



DEPARTEMENT DE LA REUNION
Commune de Saint-Denis

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS
PREVISIBLES

« *Inondations et mouvements de terrain* »

NOTE DE PRESENTATION

Août 2012

Approbation



Avertissement général sur les limites d'étude du document PPR

Les débats soulevés pendant et après les enquêtes publiques sur les premiers P.P.R. 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 mouvement de terrain, inondation, 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 « inondation » 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 P.P.R. 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 P.P.R. a vocation dans l'avenir à évoluer en fonction notamment de la connaissance des phénomènes naturels et des travaux de protection réalisés dans les secteurs exposés. Il constitue une première étape répondant à des enjeux de prévention.

Sommaire

1. INTRODUCTION	9
1.1. Organisation de la gestion des risques	9
1.2. Prévention des risques naturels.....	10
1.3. Plan de prevention des risques (P.P.R.) naturels.....	11
1.4. Enquete publique.....	11
2. PRESENTATION DU P.P.R.	13
2.1. Contexte réglementaire du P.P.R.....	13
2.2. Procédure réglementaire	14
2.2.1. Secteurs géographiques concernés	14
2.2.2. État des réflexions menées	14
2.3. Assurances et infractions au p.p.r.	16
2.3.1. Rappel du régime d'assurance en vigueur.....	16
2.3.2. Infractions au P.P.R. et sanctions	18
2.4. Expropriation et Mesure de sauvegarde	19
2.5. Responsabilités	19
2.5.1. Etablissement du P.P.R.....	19
2.5.2. Autorisation d'occuper le sol.....	19
3. PRESENTATION DE LA COMMUNE	21
3.1. Situation géographique.....	21
3.1.1. Contexte physique	22
3.1.2. Contexte climatique	22
3.1.3. Réseau hydrographique	25
3.1.4. Contexte géologique.....	26
3.2. Enjeux et vulnérabilité.....	30
4. HISTORICITE ET CARACTERISATION DES PHENOMENES NATURELS. 33	
4.1. Phenomènes historiques	33
4.2. Arretés de catastrophes naturels	34
4.3. Caractérisation des phénomènes mouvements de terrain	35
4.3.1. Chutes de pierres, de blocs et éboulements (P)	36
4.3.2. Glissements de terrain et coulées de boue associées (G).....	42
4.3.3. Érosion et ravinement (E).....	48
4.4. Caractérisation des phénomènes d'inondation	52

5.	CARACTERISATION ET CARTOGRAPHIE DES ALEAS	57
5.1.	Définitions et notions générales	57
5.1.1.	Notion d'intensité et de fréquence	57
5.1.2.	Remarques relatives aux règles de zonage	57
5.2.	Aléa mouvement de terrain	58
5.2.1.	Facteurs de prédisposition et facteurs non permanents	59
5.2.2.	Méthodologie d'évaluation de l'intensité.....	60
5.2.3.	Qualification de l'aléa mouvements de terrain	62
5.3.	Aléa inondation	63
5.3.1.	Méthode d'évaluation de révision de l'aléa	63
5.3.2.	Caractérisation de l'aléa inondation	64
5.3.3.	Traitement des Etudes De Danger	65
6.	LEXIQUE DES SIGLES ET TERMES TECHNIQUES.....	69
7.	PRINCIPAUX TEXTES OFFICIELS	73
7.1.	Législation - Réglementation.....	73
7.2.	Principales circulaires	73
7.3.	Publication de guides.....	73

Règlement

Documents cartographiques

Annexes du PPR de Saint-Denis :

Annexe 1 Revue de presse historique sur les phénomènes naturels survenus sur la commune de Saint-Denis (*Classeur 1/2*)

Annexe 2 Cartographie des phénomènes historiques observés sur la commune de Saint-Denis et tableau récapitulatif (*Classeur 1/2*)

Annexe 3 Cartographie des équipements sensibles (enjeux) sur la commune de Saint-Denis (*Classeur 1/2*)

Annexe 4 Comptes rendus des visites et analyses d'études techniques réalisées dans le cadre de procédure de révision du PPR de Saint-Denis (*Classeur 2/2*)

Annexe 5 Analyse du rapport d'enquête publique (*Classeur 2/2*)

