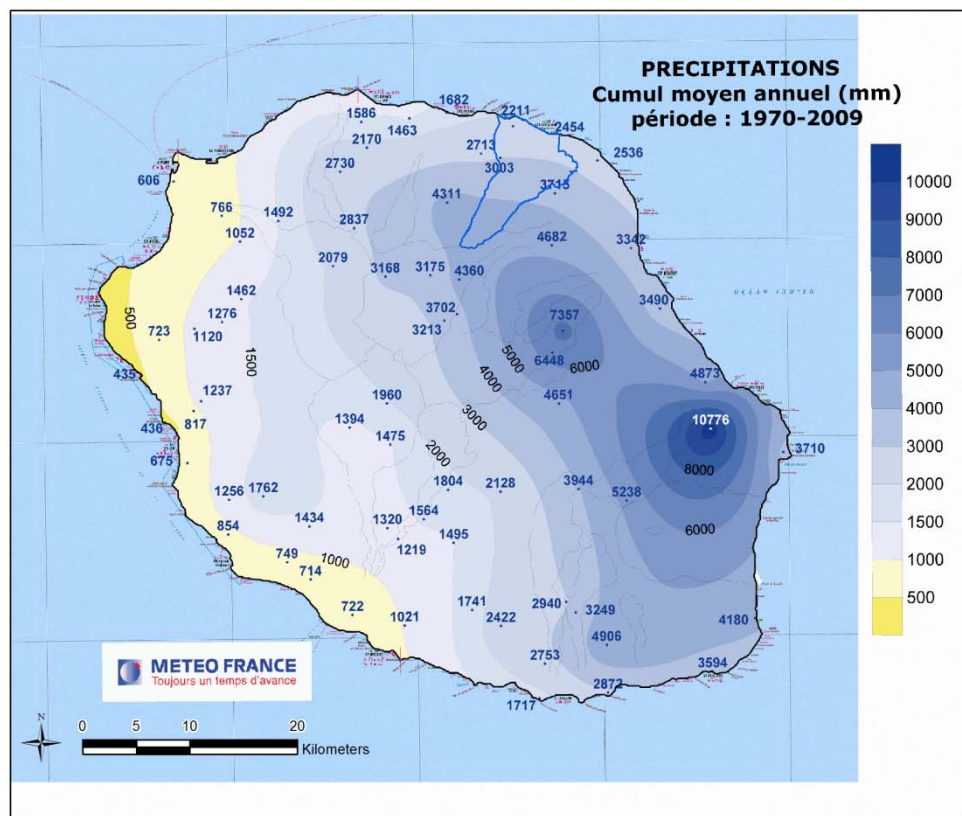


Figure 2 : Précipitations moyennes annuelles sur la période 1970-2009 (source : Météo France)

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 Sainte-Suzanne est concernée par les régions 3 et 5 :

- La région 3 regroupe les Hauts de Sainte-Suzanne et le cirque de Salazie ;
- La région 5 correspond à la région Nord Est, soit les secteurs de planèzes des communes de Sainte Suzanne, Saint benoit et Saint André. Elle bénéficie de précipitations constantes sur l'ensemble de l'année avec une augmentation marquée pendant la saison des pluies.

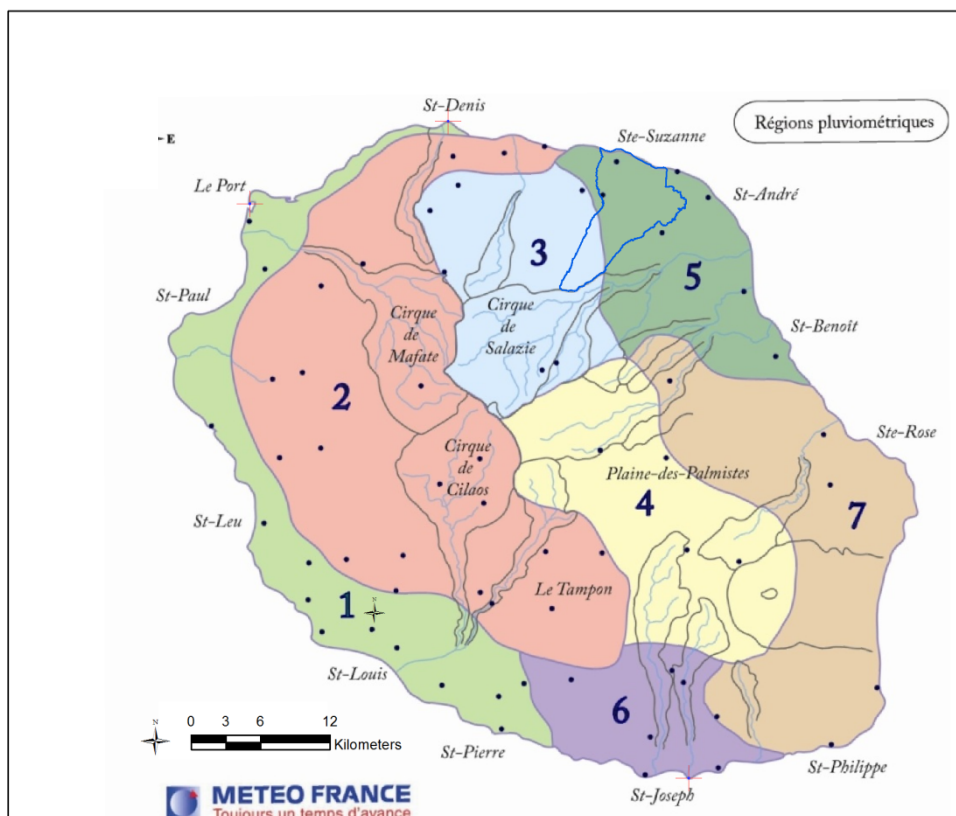


Figure 3 : Régions pluviométriques déterminées par Météo-France Réunion (2010)

Concernant les stations météorologiques, quatre stations sont installées aujourd'hui sur le territoire de Sainte-Suzanne.

Toutefois, manquant de donnée dans les Hauts, et vu le zonage pluviométrique au droit de la commune de Sainte-Suzanne (cf. Figure 3), les données pluviométriques de la station Beaumont Plaines des Fougères (Sainte-Marie), actuellement suivies par Météo France, permettra de compléter l'information pluviométrique sur les Hauts de la commune.

Ainsi nous utiliserons les données des stations météorologiques suivantes :

- Beaumont Plaine des Fougères (commune de Sainte Marie, altitude : 1062 m, installée en 1993) ;
- Le Grand-Hazier (commune de Sainte Suzanne, altitude : 72 m, installée en 1953) ;
- Trois Frères (commune de Saine Suzanne, altitude : 30 m, installée en 1953) ;
- Bois Rouge (commune de Saine Suzanne, altitude : 10 m, installée en 1952) ;
- Mencilol (commune de Saine Suzanne, altitude : 175 m, installée en 1961) ;



Figure 4 : Localisation des stations météo à proximité de Sainte-Suzanne (IGN Scan 25)

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

Les valeurs caractéristiques pour les stations proches de Sainte-Suzanne sont les suivantes :

Nom station	Altitude	Pluie Journalière Décennale (PJ ₁₀ en mm)	Pluie Journalière Centennale (PJ ₁₀₀ en mm)
Beaumont Plaine des Fougères	1062	Non disponible	Non disponible
Le Grand-Hazier	72	257	411.2
Trois Frères	30	262	419.2
Bois Rouge	10	255	408
Mencilol	175	362	579.2

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 utilisées pour la commune de Sainte-Suzanne, 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	Altitude	Maximum absolu quotidien	
		Valeur (mm)	Date
Beaumont Plaine des Fougères	1062	788.9	17/02/2006
Le Grand-Hazier	72	320	27/02/1993
Trois Frères	30	343	30/12/1995
Bois Rouge	10	396	27/02/1993
Menciol	175	513	15/03/1975

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

Station	Nombre de jours en 2012 où le cumul de pluie (en mm) est ≥ à				Nombre de jours moyen (période 1981-2010) où le cumul de pluie (en mm) est ≥ à			
	1	10	50	100	1	10	50	100
Beaumont Plaine des Fougères	203	86	23	5	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible
Le Grand-Hazier	160	50	7	2	142.9	53.2	9.3	2.7
Trois Frères	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible
Bois Rouge	181	58	6	2	177.8	63.5	10.3	2.7
Menciol	185	83	15	3	197.5	86.4	16.1	5.8

Tableau 4 : (source : Bulletins climatologiques – Météo France 2012)

Une analyse statistique des valeurs de pluviométrie journalières enregistrées à la station du Grand Hazier de 1992 à 2011 (station proche du centre urbanisé de la commune) montre que près de 75% des valeurs de précipitations mesurées sont inférieures à 3,6 mm / jour, avec une moyenne de l'ordre de 5,5 mm / jour (cf. Tableau 5).

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
1992	121.6	1228.7	2	Fortes pluies de mars
1993	320	2899.2	13	Cyclone Colina
1994	162.3	1634.3	10	Cyclone Litanne
1995	250	1931.1	7	Fortes pluies de décembre
1996	126.8	1410.6	6	Fortes pluies de février
1997	94.6	1760.8	6	Episode pluvieux de mai
1998	176	2394.4	14	Tempête Anacelle
1999	100	1329.9	4	Fortes pluies de décembre
2000	109.7	1558.2	7	Episode pluvieux de février
2001	90	1610	6	Episode pluvieux de décembre
2002	250	2198.1	9	Cyclone Dina

2003	208	2324.3	10	Fortes pluies de février
2004	188	2098.2	5	Fortes pluies de décembre
2005	165.4	2116.2	11	Fortes pluies de décembre
2006	165.5	1945.4	8	Tempête tropicale modérée Diwa
2007	616	2130	10	Cyclone Gamède
2008	184.5	2055.5	8	Fortes pluies de février
2009	171.5	2084	9	Fortes pluies d'avril
2010	109	2387	9	Fortes pluies de février
2011	288	1911.5	3	Fortes pluies de janvier

Tableau 5 : Maximum des précipitations journalières, précipitations annuelles cumulées, nombre de jours dans l'année où les précipitations journalières dépassent 50 mm et événement climatique associé sur la période de 1991 à 2011 observés sur la station le Grand Hazier

Les précipitations associées à un événement climatique représentent en moyenne 13,5% des précipitations annuelles.

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 19 dernières années, les précipitations ont ainsi provoquées des ruissellements en moyenne 8 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 Sainte Suzanne (plus pluvieux) et le littoral (plus sec) malgré l'exposition plein Est. Il est à noter aussi une légère variation dans les Bas entre l'Ouest (moins pluvieux) et l'Est de la rivière Sainte Suzanne.

Les précipitations peuvent donc être très localisées, avec des cumuls journaliers pouvant atteindre des valeurs très fortes (de 300 à 800 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 Sainte-Suzanne 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 (cf. Figure 3).

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

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

3.1.4. Réseau hydrographique

La commune de Sainte-Suzanne est traversée par de nombreux cours d'eau et autres ravines, dont les plus importantes du nord au sud sont :

- la **Ravine des Chèvres**, matérialisant la limite communale avec Sainte-Marie et présentant un bassin versant d'une superficie de 7,5 km². Les débits de crues caractéristiques de cette ravine sont évalués à environ 140 m³/s pour la crue décennale et **265 m³/s pour la crue centennale** (BRGM, 2013) ;
- la **Rivière Sainte-Suzanne**, drainant un bassin versant de 27,22 km². Elle entaille profondément le flanc Est du Piton des Neiges Ses débits de crue sont évalués à 587,6 m³/s pour la crue décennale et **983,6 m³/s pour la crue centennale** d'après la récente étude de danger de la digue du bocage (Hydrétudes 2013) ;
- la **Petite Rivière Saint Jean**, draine un bassin versant, d'une superficie de 10,24 km². Les débits de crue caractéristiques ont été évalués à environ 150 m³/s pour la crue décennale et **300 m³/s pour la crue centennale** (BRGM, 2013) ;
- la **Grande Rivière Saint Jean**, matérialisant la limite communale avec Saint-André et présentant un bassin versant d'une superficie de 25 km². Les débits de crue caractéristiques de cette ravine sont évalués à 385 m³/s pour la crue décennale et **805 m³/s pour la crue centennale**, d'après l'étude PGRI (Artélia, décembre 2011).

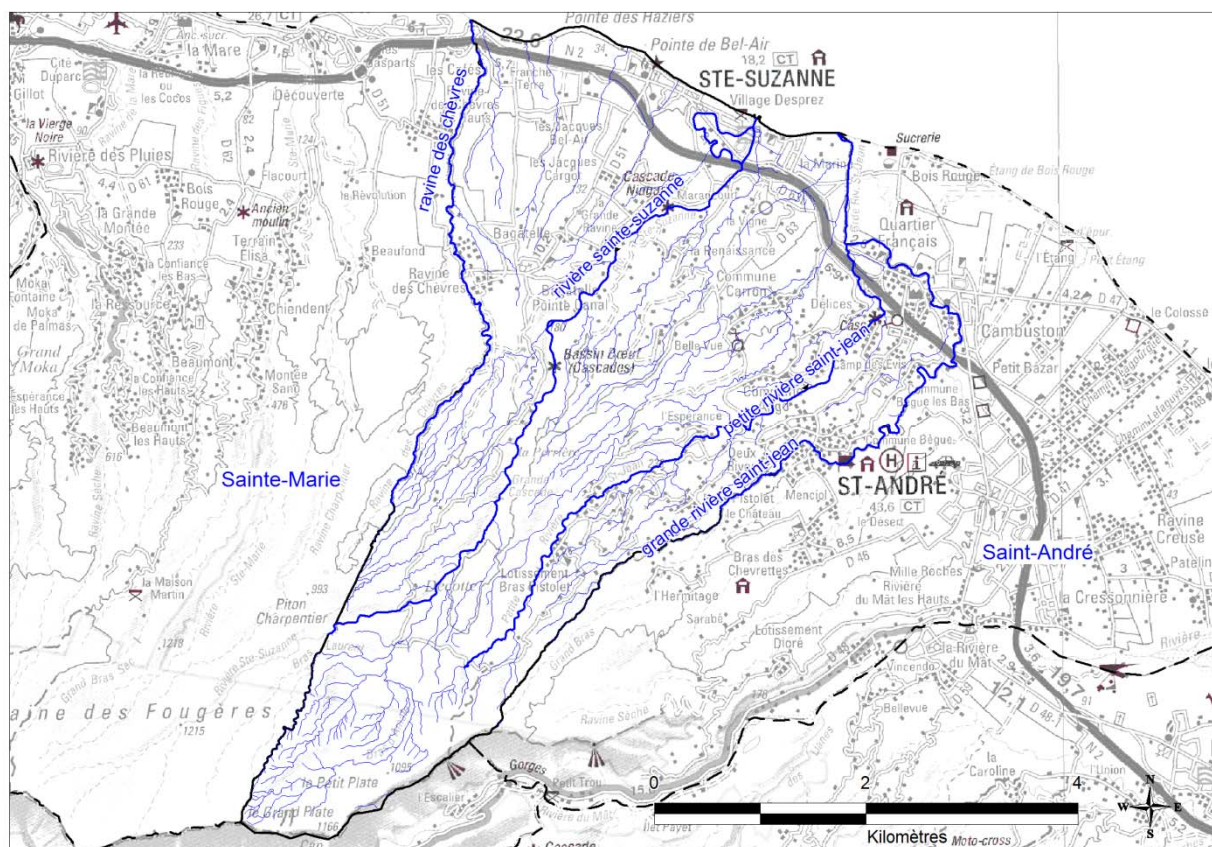
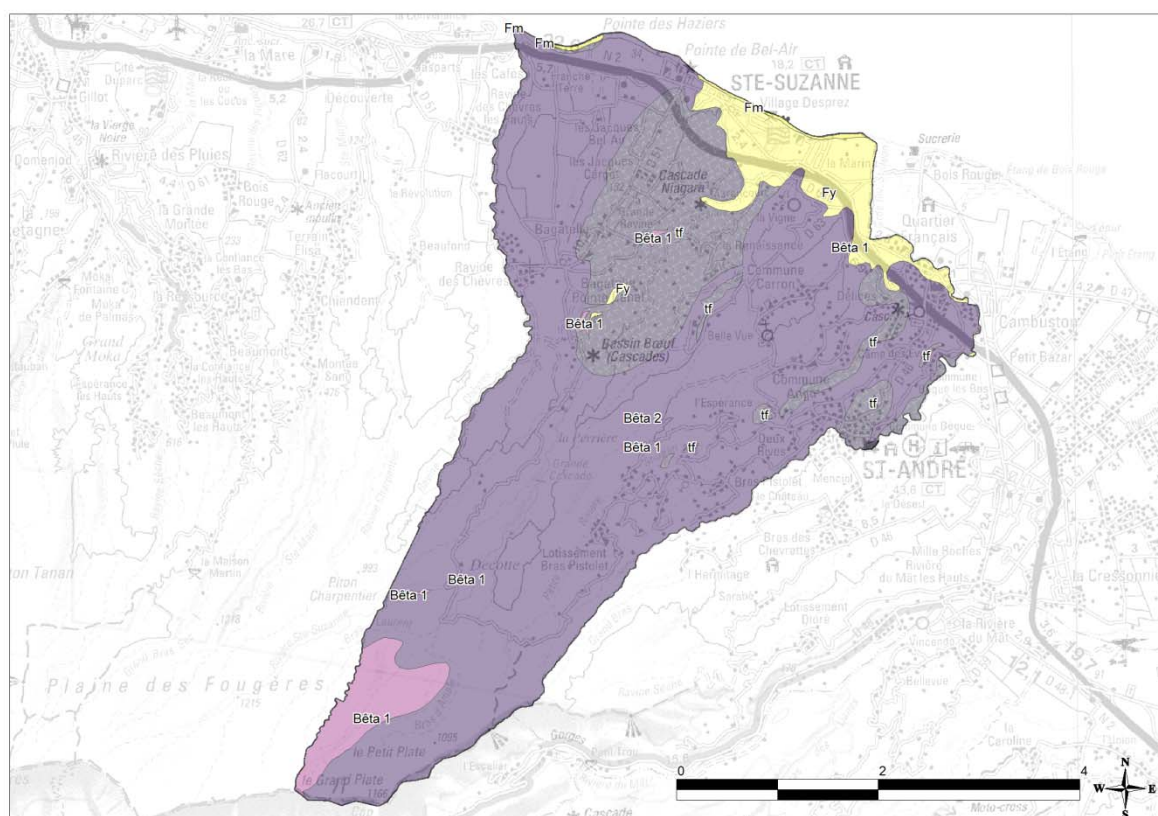


Figure 5 : Réseau hydrographique de Sainte-Suzanne (source : BD topo 2012, fond IGN scan 100 – 2002)

3.1.5. Contexte géologique

Le territoire communal de Sainte-Suzanne s'inscrit dans le contexte géologique du massif du Piton des Neiges. Ce dernier a été caractérisé par des périodes d'activité éruptive importantes (épanchements de coulées de lave et/ou de mise en place de formations pyroclastiques), séparés par de longues périodes de calme au cours desquelles les roches massives et les dépôts pyroclastiques (projections volcaniques émises lors d'une activité explosive du volcan) ont été soumises à l'érosion.

Des vallées se sont formées, des reliefs se sont individualisés. Des dépôts alluvionnaires et des brèches de pente, de remaniement, ont comblé les dépressions. Lors de la reprise de l'activité volcanique, des coulées de lave se sont épanchées sur les flancs du massif volcanique en empruntant d'abord les vallées.



Légende :

- Alluvions récentes (Fy ; Fm)
- Tufs en épanchages (tf)
- Coulées (basalte, hawaïtes, mugéarites) (Béta 2)
- Coulées basaltiques à olivine (Béta 1)

Figure 6 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 de la commune de Sainte-Suzanne (source : B.R.G.M., fond IGN scan 100 - 2002)

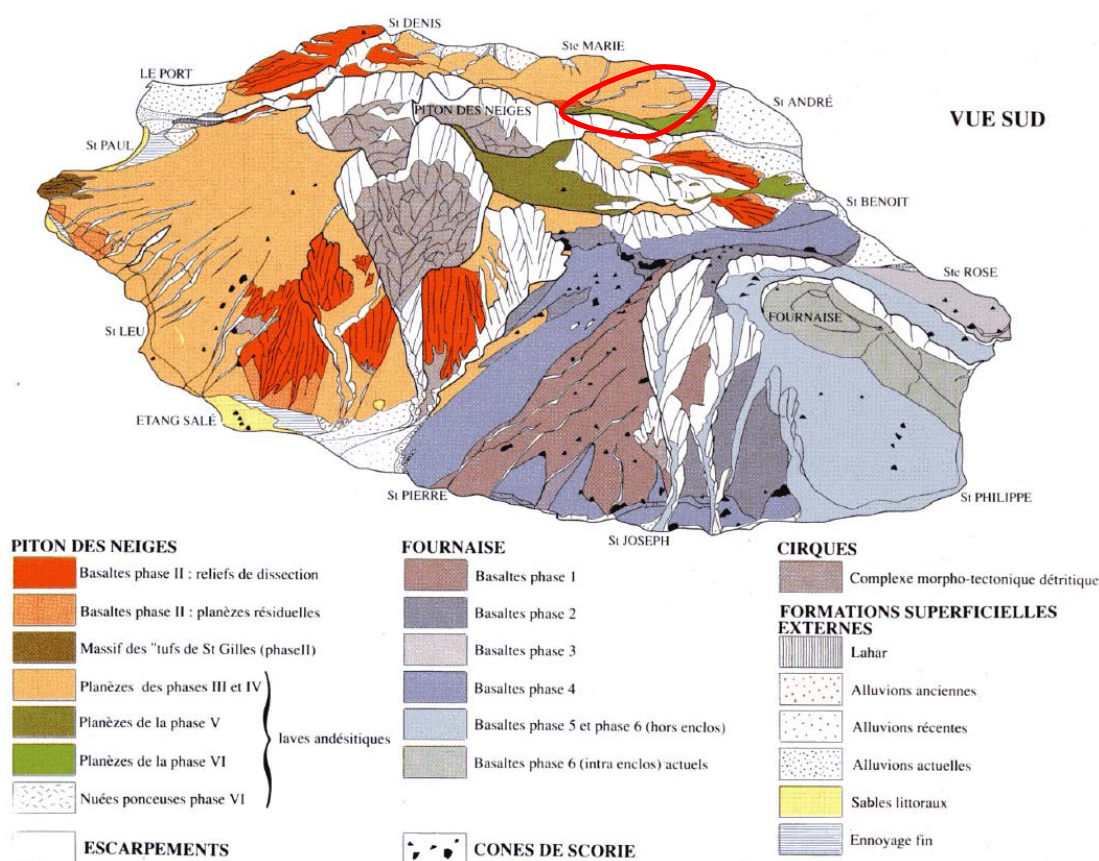


Figure 7 : Perspective morpho-géologique schématique de La Réunion (Raunet, 1991)

Les formations volcaniques primaires (non remaniées)

• Les séries anciennes : Coulées basaltiques à olivine

En se référant à la carte géologique à l'échelle du 1/50 000 (Billard, 1975), dans les Hauts de la commune de Sainte Suzanne dans la prolongation de la Plaine des Fougères de Sainte Marie, affleurent des terrains relativement anciens plus ou moins altérés (altération climatique et hydrothermale), issus de la phase II d'activité du Piton des Neiges (entre 2,1 et 0,43 millions d'années). Ces coulées basaltiques à olivine constituent la série des océanites du Piton des Neiges. L'altération hydrothermale s'est traduite par l'apparition de minéraux secondaires (zéolites, en particulier). La transformation poussée des laves liées à cette altération (argilisation) leur confèrent une perméabilité faible.

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

Ces séries anciennes sont également constituées par de puissantes coulées de lave massives, mises en place dans d'anciennes vallées et pouvant atteindre plus de 10 m d'épaisseur.

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

• Les séries récentes : Coulées (basaltes, hawaïtes, mugéarites)

Les formations plus récentes issues de la phase III et IV (entre 350 000 et 70 000 ans) de l'activité du massif du Piton des Neiges sont les roches prédominantes de la commune de Sainte-Suzanne. La phase III est caractérisée par des coulées de lave à phénocristaux de feldspath et leurs produits d'altération et de remaniement. Ces coulées sont des leuco-basaltes et des andésites alcalines (hawaïtes, mugéarites). Elles se présentent généralement sous forme d'empilement de bancs compacts de laves d'épaisseur métrique à décimétrique et de bancs de scories d'épaisseur métrique. Ce faciès est également connu à la Réunion sous le nom de « roche pintade ». Des coulées basaltiques et andésitiques (hawaïtes, mugéarites), aphyriques ou à phénocristaux de feldspath et d'olivine généralement peu abondants résultent de la phase IV de l'activité du Piton des Neiges.

• Les formations tardives : *Tufs en épandage*

Dans les secteurs de la cascade Niagara, de Bassin Bœuf, du secteur de commune Bègue les Bas affleurent des coulées pyroclastiques altérées d'une épaisseur pouvant atteindre quelques décimètres. Ces tufs pyroclastiques sont issus de la phase IV (entre 230 000 et 70 000 ans) de l'activité du massif du Piton des Neiges. Ces formations sont constituées par des éléments rocheux divers (ponce noire souvent dominante, basaltes à olivine, laves aphyriques ou à phénocristaux de feldspath, trachyte, roche grenue) plus ou moins abondants, de taille millimétrique à centimétrique, rarement décimétrique, et cimentés par des produits cendreaux. Sur la commune de Sainte-Suzanne, ces formations sont intensément altérées en surface, sur plusieurs mètres d'épaisseurs (altérites argilo-silteuses).

Les formations superficielles

Sur le territoire de la commune de Sainte-Suzanne, des formations superficielles sont également présentes. Mais la majorité des terrains rencontrés est en place et correspond à des formations altérées du substratum volcanique. On distingue parmi les différentes formations superficielles :

- des alluvions récentes. On les rencontre à l'exutoire des ravines débouchant sur le littoral et notamment à celui de la Rivière Sainte Suzanne et de la Grande Rivière Saint Jean. Il s'agit d'un mélange hétérogène de sables fins à grossiers, de graviers, de galets et de blocs basaltiques et andésitiques pouvant atteindre le m³. Sur la frange littorale, on distingue les alluvions marines, caractérisées par un remaniement (forme arrondie) important.
- des colluvions. Il s'agit de formes d'accumulation avec une matrice argilisée et comportant des blocs basaltiques généralement de taille réduite, issue d'anciens glissement (ponctuel ou en masse).
- des altérites. 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 est plus ou moins développée (avec de fortes variations spatiales) mais peut descendre 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.

3.1.6. Les sols

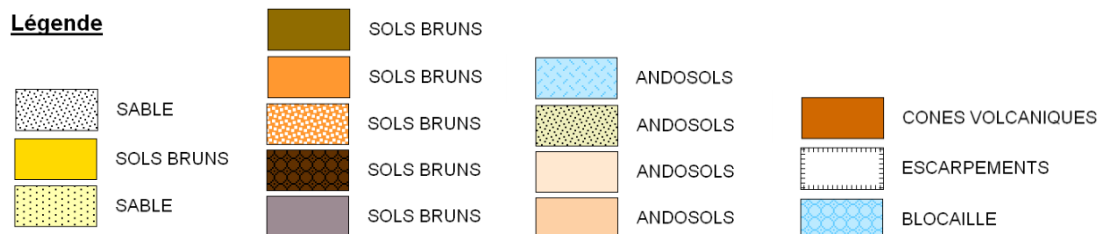
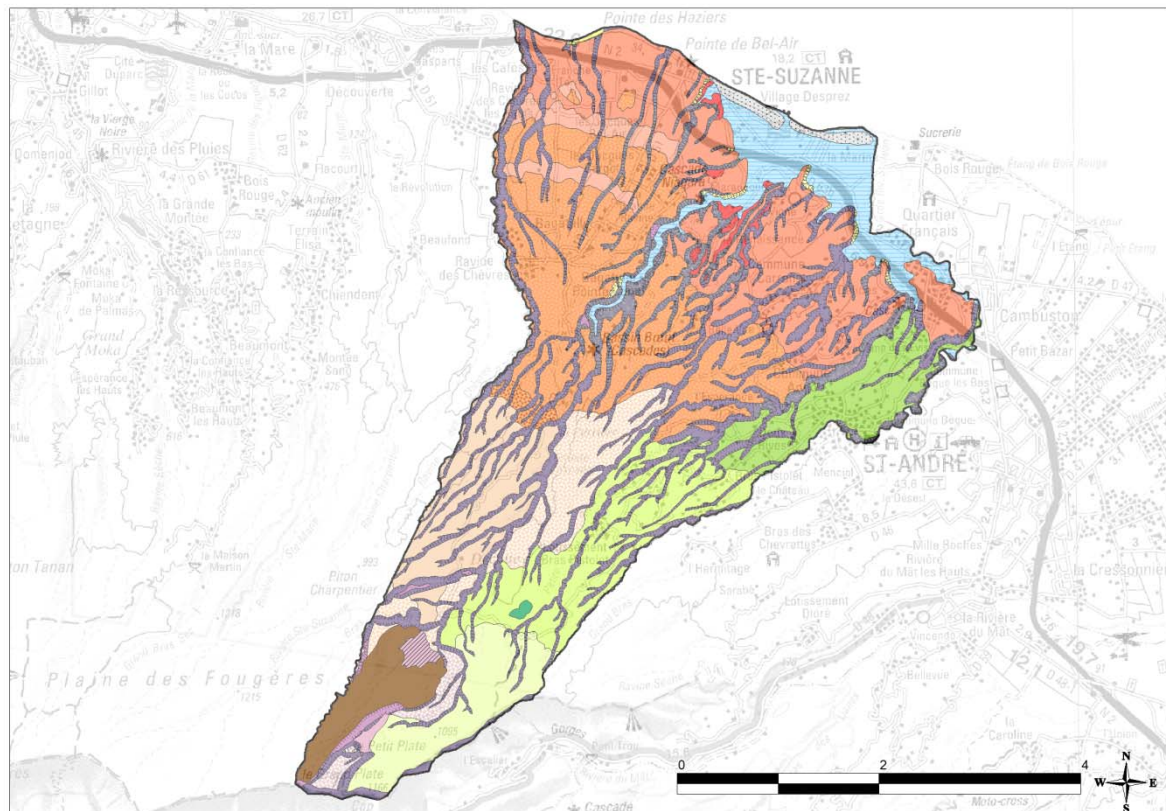


Figure 8 : Carte morpho-pédologique à l'échelle du 1/50 000
(source : C.I.R.A.D. (Raunet, 1991), fond IGN scan 100 - 2002)

D'après la Figure 8, cinq grands ensembles se distinguent sur le territoire communal de Sainte-Suzanne du Nord vers le Sud :