Liste des illustrations

Figure 1 : Délimitation du territoire communal de Saint-Denis (fond IGN scan 100 – 2002) -----	21
Figure 2 : Précipitations journalières en mm, pour plusieurs périodes de retour données -----	23
Figure 3 : Précipitations enregistrées sur le département à l'occasion des fortes pluies de fin Janvier 2011(source : Météo France) -----	23
Figure 4 : Réseau hydrographique de Saint-Denis (source : BD topo 2008, fond IGN scan 100 – 2002) -----	25
Figure 5 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 de la commune de Saint-Denis (source : B.R.G.M., fond IGN scan 100 - 2002)-----	27
Figure 6 : Carte morpho-pédologique à l'échelle du 1/50 000 (source : C.I.R.A.D. (Raunet, 1991), fond IGN scan 100 - 2002)-----	29
Figure 7 : Evolution de la population de Saint-Denis (source : I.N.S.E.E.) -----	30
Figure 8 : Liste des cyclones notables selon Météo-France (Soler,1997) -----	35
Figure 9 : Chute d'un bloc isolé -----	37
Figure 10 : Eboulement -----	37
Figure 11 : Versant Est de la Grand Chaloupe - blocs éboulés en pied de paroi, à proximité d'une zone habitée-38	
Figure 12 : Eboulement du 26 Juin 2002 dans le versant rive droite de la Rivière Saint-Denis -----	38
Figure 13 : Exemple d'éboulement sur les flancs de la Rivière Saint-Denis -----	39
Figure 14 : Exemple de blocs potentiellement instables dans un versant assez fortement redressé - secteur de La Bretagne -----	40
Figure 15 : Exemples de coulées à altération en « boules » pouvant donner lieu à des chutes de blocs - secteur de Saint-Bernard et du Quinzième -----	40
Figure 16 : Exemples de blocs déchaussés par le ravinement et potentiellement mobilisables – Quartier de St-François-----	40
Figure 17 : Photographie de l'éboulement du 24 mars 2006 sur la Route du Littoral -----	41
Figure 18 : Représentations schématiques des principaux types de glissement (source : B.R.G.M., www.bdmvt.net)-----	42
Figure 19 : Représentation schématique du glissement-coulée (exemple de Montauban, 1993 – cf. ci-après) --	43
Figure 20 : Confortement du versant entre l'U2 et le début des rampes de la RD41 -----	44
Figure 21 : Représentation schématique du glissement-coulée (exemple de Montauban, 1993 – cf. ci-après) --	45
Figure 22 : Glissement-coulée à Saint-François, le 21 février 1993 -----	45
Figure 23 : Cicatrice (partiellement revégétalisée) de la zone de départ du glissement-coulée du Colorado en 1980 -----	46
Figure 24 : "Grand éboulis" en 2002 dans le bassin amont de la Rivière des Pluies avec formation d'une retenue d'eau -----	47
Figure 25 : Front de la masse de matériaux entravant la Rivière des Pluies, avant débâcle – vue depuis l'aval --	48
Figure 26 : Constructions affouillées suite au passage de Diwa (mars 2006) - llet Quinquinna -----	49
Figure 27 : Berge érodée au niveau d'Ilet la Pluie suite aux crues de 2006-----	49
Figure 28 : Berge rive gauche de la Rivière des Pluies - sensibilité variable aux phénomènes érosifs (alluvions consolidées, remblais, berge protégée)-----	50
Figure 29 : Berge rive gauche de la Ravine Achard (secteur Ruisseau Blanc) - érosion de berge se développant à l'extrados, en aval immédiat d'un mur béton -----	50
Figure 30 : Ravine Laverdure – affouillement en pied de la digue aménagée le long de la Rue Jules ferry suite au cyclone Hyacinthe-----	51
Figure 31 : Axe de ravinement favorisé par la concentration des eaux de ruissellement en zone agricole – secteurs Bois de Nèfles / Moufia-----	52
Figure 32 : Possibilité de déplacement des personnes en fonction des caractéristiques d'écoulement (source : Guide PPRi ruissellement péri-urbain M.E.D.D.) -----	53
Figure 33 : Ravine Patates à Durand – Brèche et divagations torrentielles survenues lors du cyclone Hyacinthe (1980) -----	54
Figure 34 : Ravine Patates à Durand – Brèche et divagations torrentielles survenues lors du cyclone Hyacinthe (1980) -----	55
Figure 35 : Plage de dépôt et endiguement de la Ravine Patates à Durand, réalisés après yacinte -----	55
Figure 36 : Divagations torrentielles de la ravine du Butor dans le secteur de Château-Morange, lors de Clothilda (1987) – cliché le Quotidien -----	56
Figure 37 : Exemple de représentation de la notion de continuité du niveau d'aléa mouvements de terrain -----	58

<i>Figure 38 : Principer de décroissance de l'intensité du phénomène chute de blocs avec l'éloignement de la source de départ</i>	61
<i>Figure 39 : Exemple de création d'une enveloppe externe</i>	66
<i>Figure 40 : Localisation des scénarios sur le Rivière Saint-Denis</i>	67
<i>Figure 41 : Extrait du résultat de l'Etude De Danger sur la Ravine du Butor</i>	68

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Liste des arrêtés de catastrophes naturelle (source : www.prim.net - Portail de la Prévention des Risques majeurs du M.E.E.D.A.T. - mise à jour Avril 2011)</i>	34
<i>Tableau 2 : Type de phénomène rencontrés en fonction des catégories de terrain</i>	59
<i>Tableau 3 : Intensité du phénomène</i>	60
<i>Tableau 4 : Codification des aléas mouvements de terrain selon l'intensité</i>	61
<i>Tableau 5 : Caractérisation du niveau d'aléa mouvement de terrain en fonction de l'intensité du phénomène</i>	63
<i>Tableau 6 :Caractérisation de l'aléa inondation pour la crue centennale en fonction des vitesses et des hauteurs d'eau</i>	64
<i>Tableau 7 : Caractérisation de l'aléa inondation pour les scénarii de défaillances correspondant aux crues inférieurs ou égales à la crue centennale</i>	65
<i>Tableau 8 : Ordre de compilation des données</i>	66

Préambule

Ce dossier est le **Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (P.P.R.) inondations et mouvements de terrain de la commune de Saint-Denis**. 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 (inondations et mouvements de terrain) à l'échelle 1/20 000 ;
- une revue de presse historique sur les phénomènes naturels survenus à Saint-Denis ;
- une cartographie des aléas naturels (inondations et mouvements de terrain) à l'échelle du 1/ 10 000, et du 1/5 000 dans les zones à enjeux ;
- une cartographie des équipements sensibles (enjeux) à l'échelle 1/15 000.

✓ les documents réglementaires :

- la note de présentation, décrivant succinctement le territoire de Saint-Denis et les phénomènes naturels qui la concernent, ainsi que les règles méthodologiques adoptées ;
- une cartographie du zonage réglementaire à l'échelle du 1/ 10 000, 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 P.P.R. sans tarder en s'appuyant sur les connaissances disponibles. En conséquence, la conduite du P.P.R. doit être menée avec pragmatisme, sans rechercher une complexité inutile et avec le souci d'aboutir directement dans la plupart des cas à des propositions de mesures réglementaires.

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

Art 1^{er} – 1-3^e alinéa

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

1. Introduction

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

Saint-Denis, commune la plus peuplée de La Réunion avec environ 145 776 habitants « permanents » dénombrés en 2008 (population « provisoire » recensée par l'I.N.S.E.E.) est régulièrement affectée par des phénomènes de mouvements de terrains et/ou d'inondations, impactant plus ou moins durement les activités humaines.

Dans un contexte de fort 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 P.P.R. (Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement ou DEAL, ancienne Direction Départementale de l'Équipement) l'élaboration d'un PPR multirisques (« inondations et mouvements de terrain »).