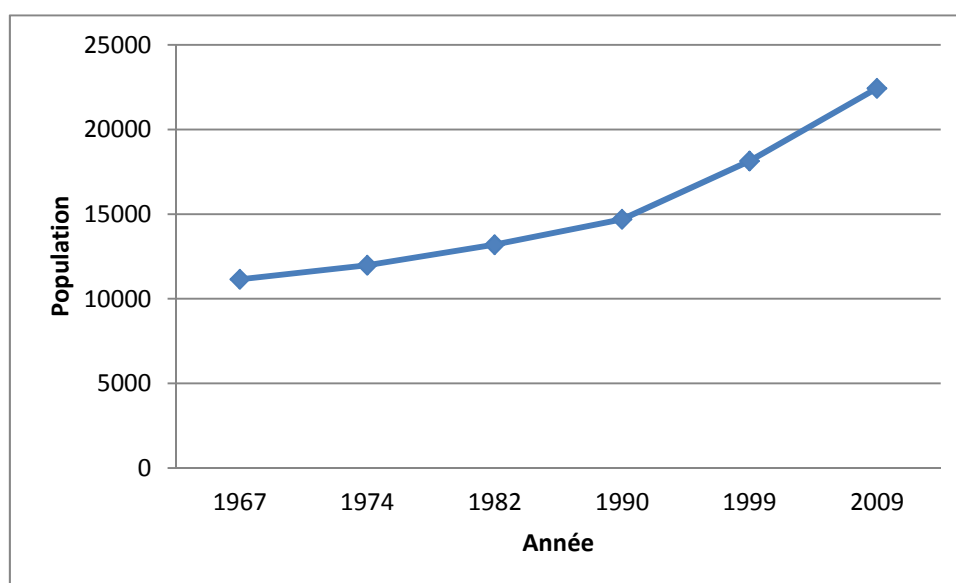
- des sols ferralitiques, rouge à brun – rouge, localisés à l'extrémité des planèzes à pente faible. On les trouve dans la partie basse de la commune de Sainte-Suzanne à basse altitude vers Commune Caron, Bellevue, Bel Air, Le Délice, St Vivienne, la Renaissance. Ce sont des sols fragiles et sensibles à l'érosion. Ils se développent essentiellement sur les planèzes modelées en glaciaires par reptation et glissements des altérites ;
- des sols andiques brun - jaune développés sur des cendres. Avec la décroissance de l'altitude, ils sont, respectivement, perhydratés (plus de 100 % d'humidité pondérale toute l'année) ou non, ou légèrement ferralitiques. On les trouve dans la partie nord-ouest de la commune, au-dessus de la Commune d'Ango et de La Renaissance ;

- des andosols désaturés non prehydratés, développés sur des cendres épaisses. Certains se localisent sur les planèzes très bosselées avec des pentes très fortes (Hauts de Sainte-Suzanne, dans le secteur de Decotte) et d'autres sur des planèzes à larges ondulations avec des pentes généralement plus faibles (secteur de la Savane). Ces sols sont très sensibles au séchage et au remaniement ;
- des sols bruns sur « gratons » (fragments de lave anguleux), scories grossières ou sur roches affleurantes, à rares poches de cendres, à haute altitude vers le Plate ;
- des sols hétérogènes sur colluvions de pente déjà altérées, à caractère ferralitique ou andique. Ils se localisent sur les hauts de la commune de Sainte-Suzanne (Le Petit Plate), sur des reliefs très disséqués et accidentés à pente très forte.

La grande diversité des types de sols rencontrés sur la commune est due à l'existence de formations anciennes altérées à basse altitude (complexe tufs/coulées de Sainte Suzanne), et de formations récentes (pyroclastites, cendres, coulées en gratons) qui ont nappé le substratum ancien altéré. Vers le Plate, des morphologies de cônes volcaniques récents sont parfaitement conservées.

3.2. ENJEUX ET VULNERABILITE

Évaluée à 11151 personnes en 1967, la population de Sainte-Suzanne a connu depuis une régulière et franche augmentation, s'établissant selon l'estimation de l'I.N.S.E.E. à 22437 en 2009 (soit un accroissement démographique de près de 101% en près de 40 ans).



	1967	1974	1982	1990	1999	2009
Population	11151	11984	13196	14695	18137	22437
Densité moyenne (hab/km ²)	192.8	207.2	228.1	254.1	313.6	387.9

Tableau 6 : Evolution de la population de Sainte-Suzanne (source : I.N.S.E.E.)

La densité démographique lors du recensement de 2009 était de 387,9 hab. /km² (contre 326,1 hab. /km² sur l'ensemble de l'île de La Réunion).

La commune de Sainte-Suzanne se divise en plusieurs secteurs :

- le secteur urbain se développant en bordure de la R.N. 2, le long du littoral, de la Ravine des Chèvres au Quartier Français ;
- les écarts habités, plus ou moins urbanisés, correspondant en particulier (liste non exhaustive) :
 - o au secteur de Bagatelle ;
 - o au secteur de Commune Ango ;
 - o au secteur de Deux Rives;
 - o au secteur de Bras Pistolet.

Le parc de logement s'établissait en 2009 à 7929 unités (constitué à 93.5% de résidences principales), soit une augmentation de 42 % depuis le recensement de 1999, illustrant une forte pression foncière existant sur la commune de Sainte-Suzanne.

Outre le bâti, les principaux enjeux répertoriés sont les suivants :

- les services de sécurité et de secours (gendarmerie, caserne de pompiers, cliniques et hôpitaux) ;
- les espaces communaux, les Z.A.C., les zones d'insalubrité (R.H.I.) ;
- les voies de circulation (R.N.2, D.51, D.63.) ;
- le réseau d'Adduction d'Eau Potable (captages, stations de traitement) ;
- les établissements d'enseignement (écoles, collèges, lycées) ;
- les bâtiments administratifs (mairie principale et mairies annexes) ;
- les autres établissements recevant du public (crèche, bibliothèque, équipements sportifs) ;
- les zones agricoles et naturelles.

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

4. Historicité et caractérisation des phénomènes naturels

4.1. PHENOMENES HISTORIQUES

La connaissance des phénomènes historiques ayant affecté le territoire communal de Sainte-Suzanne est principalement issue de l'analyse d'archives, notamment des revues de presse de la DEAL (« Sainte-Suzanne 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 :

1923

Débordement de la Rivière Sainte-Suzanne. La route nationale a été envahie par l'eau sur 300m et atteint 80cm à divers endroits.

Rapport de gendarmerie, 20 février 1923

1966

Le village Desprez était entièrement envahi par les eaux. Cyclone Denise.

JIR, 11 Janvier 1966

1974

Eroulement rocheux sur la RN2 vers Cambuston au lieudit « Petit Bazar » ; 1 mort.

Rapport BRGM, RR-39475-FR

1980

Inondations des habitations au niveau du Quartier Français en bordure de la Grande Rivière Saint Jean (avec des hauteurs d'eau pouvant atteindre 2m) suite au passage du cyclone Hyacinthe.

Le Quotidien, 23 janvier 1980

1987

Circulation coupée sur la N2 au niveau de Quartier Français. Aux alentours et à Cambuston, quelques habitations se retrouvent inondées. Cyclone Clotilda.

Le Quotidien, le 12 février 1987

1998

Glissement de 3000 m³ survenu en février 1998 en rive gauche de la rivière Sainte Suzanne dans le secteur des Trois Frères à hauteur du submersible détruit en 1993.

Rapport BRGM RR-40251-FR

2002

Chute de blocs au niveau du chemin de la commune Ango d'un volume de 3 m³ entraînant une obstruction de la route et du canal de bas-côté.

2012

Crue soudaine et inondations meurtrières (4 morts) dans la rivière Sainte Suzanne suite à de fortes pluies (février 2012).

4.2. ARRETES DE CATASTROPHES NATURELS

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

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	18/01/1993	20/01/1993	18/05/1993	12/06/1993
Inondations et coulées de boue	12/02/1993	14/02/1993	14/06/1993	27/06/1993
Inondations et coulées de boue	15/02/1993	17/02/1993	14/06/1993	27/06/1993
Inondations et coulées de boue	27/02/1993	03/03/1993	14/06/1993	27/06/1993
Inondations et coulées de boue	10/02/1994	12/02/1994	12/04/1994	23/04/1994
Inondations et coulées de boue	24/02/1998	25/02/1998	26/05/1998	11/06/1998
Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	22/01/2002	23/01/2002	08/04/2002	18/04/2002
Inondations et coulées de boue	22/01/2002	23/01/2002	05/02/2002	08/02/2002
Inondations et coulées de boue	16/02/2005	17/02/2005	02/08/2005	10/08/2005
Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	24/02/2007	28/02/2007	23/03/2007	28/03/2007
Inondations et coulées de boue	29/01/2011	30/01/2011	30/03/2011	06/04/2011
Vents cycloniques	02/01/2014	03/01/2014	07/07/2014	09/07/2014

Tableau 7 : Liste des arrêtés de catastrophes naturelle sur la commune de Sainte-Suzanne (source : [www. http://www.prim.net/](http://www.prim.net/))

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

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

Tableau 8 : Liste des cyclones notables selon Météo-France (Soler,1997)

4.3. CARACTERISATION DES PHENOMENES MOUVEMENTS DE TERRAIN

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

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

Les types de mouvements de terrain recensés sur le territoire de la commune de Sainte-Suzanne 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 grats, alternance de niveaux basaltiques massifs et de produits pyroclastiques – scories, cendres – créant des discontinuités stratigraphiques et des comportements mécaniques hétérogènes) ;
 - présence fréquente de discontinuités structurales (diaclasses, joints, intrusions) sur un versant à la topographie sensible et participant au démantèlement de la masse rocheuse ;
 - croissance de la végétation (action du système racinaire dans les fissures).

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

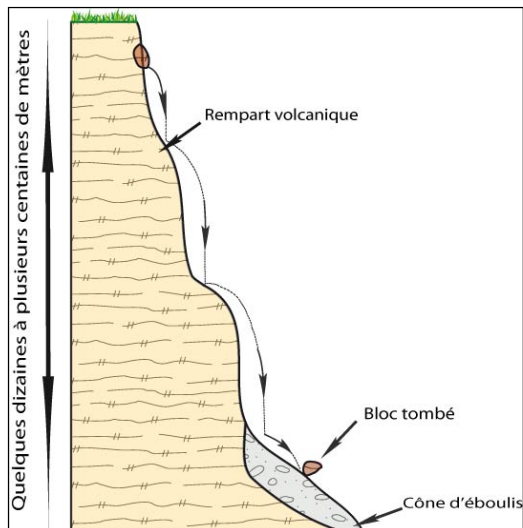


Figure 9 : Chute d'un bloc isolé

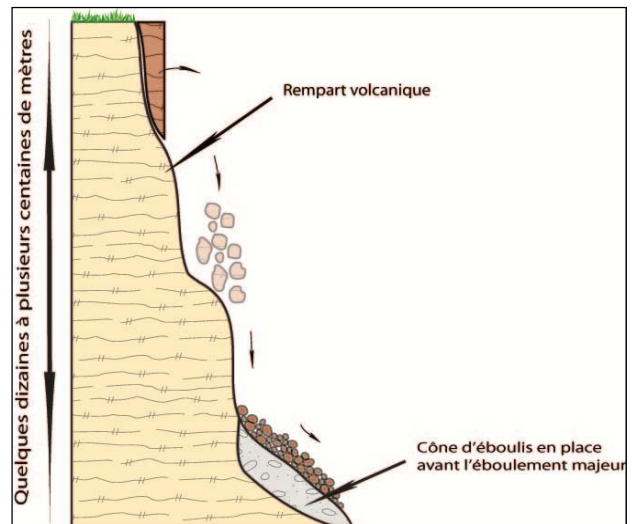


Figure 10 : Eboulement

Exemple de manifestation rencontrée



Figure 11 : chute de blocs dans les rampes de Bel-Air, RN2002 (2004)

Dans les rampes de Bel-Air, RN2002, plusieurs chutes de blocs ont été observés depuis 2002 (notamment lors du passage du cyclone Dina en 2002).

Quelques chutes de blocs plus modestes en volume et isolées ont pu être relevées par le passé notamment une chute de blocs de 3 m³ au niveau du chemin de la commune Ango suite au passage du cyclone Dina (2002). Il a obstrué la route ainsi qu'une partie du caniveau.

L'activité de chutes de blocs et éboulements dans ces parties du territoire communal est directement tributaire des contextes lithologique et structural (ainsi qu'hydrogéologique) et se développe principalement lors d'épisodes pluvieux (facteur déclenchant). Les talus rocheux, versants et/ou remparts sont le plus souvent constitués d'un empilement de coulées de laves plus ou moins épaisses et fracturées, éventuellement en alternance avec des niveaux de scories constituant des plans de faiblesse propices à un démantèlement de la masse rocheuse (le sous-cavage accroît considérablement la potentialité de survenue du phénomène du fait de la création de zones en surplomb).

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 et répandent plus largement les matériaux mobilisés.

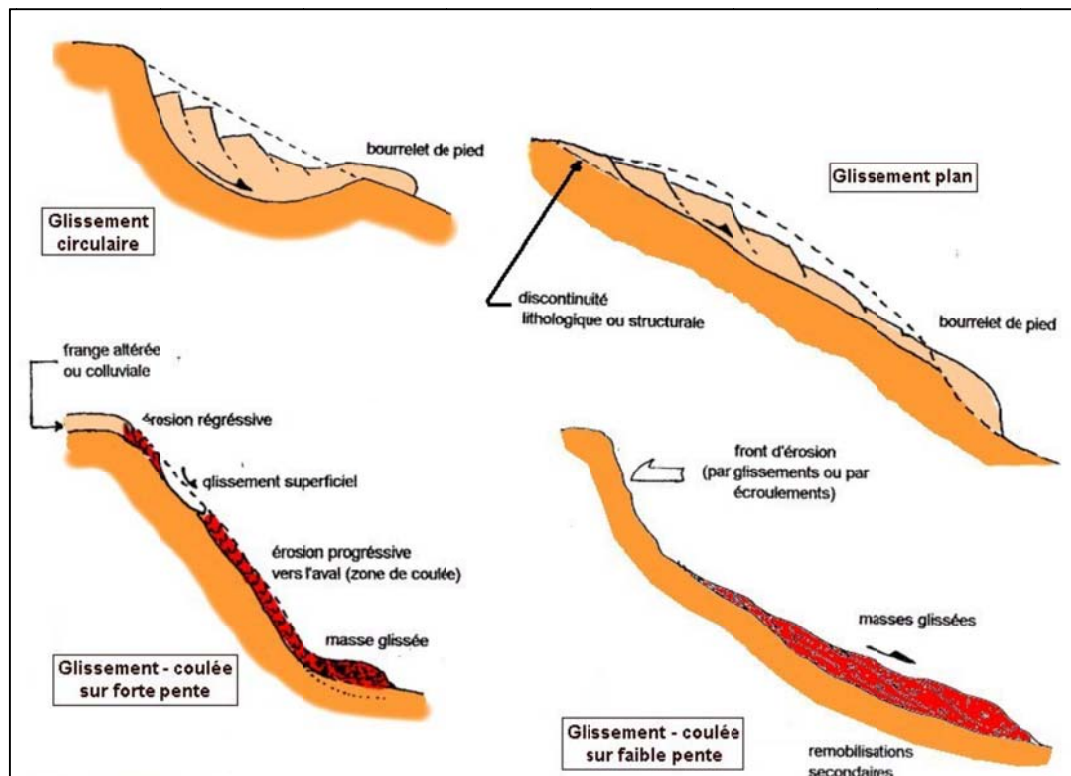


Figure 12 : Représentations schématiques des principaux types de glissement (source : BRGM, <http://www.georisques.gouv.fr/>)

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 et 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.

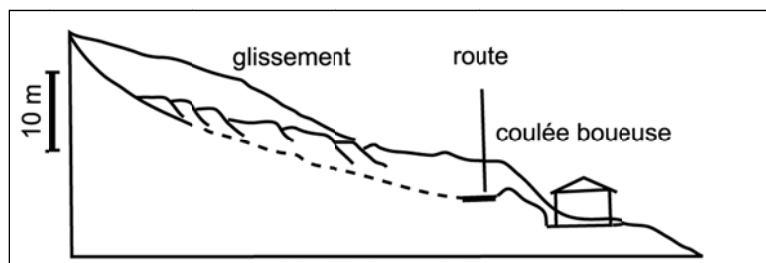


Figure 13 : Représentation schématique du glissement-coulée (exemple de Montauban, 1993 – cf. ci-après)

Exemples de manifestations rencontrées :

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

Des zones du territoire communal peuvent être touchées par des glissements de terrain d'ampleur variable, favorisés très souvent par un contexte géomorphologique défavorable (pentes plus ou moins marquées, terrains de couverture meubles - colluvions, altérites évoluées - sur une épaisseur variable) et aggravés par les aménagements humains (décaissements routiers ou pour l'habitat).

Un glissement de ce type s'est produit dans le secteur des Trois-Frères en 1987.

- **Glissements-coulées**

Une coulée boueuse s'est produite sur la commune toutefois l'information reste vague au vue de la localisation peu précise et le manque d'information la concernant

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

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

Le Glissement de 3000 m³ survenu en février 1998 en rive gauche de la rivière Sainte Suzanne dans le secteur des Trois Frères à hauteur du radier submersible détruit en 1993 en est un parfait exemple.

- **Laves torrentielles**

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 Sainte-Suzanne, 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 suivants :

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

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

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

La rivière Sainte-Suzanne et la Grande Rivière Saint-Jean, ainsi que toutes les ravines du territoire, peuvent générer en cas de crue des phénomènes de ce type, qui sont exacerbés dans les secteurs aval, au niveau de terrasses alluviales plus facilement mobilisables.

Ces phénomènes d'érosion de berge concernent donc 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 situées en recul immédiat des berges des ravines du territoire.

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. 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.

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).

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 Sainte-Suzanne :

- 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 ou des ouvrages hydrauliques. La rupture éventuelle de ces embâcles peut provoquer une onde puissante et destructrice en aval.

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

- **hauteur de submersion** : Pour l'homme, on considère généralement que des hauteurs d'eau supérieures à 50 cm sont dangereuses. À titre d'exemple, une voiture commence à flotter à partir de 30 cm d'eau ;
- **vitesse d'écoulement** : elle est conditionnée par la pente du lit et sa rugosité. Elle peut atteindre plusieurs mètres par seconde. 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. La dangerosité de l'écoulement dépend également du couple hauteur/vitesse.

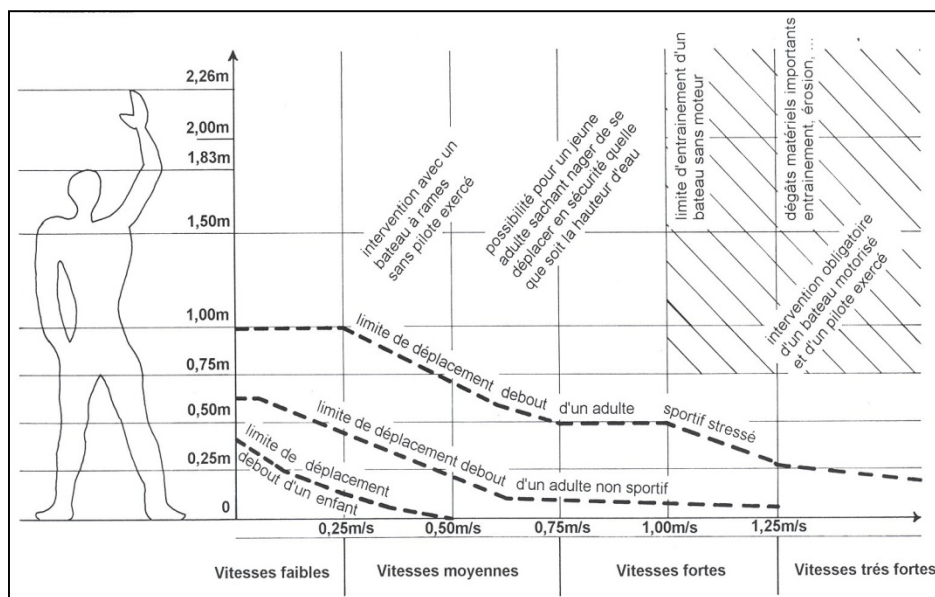


Figure 14 : Possibilité de déplacement des personnes en fonction des caractéristiques d'écoulement
(source : Guide PPRi ruissellement péri-urbain M.E.D.D.)

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.).

Exemples de manifestations rencontrées



Figure 15 : Inondation du centre ville de sainte-Suzanne, Cyclone Colina, Janvier 1993 (Source : Sainte-Suzanne dans la tourmente)



Figure 16 : Submersion du radier sur la rivière Sainte Suzanne; le 30 janvier 2011 (Source : iMazPress Reunion, photo Mounice Najafaly)

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., 2008), 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 et leur évaluation financière 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 géologiques et topographiques, et des observations du chargé d'études.

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. Le zonage traduit également un contexte similaire à celui d'une autre zone où un phénomène a été recensé.

Dans la majorité des cas, l'évolution des phénomènes naturels 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.

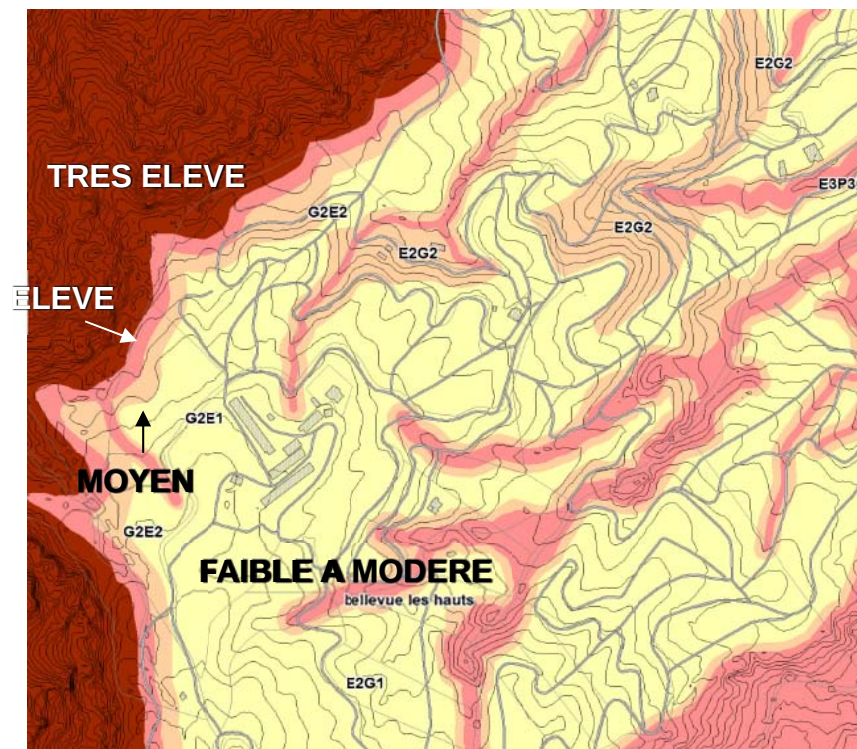


Figure 17 : Exemple de représentation de la notion de continuité du niveau d'aléa mouvements de terrain

5.2. ALEA INONDATION

5.2.1. Méthode d'évaluation de révision 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 cartographie de l'aléa inondation reprend le zonage défini dans le Plan de Prévention des Risques Naturels (PPR) de la commune de Sainte-Suzanne approuvé en mai 2003 et établi par SOGREAH. La méthodologie de travail pour mener à bien cette révision de la carte d'aléa inondation s'appuie sur une démarche « à dire d'experts », sans recours à des modélisations systématiques. La démarche de révision de ce zonage s'est effectuée en intégrant :

- **la connaissance nouvelle** sur les inondations sur le territoire, et plus particulièrement au droit des secteurs à enjeux de la commune, depuis la réalisation de la carte d'aléa du PPRi de 2003. Ces nouveaux éléments ont été obtenus grâce à la réalisation **d'aménagements de protection** et à la réalisation de **nouvelles études hydrauliques** à l'échelle de vastes secteurs ou de grands bassins versants. On citera notamment la récente modélisation hydraulique effectuée dans le cadre de l'étude de danger de la digue du Bocage, dans le centre-ville (Hydrétudes 2013) ou encore les données relatives à la cartographie de l'aléa inondation issue des premières phases d'étude du PGRI de la Grande Rivière Saint-Jean (Sogreah, 2011) ;
- **les résultats des études spécifiques complémentaires** (généralement à l'échelle parcellaire ou d'un projet d'aménagement) fournies par les services de la mairie et/ou par le service instructeur (études réalisées pour le compte de la mairie ou de tout autre service public, ou encore pour le compte de particuliers), ou de toutes autres données pertinentes (événement historique non connu lors de la réalisation du précédent document ou événement nouveau, dossier de travaux, etc.). Une analyse critique de ces différentes études a été réalisée et fait l'objet du rapport BRGM RP-62192-FR de décembre 2013.
- la précision de la cartographie de l'aléa inondation dans **les Hauts de Sainte-Suzanne** ;
- une mise en cohérence avec la cartographie de l'aléa mouvements de terrain. L'aléa érosion est sorti du zonage inondation et inclus dans le zonage mouvements de terrain. Seul le champ d'inondation en crue centennale est ainsi considéré ;
- la mise à jour de la cartographie de l'aléa avec l'utilisation de nouveaux outils topographiques plus précis : **Litto3D®** et **MNTR®** (2012). Le produit Litto3D®, développé par l'IGN® et SHOM®, est une base de données altimétrique unique et continue terre-mer donnant une représentation tridimensionnelle de la forme de la position du sol sur la frange littorale du territoire réunionnais. La base de données de Litto3D® ne s'étend qu'à 2km à l'intérieur des terres. Aussi, l'IGN a étendu cette base de données à l'ensemble de l'île en produisant un Modèle Numérique de Terrain Réunionnais (MNTR®). La précision altimétrique est de l'ordre de 20 cm et la précision planimétrique est de l'ordre de 50 cm.

Les 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 révision du zonage a également intégré des séries de visites de terrain afin de relever les indices hydrogéomorphologiques permettant de préciser les conditions d'écoulement pour la crue centennale des ravines expertisées, notamment dans les secteurs à enjeux où la

modification envisagée par rapport à la cartographie existante était significative. Les visites de terrain ont eu lieu entre septembre et novembre 2013.

La cartographie « inondation » est présentée sur fonds topographiques :

- à l'échelle 1/15 000 pour l'ensemble du périmètre d'étude (planche 1) ;
- à l'échelle 1/5 000 sur les secteurs à enjeux de la commune (planche 2 à planche 6), qui correspondent aux zones bâties.

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

- **Aléa fort**

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

- **Aléa moyen**

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

- **Aléa faible**

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

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

Aléa résiduel – Digue du Bocage

L'étude de danger réalisée par Hydrétudes, pour la digue du Bocage, située en rive gauche de la rivière Sainte-Suzanne, entre le pont de la RN 2002 et la limite sud du village Desprez, dans le centre-ville de Sainte-Suzanne, a permis de préciser un niveau d'aléa résiduel en cas de défaillance de cet ouvrage (cf. rapport Hydrétudes RE12-055 de juillet 2013). Cette étude a également permis de préciser l'aléa de débordement de la crue centennale dans le secteur (hors défaillance = aléa initial).

L'aléa résiduel concerne des terrains pour lesquels un dispositif de protection contre les crues centennales existe mais ne permet pas d'écarter tout risque d'inondation, en particulier en cas de défaillance du dispositif (possibilité de rupture de digues, dépassement du dimensionnement de l'ouvrage, défaut d'entretien, non mise en place d'ouvrages de type batardeaux, etc.).

Trois niveaux d'aléa d'inondation résiduel, **faible**, **moyen** et **fort**, ont été distingués, en fonction des caractéristiques du champ d'inondation résultant de ces possibles défaillances. Pour la digue du Bocage, 6 scénarios de défaillances distincts ont été modélisés par Hydrétudes (un

phénomène d'embâcle au pont de la RN2002 et 5 ruptures de digue réparties le long du linéaire de l'ouvrage (~1 km)).

Le zonage de l'aléa résiduel cartographié selon les critères suivants, intègre le champ d'inondation cumulant les résultats de chaque scénario de défaillance. Il s'agit d'une compilation des résultats de chaque scénario où on considère en tout point du modèle, l'aléa résiduel le plus défavorable.

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

Tableau 10 : Caractérisation de l'aléa inondation pour les scénarii de défaillances correspondant aux crues inférieurs ou égales à la crue centennale

- **Aléa résiduel fort**
 - vitesses d'écoulement supérieures à 1 m/s en continuité derrière les digues (aléa principalement lié aux risques de rupture ou de surverse) ;
- **Aléa résiduel moyen**
 - hauteurs d'eau supérieure à 1 m et vitesses d'écoulement inférieures à 1 m/s ;
- **Aléa résiduel faible**
 - hauteurs d'eau comprises entre 0,2 m et 1 m et des vitesses d'écoulement inférieures à 1 m/s.

Les résultats sont généralement issus de modélisations hydrauliques précises. Suite à l'attribution des aléas, une enveloppe externe est créée (« lissage » des contours) en prenant les extrémités de chaque maille du modèle. Les mailles trop isolées ou enclavées dans un aléa plus fort ont été supprimées afin d'apporter plus de cohérence au résultat cartographique (cf. Figure 18).

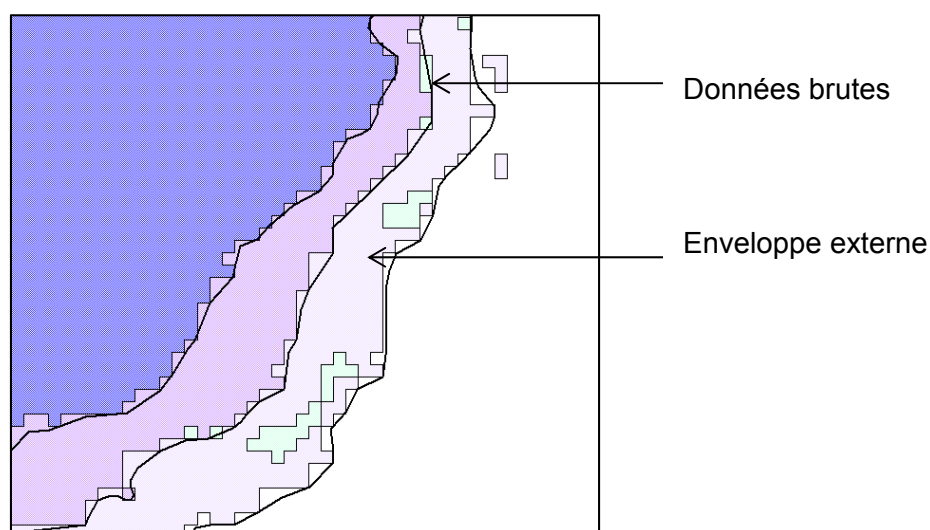


Figure 18 : Exemple de création d'une enveloppe externe

Compilation des aléas inondation

Il est à noter qu'un même secteur peut être soumis à un niveau d'aléa inondation par débordement de la crue centennale et à un niveau d'aléa résiduel en cas de défaillance d'ouvrage (en l'occurrence Digue du Bocage pour la commune de Sainte-Suzanne).

Un ordre de priorité a été défini, par niveau d'aléa (fort, moyen, faible) afin de présenter sur la cartographie de l'aléa inondation de la commune, le niveau d'aléa le plus défavorable et/ou celui dont l'occurrence est la plus forte. Ainsi le niveau d'aléa pour le débordement de la crue centennale est généralement prioritaire sur l'aléa résiduel sauf pour le niveau résiduel fort du fait des critères retenus, plus sévères que ceux de l'aléa moyen.