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 (P.P.R.) 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. plus en avant le tableau des événements majeurs).

La commune de Saint-Denis est particulièrement concernée car elle cumule une évolution économique et démographique sensible 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 (P.P.R.) 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 Saint-Denis est dotée depuis 2004 d'un Plan de Prévention des Risques multi-aléas (document approuvé par arrêté préfectoral en date du 14/12/2004), portant sur la totalité du territoire communal. La révision de ce document a été prescrite par arrêté préfectoral daté du 07/02/2007.

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

1.4. ENQUETE PUBLIQUE

L'arrêté préfectoral n°85/SG/DRCTCV du 20 janvier 2012 a prescrit l'ouverture, sur le territoire de Saint-Denis, 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.

L'enquête publique s'est tenue du 13 février au 26 mars 2012 inclus (43 jours consécutifs), sous la supervision de Mme Marie-Claude MAYANDY, présidente de la commission d'enquête, M. Michel COURTOIS et Mme Nicole ROUCHAUD, membres titulaires et M. Henri-Claude MAILLOT membre suppléant. Les pièces du dossier PPR ainsi qu'un registre d'enquête ont été mis à la disposition du public à l'hôtel de ville et dans toutes les mairies annexes (14 sites distincts) pendant la durée de l'enquête. La commission d'enquête a par ailleurs tenu des permanences pendant la durée de l'enquête afin de recevoir en personne les observations du public.

Durant cette période, 285 requêtes, soit 411 parcelles concernées, ont été consignées aux registres de l'enquête de publique. L'analyse de ces requêtes a nécessité la réalisation de 89 visites de terrain complémentaires, qui ont été effectuées lors de 6 journées, réparties par secteur géographique au sein de la commune de Saint Denis. Le rapport détaillé de l'analyse des requêtes portées à l'enquête publique et des modifications de zonage retenues au projet PPR est présenté en annexe 5.

2. Présentation du P.P.R.

2.1. CONTEXTE REGLEMENTAIRE DU P.P.R.

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 P.P.R. 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 P.P.R.

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

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

Le P.P.R. 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 P.P.R. 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 P.P.R. 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 de révision est l'arrêté préfectoral de prescription, daté du 07 Février 2007.

Il précise notamment que le périmètre mis à l'étude concerne l'ensemble du territoire de la commune de Saint-Denis, 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 (D.E.A.L.). Les principales étapes d'élaboration et de révision du P.P.R. ont été les suivantes :

Entre 1998 et 2004 :

- 24 novembre 1998 : approbation du Plan de Prévention des Risques (P.P.R) Inondations sur la commune de Saint-Denis. Document élaboré à partir d'une étude réalisée en 1992 par SOGREAH reprenant les différents S.T.P.C existants ;
- 1999 – 2000 : cartographie de l'aléa mouvements de terrain à l'échelle 1/5000 (décembre 2000) par le BRGM dans le cadre de sa mission de Service public, sur les zones à enjeux du territoire de la commune de Saint-Denis ;
- 21 mars 2001 : nouvelle approbation du Plan de Prévention des Risques (P.P.R) Inondations sur la commune de Saint-Denis par arrêté préfectoral n°2001.0618/SG/DAI/3 ;
- 05 juillet 2002 : arrêté préfectoral n° 2002.2325/SG/DRCTCV prescrivant l'établissement d'un Plan de Prévention des Risques (P.P.R.) naturels prévisibles sur la commune de Saint-Denis, relatif aux phénomènes de mouvements de terrain et d'inondations ;

- septembre 2003 : révision partielle de la cartographie « mouvement de terrain et inondation » ;
- 18 février au 19 mars 2004 : enquête publique ;
- 14 décembre 2004 : approbation du P.P.R. multirisque de Saint-Denis par arrêté préfectoral n°4167.

Après 2004 :

- 10 novembre 2006 : signature de la convention entre les services de l'Etat et le BRGM pour le projet « contribution à la révision du PPR mouvements de terrain et inondation sur la commune de Saint-Denis » ;
- juillet 2007 – juillet 2008 : campagne de contre visites comprenant 21 journées de terrain (382 parcelles visitées dont 332 parcelles en mouvement de terrain) ;
- 2008 - 2009 : analyse d'études techniques (12 demandes) ;
- 2010 : intégration des études de SOGREAH dans le cadre du PGRI de la Rivière des Pluies (réf étude : N° 4700492 R2 – juillet 2008) ;
- février 2011 : analyse d'études techniques complémentaires (9 demandes) ;
- février à avril 2011 : campagne de contre visites comprenant 9 journées de terrain (119 parcelles visitées) et insertion des études de danger sur la Rivière Saint-Denis et la Ravine du Butor.

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 ».

2.3. ASSURANCES ET INFRACTIONS AU P.P.R.

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 P.P.R., 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 P.P.R. 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 P.P.R. 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 P.P.R. 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 P.P.R. 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 L480.14 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 P.P.R. n'emporte aucune mesure d'expropriation. Une procédure d'expropriation indépendante du P.P.R. 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 P.P.R., le plus souvent établis sur la constructibilité ou les usages des sols. Pour cette raison, le classement en zone « rouge » d'un P.P.R. 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 P.P.R.

C'est le préfet qui élabore le P.P.R. et peut le modifier.

2.5.2. Autorisation d'occuper le sol

En l'absence de Plan d'Occupation des Sols (P.O.S.) ou de Plan Local d'Urbanisme (P.L.U.), le maire délivre les autorisations au nom de l'Etat (sauf cas particuliers). Si un P.O.S. ou un P.L.U. 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 P.P.R., soit encore pour tenir compte de risques qui n'étaient pas pris en compte par le P.P.R. 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 P.P.R.

3. Présentation de la commune

3.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Saint-Denis, chef-lieu de département, se situe au Nord de l'île de La Réunion, sur les pentes externes ainsi que sur la bordure littorale du massif volcanique ancien du Piton des Neiges. Cette commune est relativement vaste puisqu'elle s'étend sur une superficie de 142,80 km², couvrant ainsi à elle seule près de 5,6 % de la surface totale de l'île.