Le tableau suivant précise cet ordre de priorité retenu pour la cartographie de l'aléa inondation dans des secteurs soumis à deux niveaux d'aléa distincts :

Ordre de priorité	intervalle	Scénarios / origine de l'aléa
fort	$V > 1$ ou $H > 1$	Q 100 débordement
résiduel fort	$V > 1$	Q 100 défaillance
résiduel moyen	$H > 1$	Q 100 défaillance
moyen	$V [0.5 ; 1[$ ou $H [0.5 ; 1[$	Q 100 débordement
faible	$V < 0.5$ ou $0,2 < H < 0.5$	Q 100 débordement
résiduel faible	$V < 1$ ou $0,2 < H < 1$	Q 100 défaillance

Tableau 11 : Ordre de priorité des niveaux d'aléa inondation (Q 100 = débit centennal)

5.2.3. Exemples de modification du zonage inondation

D'une manière générale, la carte d'aléa inondation du présent projet de PPR a fait l'objet de nombreuses modifications par rapport au zonage du PPR actuellement approuvé (datant de 2003) du fait notamment des raisons évoquées précédemment (cf. 5.2.1). Le bilan des modifications à l'échelle communale montre principalement (comparaison entre le projet de PPR – volet inondation et le PPRi approuvé en 2003) :

- Un aléa fort réduit significativement (près de 500 ha déclassés) du fait de la prise en compte du seul champ d'inondation (aléa érosion intégré dans la cartographie de l'aléa mouvements de terrain) ;
- Une réduction de l'aléa moyen du fait notamment de l'exclusion de la dynamique de ruissellement urbain ;
- L'insertion de l'aléa résiduel au droit de la digue du bocage pour tenir compte de l'étude de danger réalisée récemment.

Afin d'illustrer les principales modifications effectuées et intégrées au présent projet de PPR, des exemples concrets et pour la plupart en lien avec les futurs projets de la mairie, sont présentés :

- la ZAC « Entrée de ville », projet de logements ;
- le quartier La Marine, futur SDIS ;
- le quartier Français, projet de logements ;
- le secteur des Trois frères, projet de Z.U.

- l'encaissement de la rivière Sainte-Suzanne.

Pour chacun de ces secteurs, les cartographies de l'aléa inondation avant (PPR de 2003) et après modification (projet de PPR de 2014) sont présentées ainsi que les éléments de justification.

Le contour des secteurs présentés dans les pages suivantes (délimitation sur fond cadastral) est matérialisé par un contour bleu. La légende associée aux extraits de cartographie présentés est la suivante :

Niveau d'aléa

	NUL
	FAIBLE
	MOYEN
	FORT
	RESIDUEL ELEVE
	RESIDUEL MOYEN
	RESIDUEL FAIBLE

ZAC Entrée de Ville

Ce secteur se situe sur la façade ouest de la commune à proximité du littoral. La ravine Bel-Air borde les parcelles du projet à l'ouest. Une étude hydraulique réalisée par Hydrétudes en janvier 2013 intégrant une modélisation hydraulique de la crue centennale a été réalisée et propose de déclasser une partie des terrains en aléa nul en lien avec une réduction de la largeur du bandeau d'aléa fort inondation.

L'analyse de cette étude et une visite du site ont permis de valider la proposition du bureau d'études qui est pertinente vis-à-vis de la réalité d'écoulement en crue centennale au regard de la morphologie de la ravine dans ce secteur.

La visite de site a permis d'identifier la présence d'un ouvrage hydraulique sous la RN2 et de préciser sa capacité hydraulique (de l'ordre de 100 m³/s). L'ouvrage présente une capacité supérieure au débit centennial modélisé par le bureau d'études, justifiant la continuité hydraulique au droit de cet ouvrage et l'absence de diffluence.

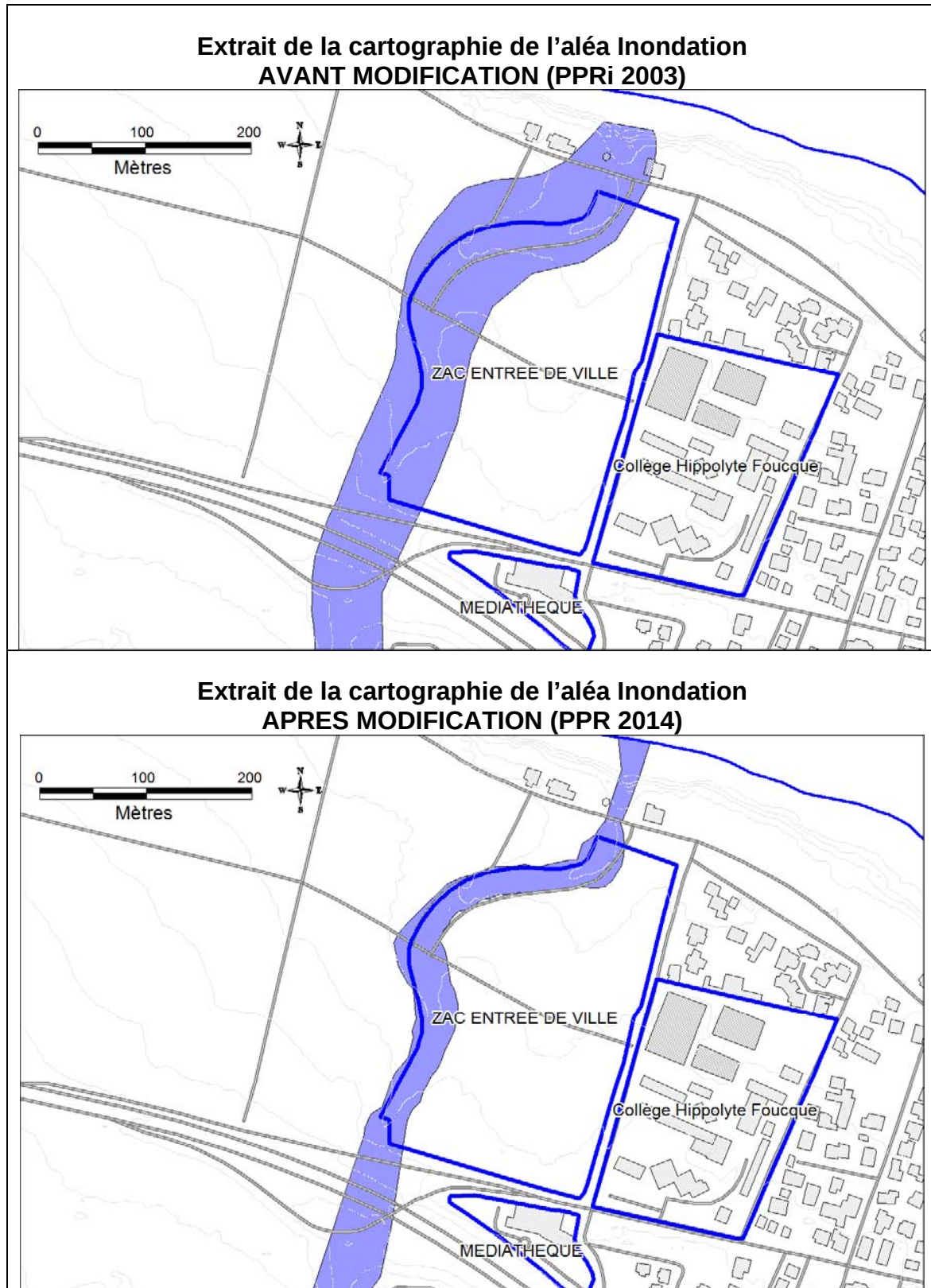


Figure 19 : Cartographie de l'aléa inondation – ZAC entrée de Ville

Quartier de la Marine

Ce secteur se situe en rive droite de la rivière Sainte-Suzanne, sous la RN2. La récente modélisation hydraulique de la Rivière Sainte-Suzanne, dans le cadre de l'étude de danger de la digue du Bocage située dans le centre-ville (rapport Hydrétudes RE12-055 de juillet 2013), a permis de préciser les hauteurs et vitesses d'eau pour la crue centennale, en l'absence de défaillance de la digue de protection et pour différents scénarii de rupture.

Les résultats de cette étude ont été intégrés au projet de zonage inondation du PPR de la commune et concernent d'une manière générale tout le centre-ville de la commune et les terrains aux abords de la rivière, dont ceux du Quartier de la Marine.

Le projet étant cependant en limite de la zone modélisée, une visite de terrain complémentaire a permis de justifier le zonage d'aléa. Les observations ont montré la présence sur la façade Est du projet d'une rue et d'une urbanisation légèrement surélevées par rapport aux terrains plus à l'ouest, ce qui justifie les limites du zonage dans ce secteur, qui, par ailleurs, correspond plus exactement à l'extrémité d'une zone d'expansion de crue, plutôt qu'à une véritable zone d'écoulement (vitesses faibles).

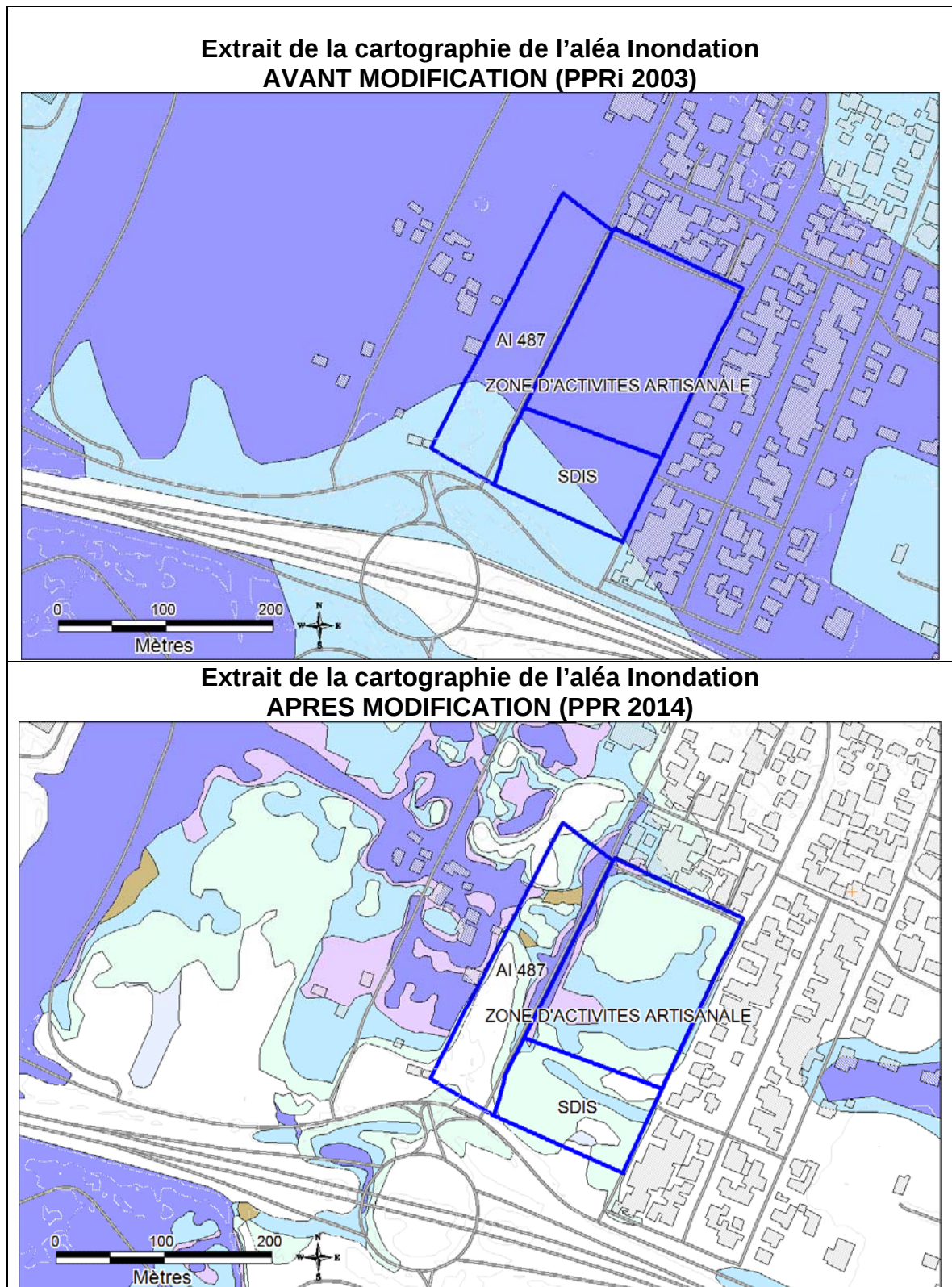


Figure 20 : Cartographie de l'aléa inondation – Quartier de la Marine

Quartier Français

Pour le secteur du Quartier Français (site de la friche industrielle, ancienne usine sucrière), la problématique de ruissellement urbain ne fait plus partie du zonage inondation ce qui explique le déclassement significatif de l'aléa moyen sur une partie du secteur d'étude, qui était intégré au PPRi de 2003. De plus, les résultats de l'étude PGRI de la Grande Rivière Saint-Jean (Sogreah, 2011) sont intégrés dans la réflexion de l'élaboration de la cartographie de l'aléa inondation avec une prise en compte des résultats cartographiques, ajustés ponctuellement pour tenir compte des incertitudes sur les hypothèses prises en compte dans cette étude (cf. rapport BRGM RP-61738-FR de novembre 2012).

Au droit du secteur de Quartier Français, le maintien d'un niveau d'aléa moyen inondation a été considéré afin d'intégrer de possibles débordements en rive gauche de la Grande Rivière Saint Jean (cf. rapport BRGM RP-62192-FR). Le zonage tient ensuite compte des données topographiques du secteur (à partir du MNTR® (IGN, 2012), notamment pour la précision des limites entre l'aléa moyen et l'aléa nul inondation.