Figure 1 : Délimitation du territoire communal de Saint-Denis (fond IGN scan 100 – 2002)

Le territoire de Saint-Denis s'étend principalement selon un axe Nord-sud, entre le littoral et le massif de la Roche Ecrite (2 277 m d'altitude) à l'extrémité méridionale, point culminant du territoire communal, et de part et d'autre de la Ravine de la Grande Chaloupe à l'Ouest et de La Rivière des Pluies à l'Est.

Saint-Denis est limitrophe avec les communes de La Possession sur ses bordures ouest et sud, de Salazie à la pointe sud-est, de Sainte-Marie sur sa bordure orientale.

3.1.1. Contexte physique

Le territoire communal se caractérise par des contrastes morphologiques très marqués. Deux entités géomorphologiques principales peuvent être distinguées :

- une plaine littorale correspondant aux cônes de déjection des Ravines Patates à Durand et du Chaudron, et ceux des Rivières Saint-Denis et des Pluies ;
- le versant nord du massif du Piton des Neiges (La Roche Ecrite), où les pentes varient entre 5 et 20 %, voire plus.

Une falaise rocheuse littorale sub-verticale, en constante évolution, constitue la limite Nord-ouest de la commune.

Le territoire des Hauts de la commune est incisé par des ravines délimitant des plateaux plus ou moins vastes. Certains cours d'eau du réseau hydrographique (Rivière Saint-Denis, Grande Ravine, Ravine à Jacques, Rivière du Butor, ravine des Patates à Durand, ravine du Chaudron, Rivière des Pluies) incisent les flancs du massif du Piton des Neiges, de manière importante et spectaculaire. 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).

Il en résulte deux types de morphologies selon que l'on se trouve à l'aval et ou à l'amont des différents plateaux. A proximité du littoral, on observe des plateaux aux bords escarpés (bordées par des vallées larges) alors que dans la partie amont, les reliefs constitués de formations géologiques altérées sont disséqués (crêtes aiguës limitées par des vallées encaissées).

3.1.2. 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.

Pluviométrie

L'île de la Réunion 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 Saint-Denis est située sur la côte « au vent ». Les précipitations moyennes annuelles sont comprises entre 1 000 mm sur le littoral et les Bas de Saint-Denis et 5 500 mm au niveau des remparts du cirque de Mafate. Le maxima des précipitations se manifeste entre 800 et 1 500 m d'altitude (Humbert, 1985).

Le tableau ci-dessous présente, pour les six stations représentatives des conditions pluviométriques du territoire de Saint-Denis, les valeurs de pluie journalière de période de retour 5, 10, 30 et 100 ans (source : Sogreah, rapport n°4700492R2 - Janvier 2008).

Station	Altitude (m NGR)	P _{j5}	P _{j10}	P _{j30}	P _{j100}
Gillot	10	212	291	411	540
Moka	232	269	370	522	686
Saint-Francois	545	300	412	582	764
Brûlé – Val Fleuri	1065	435	598	843	1107
Beaumont	1100	549	755	1065	1398
Plaine des Chicots	1834	721	991	1399	1837

Figure 2 : Précipitations journalières en mm, pour plusieurs périodes de retour données

Lors du passage du cyclone tropical Dina, en janvier 2002, plus de 2 000 mm d'eau ont été enregistrés dans les Hauts de la commune, à la Plaine des Chicots, en 72 heures.

Lors de l'épisode pluvieux des 28 au 31 Janvier 2011, il a été enregistré un cumul de 475 mm en 2 jours sur le poste de la Providence, et un cumul supérieure à 1000 mm dans les hauts du territoire communal en 4 jours (1013 mm à la Plaine des Chicots)

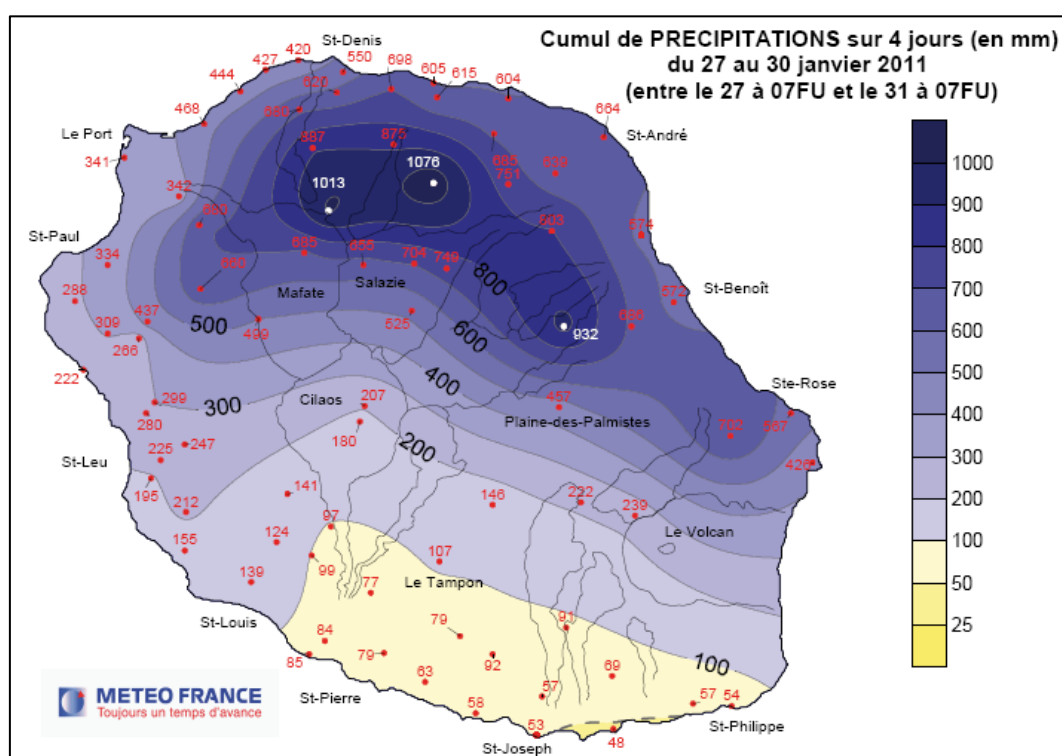


Figure 3 : Précipitations enregistrées sur le département à l'occasion des fortes pluies de fin Janvier 2011 (source : Météo France)

Ces précipitations intenses ont des conséquences sur les possibilités d'occurrence des phénomènes non seulement d'inondations mais également de mouvement de terrain. Une analyse réalisée sur l'ensemble de l'île par le B.R.G.M. montre que les mouvements de terrain 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).

Le passage du cyclone Hyacinthe, la dépression tropicale exceptionnelle de 1980, a tragiquement illustré cette évidence : 1 168 mm de pluies ont été enregistrés à Saint-Denis au centre-ville du 17 au 27 Janvier (Service Météorologique Régional de la Réunion).

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.

3.1.3. Réseau hydrographique

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

- Rivière des Pluies (matérialisant la limite communale avec Sainte-Marie) ;
- Ravine du Chaudron ;
- Ravine Patates à Durand ;
- Ravine du Butor ;
- Rivière Saint-Denis ;
- Grande Ravine ;
- Ravine de la Grand Chaloupe (matérialisant la limite communale avec La Possession).

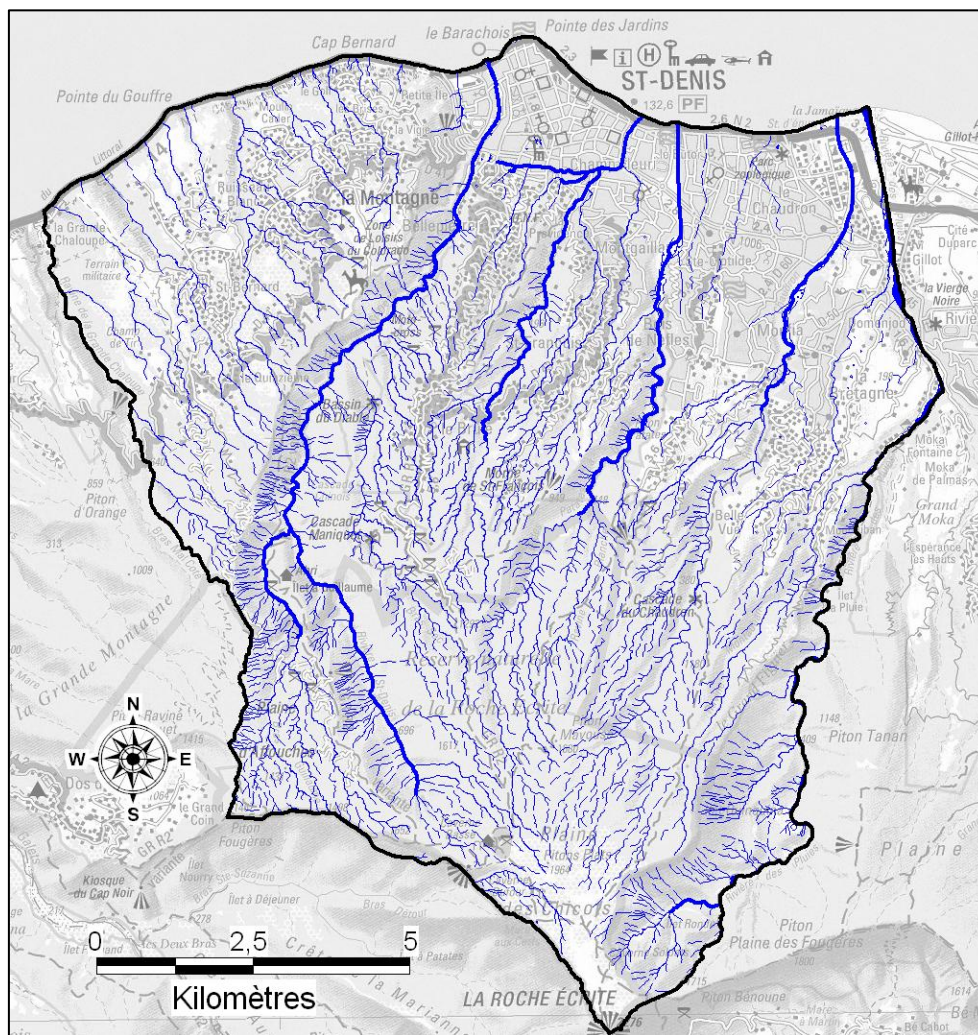


Figure 4 : Réseau hydrographique de Saint-Denis (source : BD topo 2008, fond IGN scan 100 – 2002)

Les éléments les plus importants de ce réseau hydrographique sont :

- la **Rivière des Pluies**, d'une longueur totale de 18,5 km prend naissance à proximité de la Caverne Soldat (2000 m d'altitude) et entaille profondément le flanc Nord du Piton des Neiges dominé par la Roche Ecrite, entre la Plaine des Chicots à l'Ouest et la Plaine des Fougères à l'Est. Son bassin versant, d'une superficie de 46 km², est constitué de 5 sous-bassins principaux (dont Ravine Sèche et Ravine cadet). Le débit

centennal retenu dans les études relatives au PGRI de la Rivière des Pluies (Sogreah, rapport n°4700492R3 Décembre 2008) est de l'ordre de 1500 m³/s ;

- la **Rivière Saint-Denis**, d'une longueur de 14 km, prend sa source à une altitude de 1500 m environ. La superficie de son bassin versant est de 10,7 km². Ses principaux affluents sont Grand Bras en rive droite et Bras Guillaume en rive gauche. Le débit centennal retenu dans les études de danger relative aux récents travaux d'endiguement de la rivière (Safège, rapport n°09PRU029 indice C de mai 2011) est de l'ordre de 750 m³/s ;
- la **Ravine du Butor** d'une longueur 10 km environ prend sa source à 1300 m, au niveau de la réserve naturelle de la Roche Ecrite. La superficie de son bassin versant est relativement importante avec 17 km². Ses principaux affluents sont la Ravine Laverdure, la Ravine de la Glacière, le Ruisseau des Noirs et Bras Mahot. Le débit de la Ravine du Butor calculé à l'exutoire est de l'ordre de 460 m³/s (Safège, rapport n°10MRU020 indice C de juillet 2011).