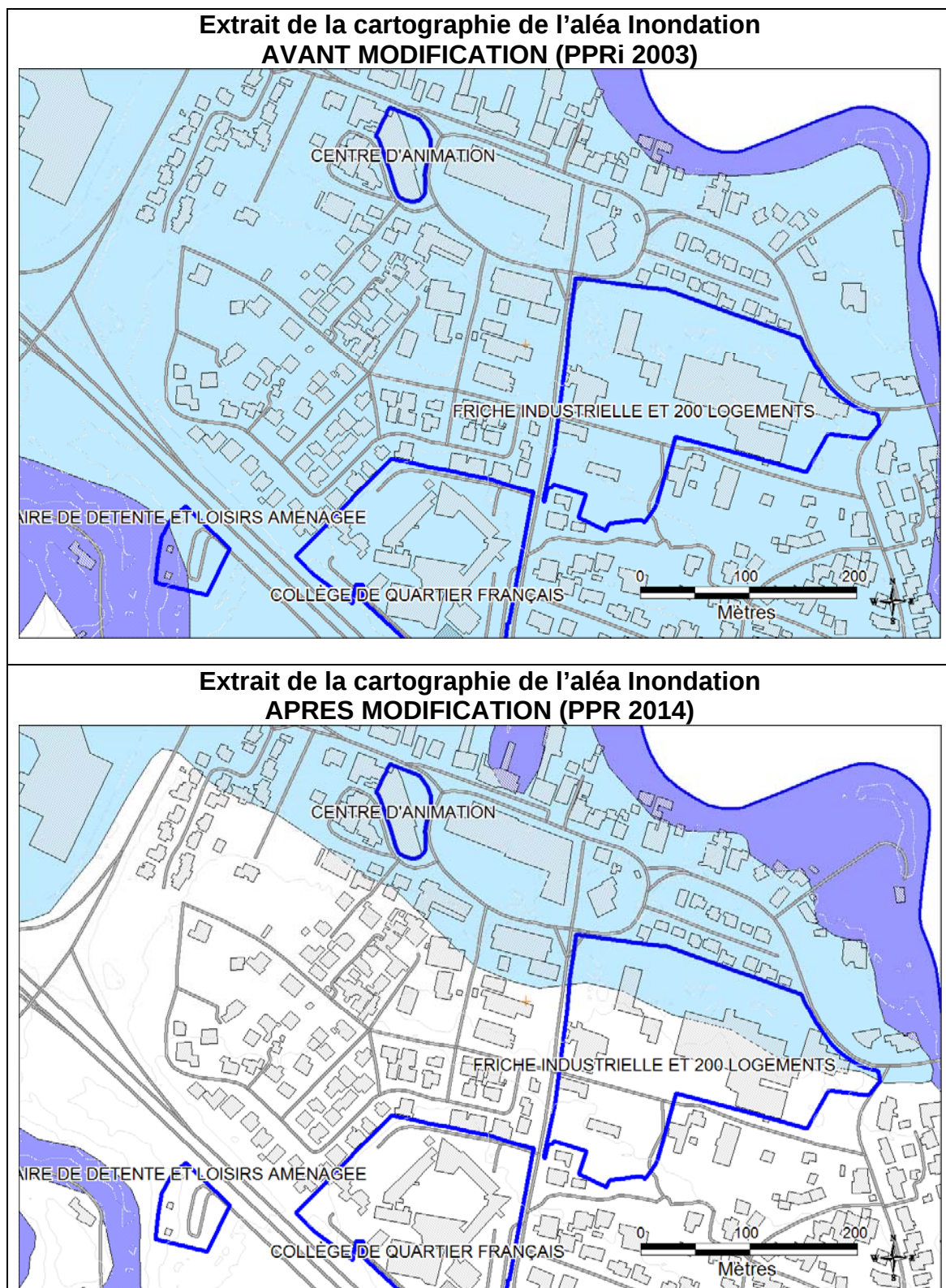


Figure 21 : Cartographie de l'aléa inondation – Quartier Français

ZU 3 Frères

Le zonage de l'aléa inondation du PPRi de 2003 n'impactait pas de manière significative la future zone urbaine des Trois Frères.

Cependant, les modifications apportées aux ravines bordant les parcelles du projet illustrent le travail de précision cartographique effectué sur toutes les ravines du territoire communal, avec notamment :

- Prise en compte du débit centennal pour chaque ravine ;
- Précision cartographique de la zone inondable correspondante (suppression des zones « tampon » type) : précision et déclassement de l'aléa fort au droit de la ravine à l'ouest du projet ;
- Intégration de chaque ravine susceptible de générer un écoulement en crue centennale : thalweg à l'est du projet intégré en aléa fort.

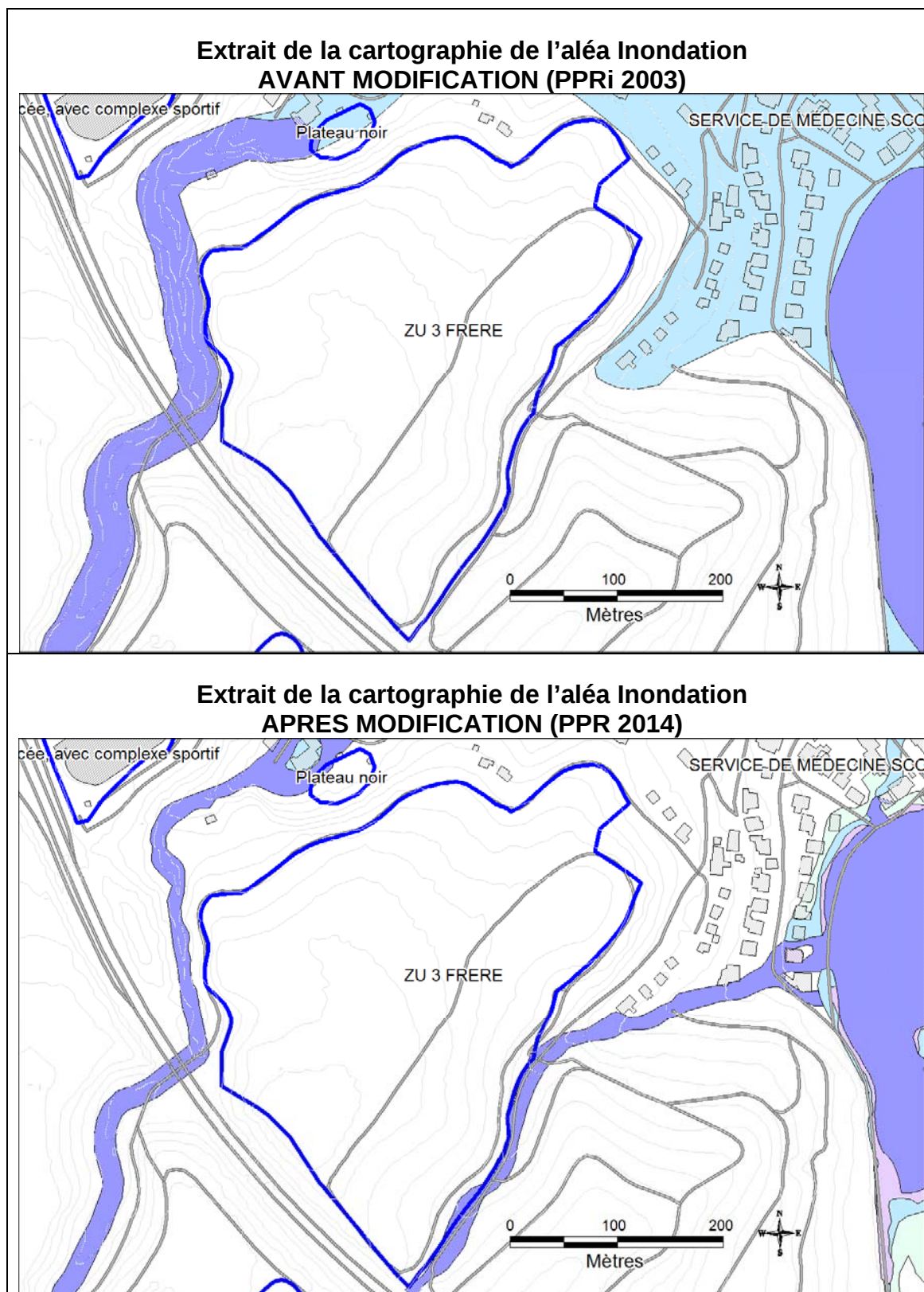


Figure 22 : Cartographie de l'aléa inondation – ZU 3 Frères

Rivière Sainte-Suzanne – Bagatelle – Pointe Canal

Le zonage de l'aléa inondation du PPRi de 2003 englobait de manière systématique les encaissements de chaque ravine afin de tenir compte de l'aléa érosion, par le passé intégré au zonage inondation.

Du fait de la séparation entre ces deux aléas (aléa érosion intégré au zonage mouvements de terrain), la précision cartographique au droit des thalwegs marqués a été significative et intègre dorénavant le seul champ d'inondation pour la crue centennale.

L'illustration suivante est un exemple concret de cette modification.

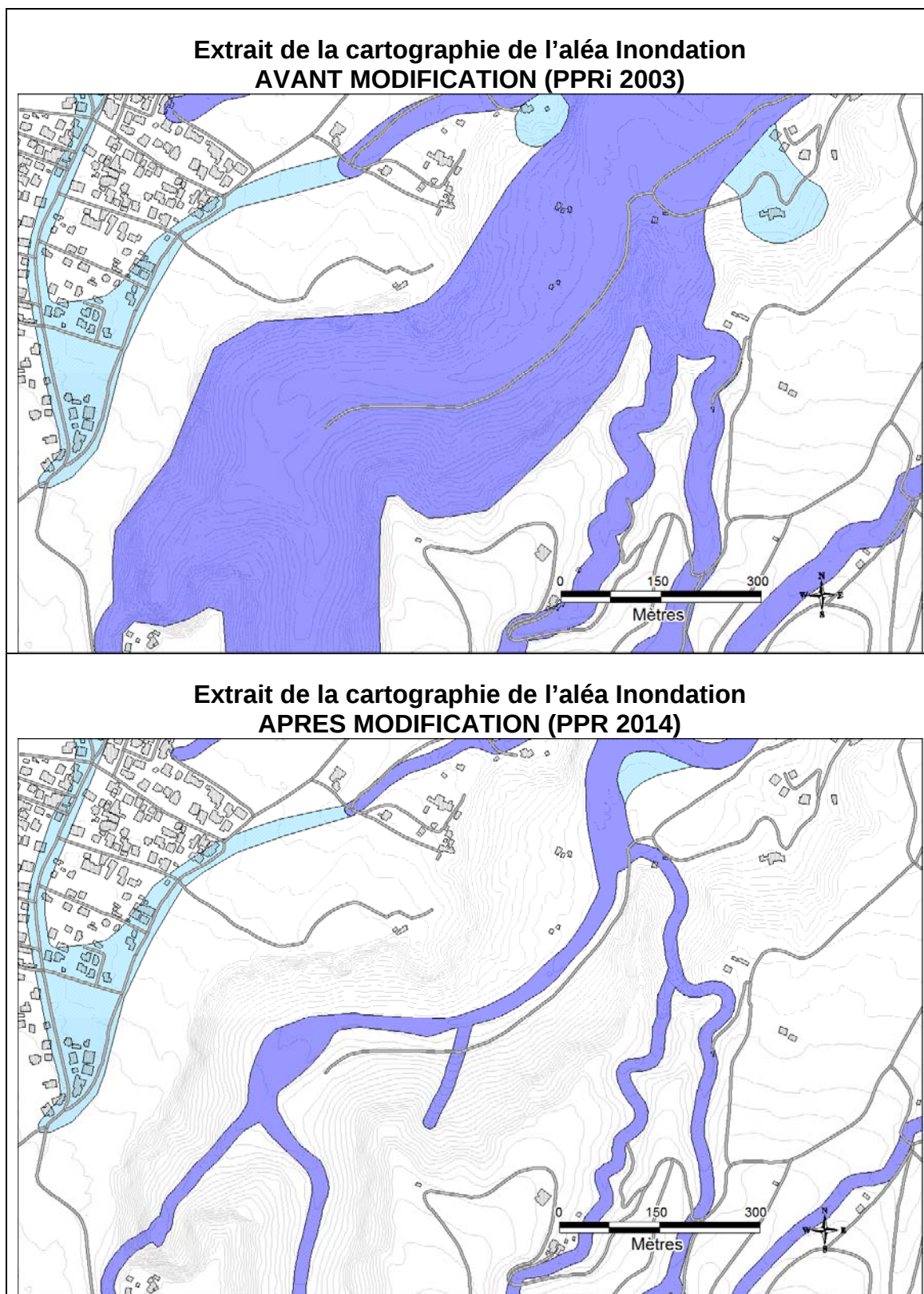


Figure 23 : Cartographie de l'aléa inondation – Rivière Sainte-Suzanne

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 avril 2008. 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 premier « Porter à Connaissance » en juillet 2010, préalablement à l'arrêté de prescription du PPR multi aléa (cf. AP n° 1687/SG/DRCTCV en date du 22 juillet 2010 présenté en annexe 1).

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 débuté en 2008, puis 2010 et se sont poursuivies en 2013 entre septembre et novembre 2013 ;
- les résultats d'**études spécifiques complémentaires** fournies par les services de la mairie ou par le service instructeur (études réalisées pour le compte de la mairie ou de tout autre service public, ou encore pour le compte de particuliers), ou toutes autres données pertinentes (événement historique non connu lors de la réalisation du précédent document ou événement nouveau, dossier de travaux, etc.). Une analyse critique de ces différentes études a été réalisée au fur et à mesure des réceptions et fait l'objet de plusieurs rapports du BRGM (RP-59605-FR de février 2011, RP-61181-FR de juin 2012 et RP-62192-FR de décembre 2013) ;
- la prise en compte de nouveaux outils topographiques précis : **Litto3D®** et **MNTR®** (2012). Le produit Litto3D®, développé par l'IGN© et SHOM©, est une base de données altimétrique unique et continue terre-mer donnant une représentation tridimensionnelle de la forme de la position du sol sur la frange littorale du territoire réunionnais. La base de données de Litto3D® ne s'étend qu'à 2km à l'intérieur des terres. Aussi, l'IGN a étendu cette base de données à l'ensemble de l'île en produisant un Modèle Numérique de Terrain Réunionnais (MNTR®). La précision altimétrique est de l'ordre de 20 cm et la précision planimétrique est de l'ordre de 50 cm ;
- 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 l'élaboration de la cartographie.

La cartographie mouvements de terrain est présentée sur fonds topographiques :

- à l'échelle 1/15 000 pour l'ensemble du périmètre d'étude (planche 1) ;
- à l'échelle 1/5 000 sur les secteurs à enjeux de la commune (planche 2 à planche 6), qui correspondent aux zones bâties ;

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 adapté ...

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 Glissements de terrain Erosion	Tufs, altérites peu évoluées, alluvions indurées ...
Terrain meuble, médiocre	Glissements de terrain Coulée de boue / lave torrentielle Erosion	Remblais, alluvions, colluvions, éboulis, altérites évoluées, formation de plage ...

Tableau 12 : Type de phénomènes 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 rencontrée, les critères vont différer : à pente égale, les terrains indurés sont plus stables, et inversement.

Peuvent s'ajouter aux facteurs 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 13 : Intensité du phénomène

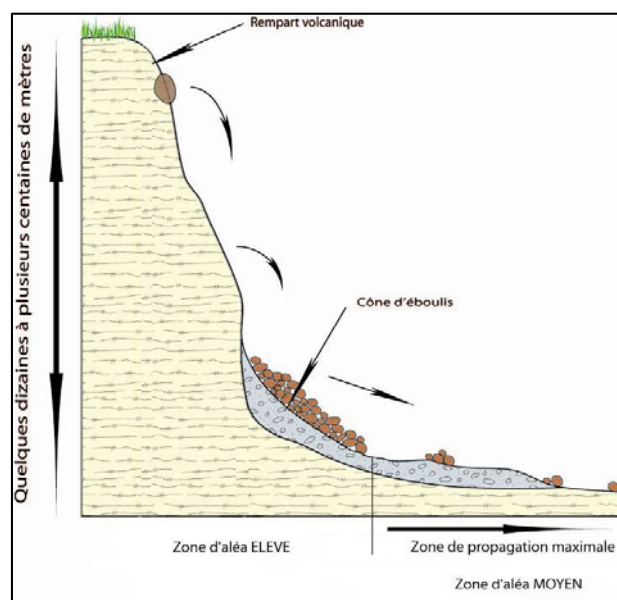


Figure 24 : Principe de décroissance de l'intensité du phénomène chute de blocs avec l'éloignement de la source de départ

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 14 : 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, 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, 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 ceux d'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 » 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, combinés à un faciès instable, 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 conditionne le niveau d'aléa sauf pour l'aléa faible (cf. Tableau 15).

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 15 : Caractérisation du niveau d'aléa mouvement de terrain en fonction de l'intensité du phénomène

5.3.5. Exemple de cartographie du zonage mouvements de terrain

D'une manière générale, la carte d'aléa mouvements de terrain du présent projet de PPR a fait l'objet de plusieurs modifications par rapport au zonage du PAC de 2010 du fait notamment des nouvelles données à disposition et des raisons évoquées précédemment (cf. 5.3.1).