3.1.4. Contexte géologique

Le territoire communal de Saint-Denis 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.

Les formations volcaniques primaires (non remaniées)

- **Les séries anciennes :**

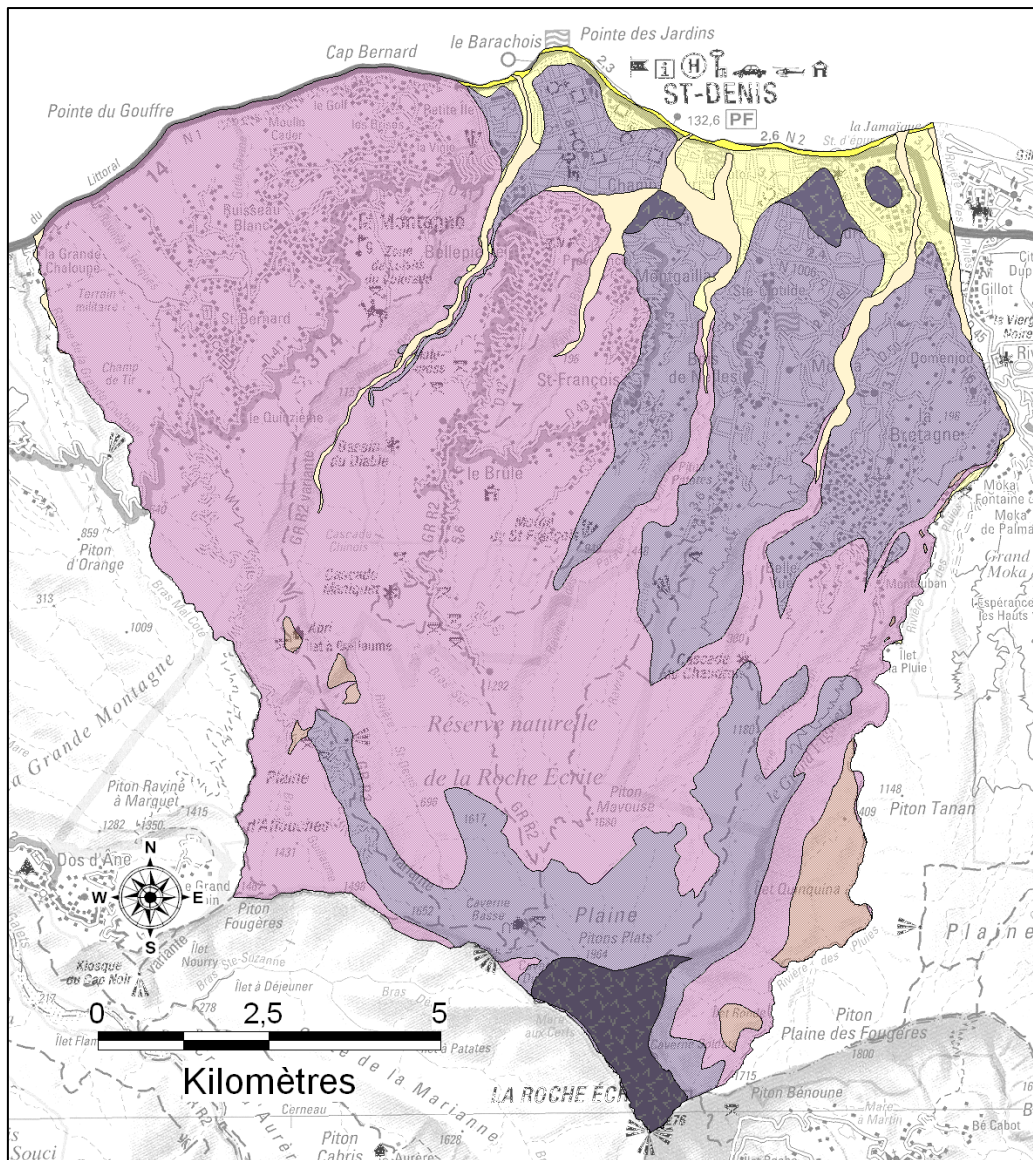
En se référant à la carte géologique à l'échelle du 1/50 000 (Billard, 1975), sur le Plateau de La Montagne, dans les secteurs de Bellepierre – Le Brulé et sur les « Hauts » de la commune, affleurent des terrains relativement anciens **plus ou moins altérés** (altération climatique et hydrothermale), issus de la phase II d'activité du Piton des Neiges (entre 2,1 et 0,43 millions d'années). 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 », nettement observable au niveau de la falaise littorale et dans les remparts des différentes ravines et rivières). 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 (visibles sur les talus de la RD 41 ou sur la route du littoral).

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

d'épaisseur. On les rencontre notamment, à Saint-Bernard, sur le Plateau de La Montagne et au P.R. 5 de la Route du Littoral.

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, en intercalation dans la succession stratigraphique des formations volcaniques, d'anciens sols, des niveaux détritiques (alluvions anciennes de la Rivière Saint-Denis recouvertes par une coulée de lave récente), des coulées de boue indurées, etc.



Légende :









 Alluvions récentes	 Tufs soudés du Maïdo et de la Roche Ecrite
 Alluvions anciennes	 Tufs en épandages
 Alluvions fluvio-marines	 Coulées (basalte, hawaïtes, mugéarites)
 Dépôts de glissements en masse, de coulées de débris, éboulis	 Coulées basaltiques à olivine

Figure 5 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 de la commune de Saint-Denis (source : B.R.G.M., fond IGN scan 100 - 2002)

- **Les séries récentes :**

Les formations plus récentes issues des phases III et IV (entre 350 000 et 30 000 ans) de l'activité du massif du Piton des Neiges (coulées de lave à phénocristaux de feldspaths et leurs produits d'altération et de remaniement), se rencontrent sur les secteurs de Saint-François, Bois de Nèfles - Moufia, Domenjod - La Bretagne, la Plaine des Chicots et au niveau du centre-ville de Saint-Denis essentiellement (en rive droite de la Rivière Saint-Denis).

- **Les formations tardives (tufs pyroclastiques) :**

Dans la région de La Roche Ecrite (en amont de la Plaine des Chicots) affleure une couche d'épaisseur métrique de tufs pyroclastiques soudés issu de la phase IV (entre 230 000 et 70 000 ans) de l'activité du massif du Piton des Neiges. La roche a l'allure d'une brèche avec des éléments anguleux de taille centimétrique.

On rencontre également des tufs pyroclastiques dans la partie basse de la commune, dans les secteurs du Butor et du Chaudron.

Les formations superficielles

Sur le territoire de la commune de Saint-Denis, 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 en fond de vallée. On les rencontre dans les Rivières Saint-Denis, des Pluies et du Butor, dans les ravines des Patates à Durand et, du Chaudron. Ces alluvions sont grossières et hétérométriques dans la Rivière des Pluies et dans la Rivière Saint-Denis. Dans les autres ravines, elles présentent une granulométrie généralement plus fine ;
- les alluvions marines littorales sont grossières. La plage est formée d'un cordon de galets ;
- des alluvions anciennes. Elles correspondent aux anciens cônes de déjection des principales ravines de la commune. Elles sont plus ou moins altérées et sont présentes dans le centre urbain de Saint-Denis (entre la Rivière du Butor et la Rivière des Pluies) ;
- des blocs sur pente, provenant du démantèlement de coulées basaltiques massives ; on les trouve sur la plupart des basses pentes de la commune ;
- des éboulis anciens ou récents, localisés principalement sur les versants encaissés des ravines ;
- des formes d'accumulation correspondant à des colluvions argilisées riches en blocs basaltiques et provenant d'anciens glissements en masse (secteur du Colorado à La Montagne, secteur de Montauban à La Bretagne,...).

Il est possible de distinguer une dominante d'éboulis rocheux à gros blocs, dans les secteurs de La Montagne (partie aval du plateau), de Bellepierre, du Moufia, de La Bretagne les Bas, d'une dominante de matériaux meubles et peu cohérents, rougeâtres, argileux et latéritiques dans les secteurs de La Montagne (partie amont du Plateau), du Canal du Brulé, du Brulé, de Saint-François, de Bois de Nèfles et la de Bretagne les Hauts.

Les sols

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

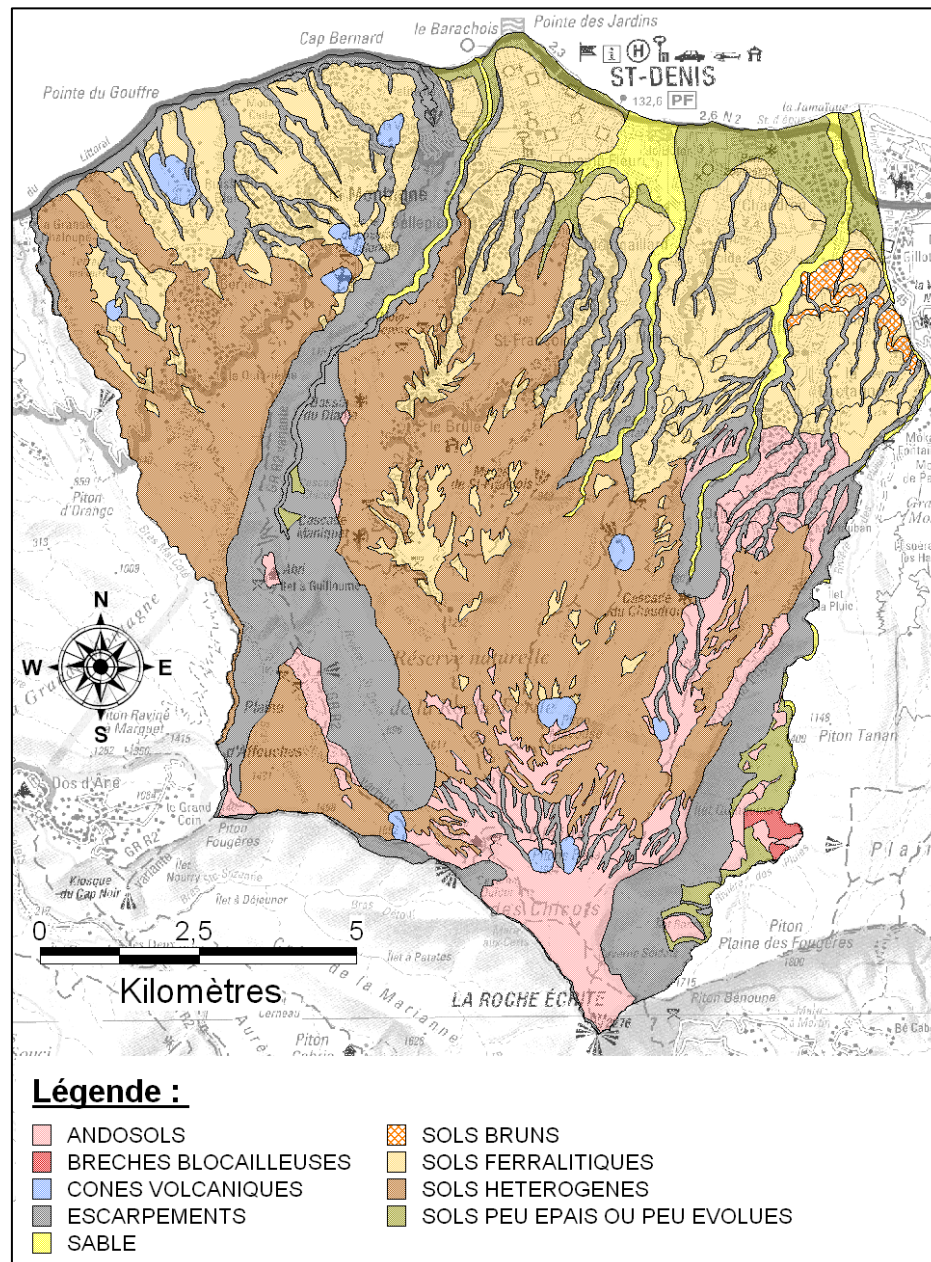


Figure 6 : Carte morpho-pédologique à l'échelle du 1/50 000
(source : C.I.R.A.D. (Raunet, 1991), fond IGN scan 100 - 2002)