Afin d'illustrer le zonage mouvements de terrain élaboré, quelques exemples de secteurs à enjeux de la commune sont présentés ci-dessous, notamment ceux présentés pour le zonage inondation, ainsi que d'autres secteurs spécifiquement impactés par un aléa mouvements de terrain :

- la ZAC « Entrée de ville », projet de logements ;
- Le quartier La Marine, futur SDIS ;
- Le quartier Français, projet de logements ;
- Trois frères, projet de Z.U ;
- La rivière Sainte-Suzanne – Secteur Pointe Canal ;
- Le secteur de Deux Rives.

Le contour des secteurs présentés dans les pages suivantes (délimitation sur fond cadastral) est matérialisé par un contour bleu. La légende associée aux extraits de cartographie présentés est la suivante :

Niveau d'aléa

	NUL
	FAIBLE A MODERE
	MOYEN
	ELEVE
	TRES ELEVE

ZAC Entrée de Ville

Une mise en cohérence avec le zonage inondation est effectuée pour tenir compte des problématiques d'érosion de berges du fait de l'absence d'ouvrages de protection et de la nature des berges dans ce secteur.

Les terrains par ailleurs sont classés en aléa faible à modéré mouvements de terrain pour tenir compte du phénomène d'érosion par ravinement. Cela se justifie par l'occupation du sol actuelle, les pentes même faibles du secteur et l'occurrence probable suivant une intensité faible sur la période de référence donnée (100 ans).

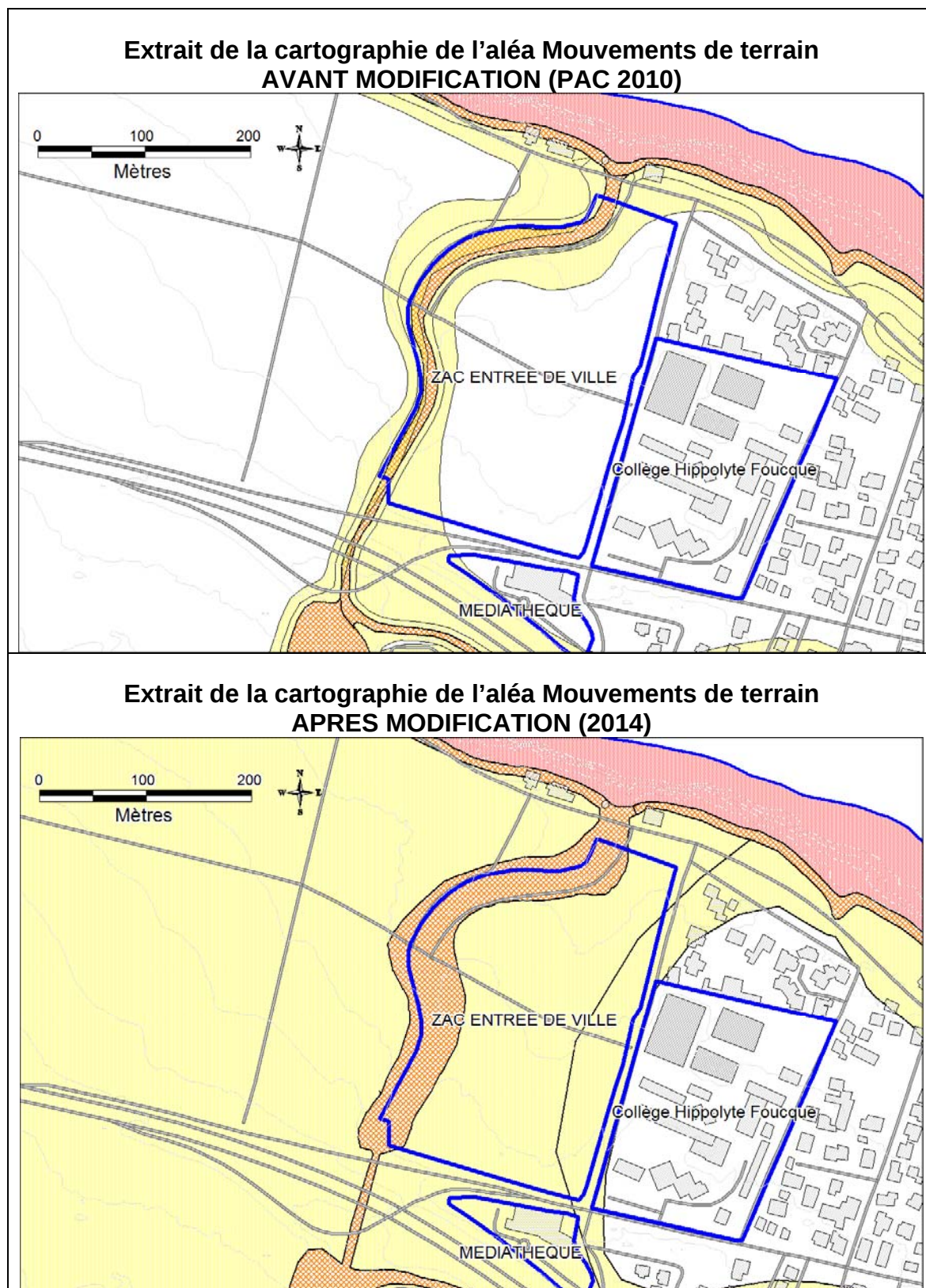


Figure 25 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – ZAC entrée de Ville

Quartier de la Marine

La cartographie de l'aléa mouvements de terrain pour ce secteur tient compte des modifications de l'aléa inondation suite à la modélisation hydraulique effectuée en 2013 dans le cadre de l'EDD de la digue du Bocage. Une mise en cohérence a été effectuée afin de prendre en compte les risques d'érosion dans les secteurs présentant certaines vitesses d'écoulement.

La zone principale d'écoulement du secteur est cartographiée en aléa moyen mouvements de terrain (risque d'érosion régressive en berges et de glissements associés) et les abords présentant des vitesses réduites en aléa faible mouvements de terrain.

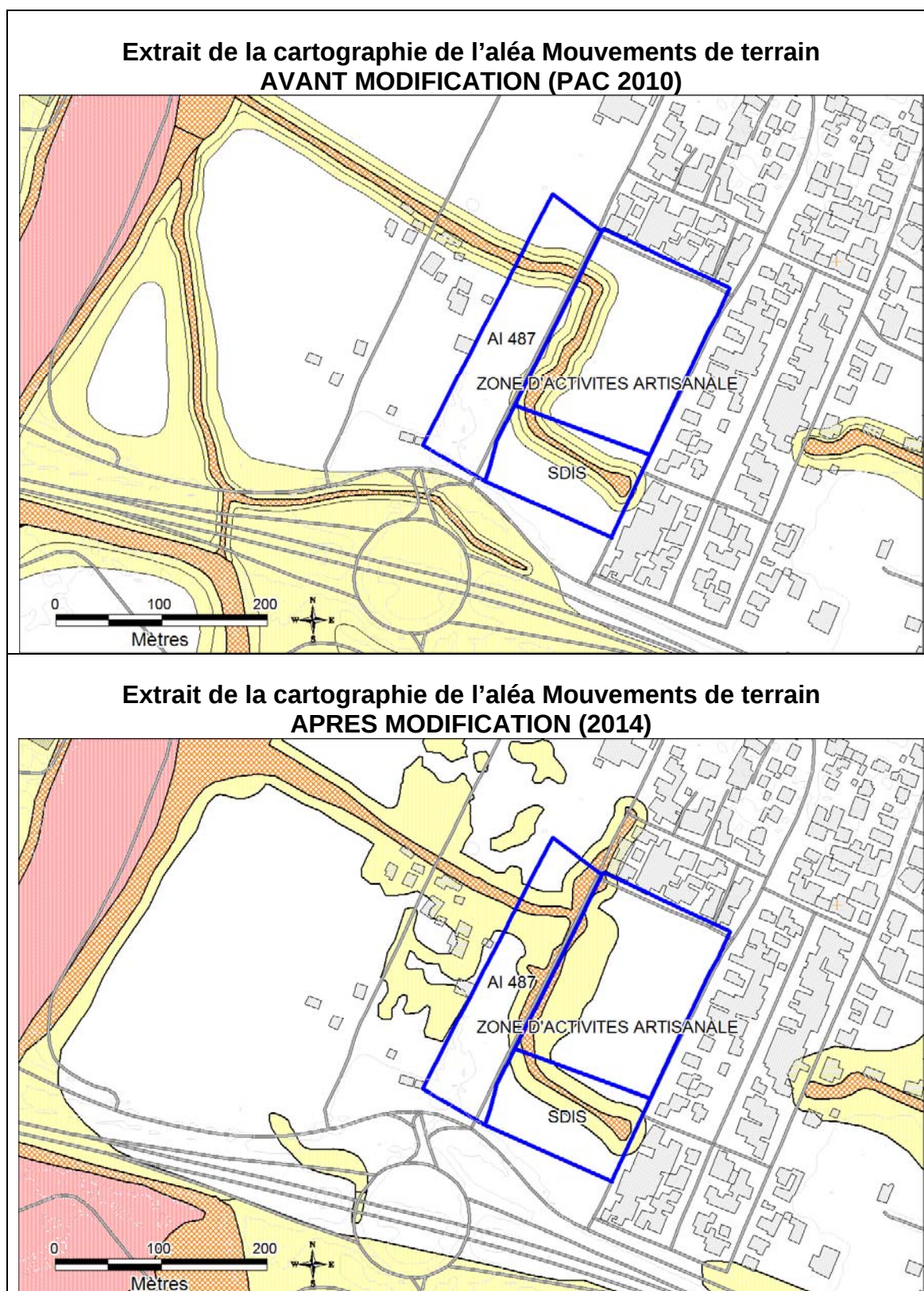


Figure 26 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – Quartier de la Marine

Quartier Français

Ce secteur urbanisé présente des pentes orientées vers le Nord. Afin de tenir compte des risques d'érosion lors de fortes précipitations, notamment en secteur urbanisé où les vitesses d'eau de ruissellement peuvent être élevées, un aléa faible mouvements de terrain a été considéré.

Les abords des axes d'écoulement proches (grande Rivière Saint-Jean notamment) ont été cartographiés en tenant compte des modifications de l'aléa inondation (mise en cohérence pour l'aléa érosion).

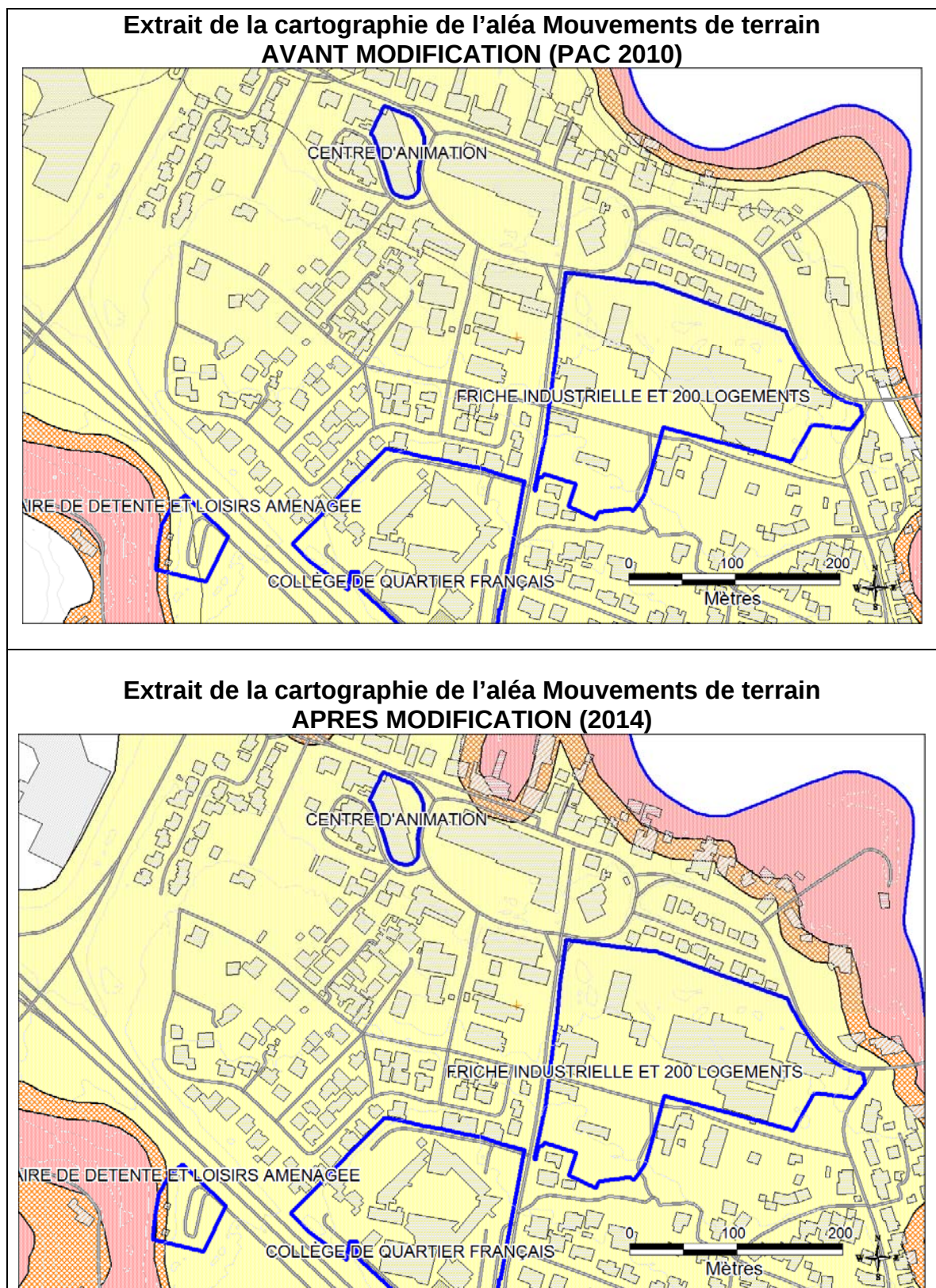


Figure 27 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – Quartier Français

ZU 3 Frères

Le secteur de future zone urbaine des Trois Frères est situé sur un plateau délimité par deux thalwegs plus ou moins marqués de part et d'autre.

Le plateau d'assise du projet ne présente pas des pentes significatives (moins de 20°) et aucun indice de mouvements de terrain n'est identifié. Un aléa faible mouvements de terrain pour tenir compte du risque potentiel de développement de l'érosion a été conservé.

La proximité de pentes fortes aux extrémités du plateau a été intégrée au zonage ainsi que la mise en cohérence avec les récentes modifications sur l'aléa inondation au droit des axes d'écoulement proches. Un aléa élevé mouvements de terrain (érosion et glissement) est maintenu au droit du thalweg à l'ouest (lit + encaissement jusqu'en crête) puis une décroissance de l'aléa est effectuée avec une bande d'aléa moyen en recul de 10 m de large.

Les pentes marquées à la périphérie du plateau (de l'ordre de 30 à 40°) sont cartographiées en aléa moyen mouvements de terrain pour tenir compte de la potentialité sur la période de référence de générer des glissements de terrain et une érosion régulière. L'aléa moyen se justifie également par l'ampleur limitée en superficie des zones concernées par ces pentes où des mesures de sécurisation sont envisageables à l'échelle du projet pour limiter l'exposition du secteur.

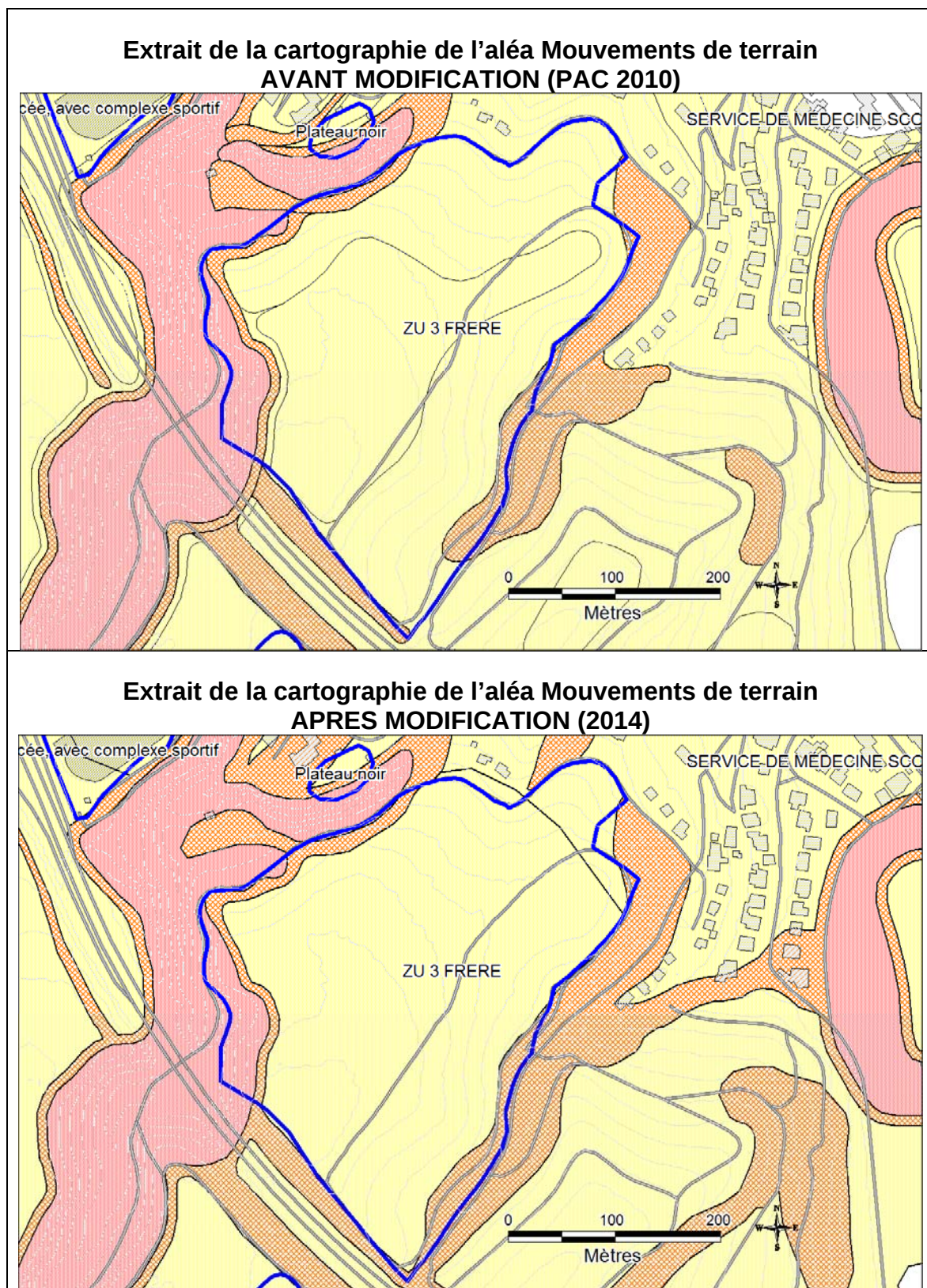


Figure 28 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – ZU 3 Frères

Rivière Sainte-Suzanne – Bagatelle – Pointe Canal

Le zonage de l'aléa inondation du PPRi de 2003 englobait de manière systématique les encaissements de chaque ravine afin de tenir compte de l'aléa érosion, par le passé intégré au zonage inondation.

Du fait de la séparation entre ces deux aléas (aléa érosion intégré au zonage mouvements de terrain), l'aléa inondation a été déclassé et réduit à la seule zone du champ d'inondation pour la crue centennale. L'aléa mouvements de terrain intègre les problématiques gravitaires pouvant se développer dans les encaissements sur toute la hauteur de l'encaissement : érosion à la base du versant liée aux crues, glissements et/ou chutes de blocs dans les versants.

Pour la rivière Sainte-Suzanne, notamment au droit du secteur présenté (Bagatelle – Pointe Canal), un aléa très élevé mouvements de terrain a été cartographié pour tenir compte de l'ampleur de l'encaissement de la rivière dans ce secteur avec des hauteurs dépassant les 100 m et des pentes de plus 60°. Cette configuration est propice aux chutes de blocs et éboulements potentiellement conséquents. Une décroissance de l'aléa est ensuite effectuée à partir de la crête du rempart et en recul de celle-ci avec des bandes de 10 m respectivement en aléa élevé et moyen mouvements de terrain.

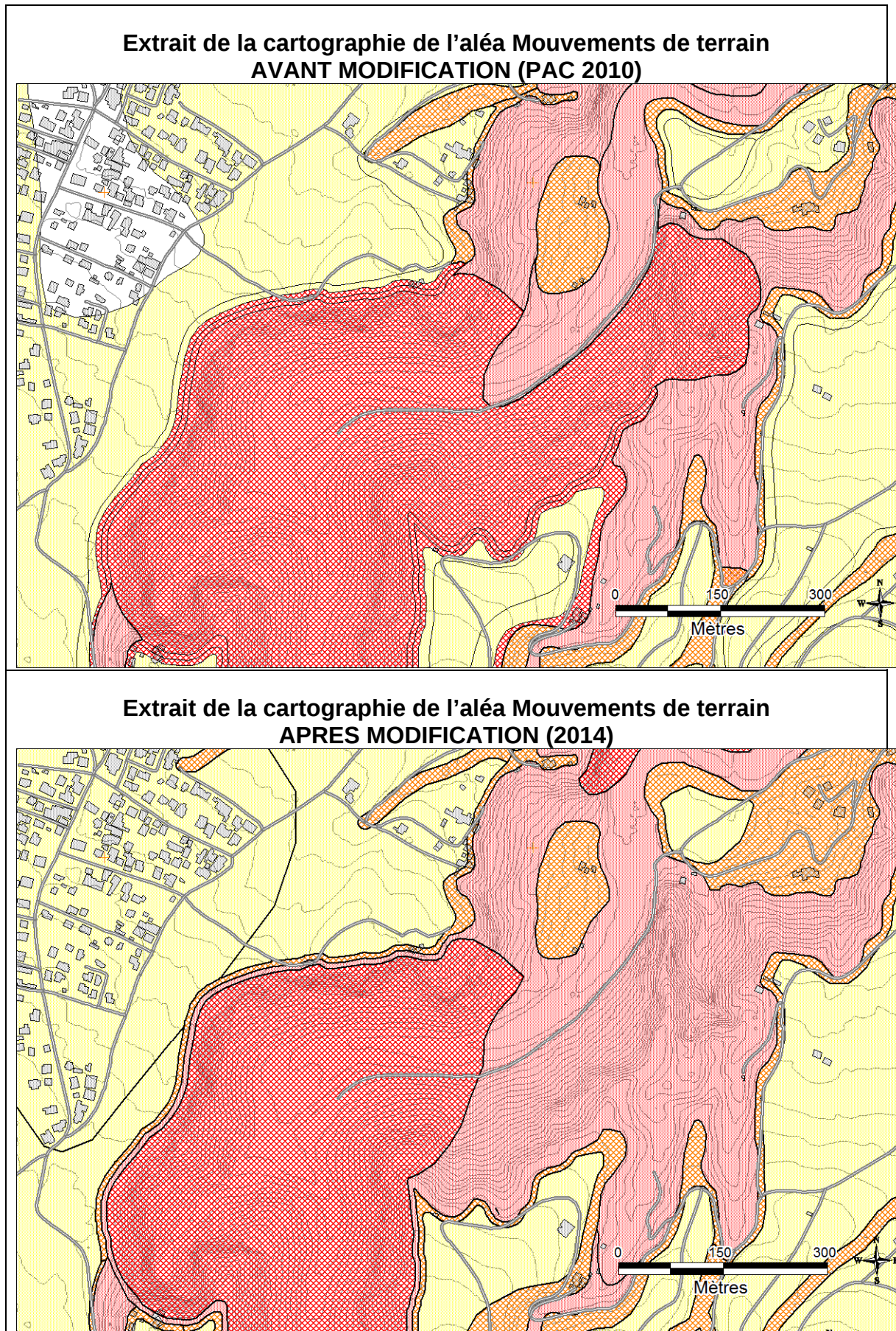


Figure 29 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – Rivière Sainte Suzanne (Pointe Canal)

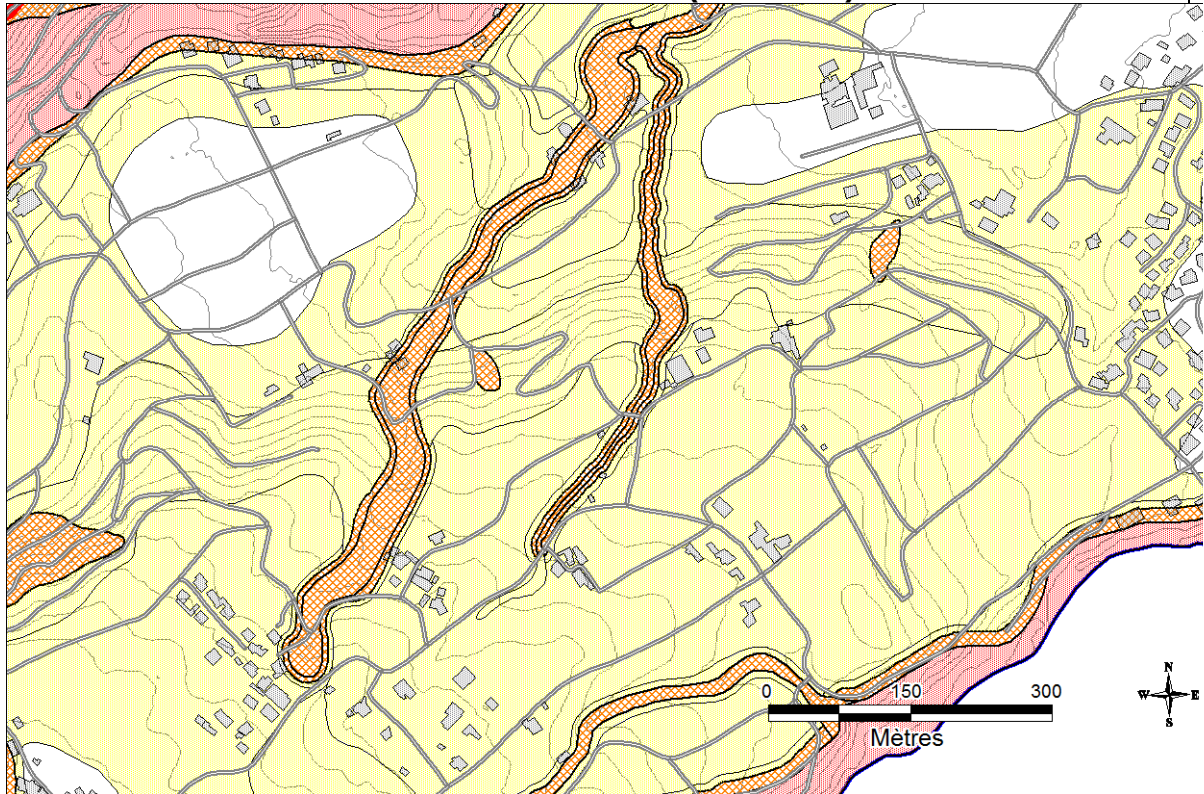
Deux Rives

L'utilisation des nouvelles données topographiques plus précises a permis de préciser les pentes du secteur et d'identifier un talus continu sur plus d'1 km, haut d'environ 30 à 40 m avec des pentes comprises entre 25 et 35°. Ce secteur initialement cartographié en aléa faible à modéré au PAC de 2010 a été surclassé en aléa moyen pour tenir compte des risques de glissements, voire de chutes de blocs pour les ressauts les plus raides, sur la période de référence.

Les visites de terrain n'ont cependant pas mis en évidence d'indice de mouvements récents ou passé dans ce secteur.

Une mise en cohérence avec l'aléa inondation est également faite par ailleurs au droit des ravines du secteur.

**Extrait de la cartographie de l'aléa Mouvements de terrain
AVANT MODIFICATION (PAC 2010)**



**Extrait de la cartographie de l'aléa Mouvements de terrain
APRES MODIFICATION (2014)**

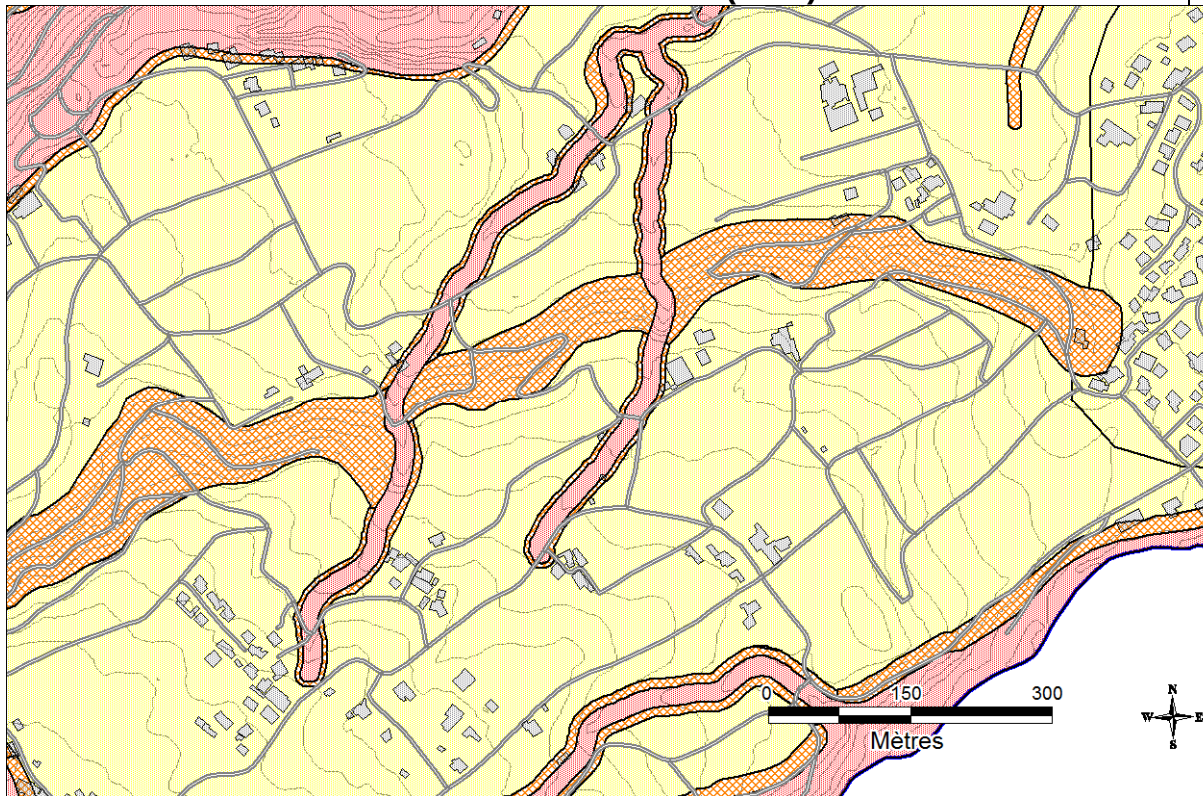


Figure 30 : Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – Deux Rives

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.F.	Direction 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 Géographique National
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).

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.

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

Direction régionale Réunion

5, rue Sainte Anne

97478 Saint-Denis cedex – France

Tél. : 02 62 21 22 14