D'après la figure 6, quatre grands ensembles se distinguent sur le territoire communal de Saint-Denis :

- des sols ferrallitiques argileux brun-rouge. Ils sont bien structurés et se débitent en petits polyèdres à l'état sec. On les rencontre généralement entre 150 et 750 m

d'altitude dans les secteurs de La Montagne, Bellepierre, Saint-François, Bois de Nèfles et La Bretagne. Ces sols ferrallitiques sont caractérisés par une consistance faible, un pourcentage d'argile important et une perméabilité souvent plus forte que les altérites sur lesquelles ils se développent. Les sols ferrallitiques sont fortement désaturés et sont peu en équilibre avec le climat actuel, d'où une plus grande fragilité et sensibilité à l'érosion. En termes de mouvements de terrain, la problématique dominante dans les zones à sols ferrallitiques est le glissement superficiel. Il peut s'agir soit d'un simple décapage de la couverture, soit d'un glissement de terrain à surface plane ou circulaire ;

- des sols hétérogènes sur colluvions de pente déjà altérés dont les caractères ferrallitiques et andiques sont marqués. On les rencontre entre 550 et 1200 m d'altitude dans les secteurs de La Montagne, du Brulé, de Saint-François, du Morne des Patates à Durand ;
- des andosols désaturés, généralement très caillouteux, dont l'épaisseur est relativement faible. On les rencontre entre 700 et 1500 m d'altitude dans les secteurs de Bellevue (La Bretagne) et de Montauban ;
- en zone littorale, au niveau des cônes de déjection des ravines et en bordure des cours d'eau, on trouve des sols peu évolués formant des terrasses alluvionnaires récentes (mélange de matériaux hétérogènes et hétérométriques), reposant sur des sables et des graviers basaltiques.

3.2. ENJEUX ET VULNERABILITE

Évaluée à 85 000 personnes en 1967, la population dionysienne a connu depuis une régulière et franche augmentation, s'établissant selon l'estimation de l'I.N.S.E.E. à environ 145 770 en 2008 (soit un accroissement démographique de l'ordre de 60% en près de 40 ans).

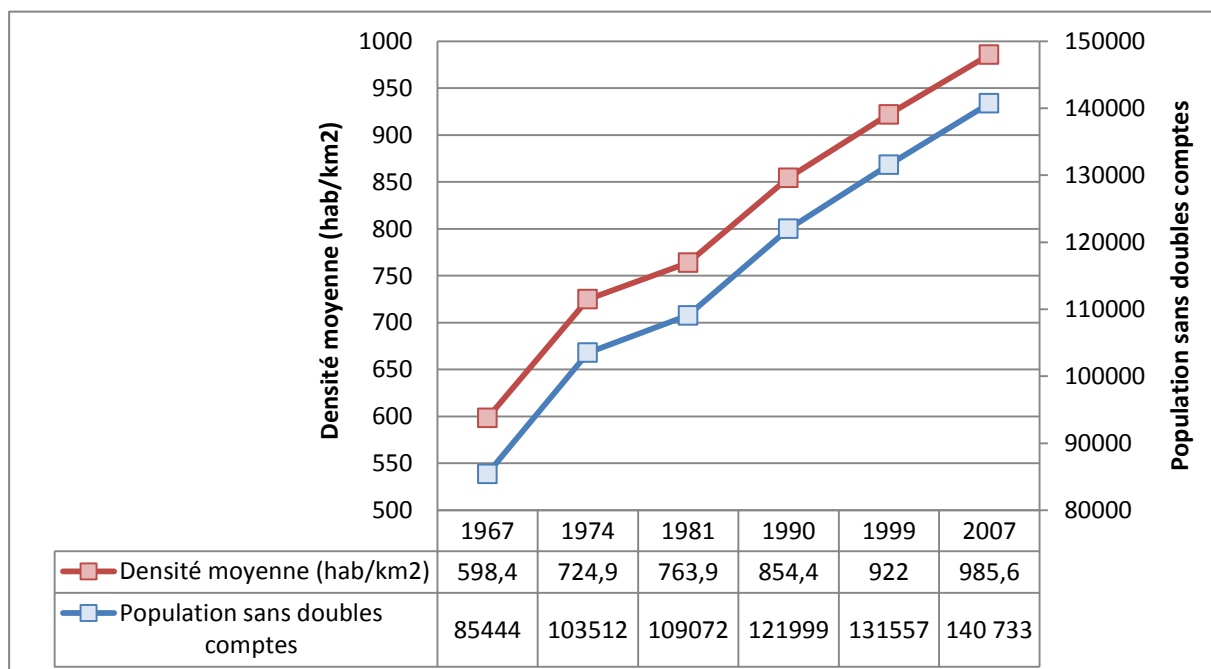


Figure 7 : Evolution de la population de Saint-Denis (source : I.N.S.E.E.)

La densité démographique lors du recensement de 2008 était de 1020 hab./km² (contre 322 hab./km² sur l'ensemble de l'île de La Réunion).

La commune de Saint-Denis se divise en plusieurs secteurs :

- le centre urbain et administratif de Saint-Denis se développe sur une vaste zone en bordure de la jonction R.N. 1 / R.N. 2, le long du littoral, en rive droite de la Rivière Saint-Denis jusqu'à la Rivière des Pluies.
- les écarts habités, plus ou moins urbanisés, correspondant en particulier (liste non exhaustive) :
 - à la Grande Chaloupe qui marque la limite occidentale de la commune ;
 - au plateau de La Montagne qui constitue, avec Saint-Bernard, une entité à part entière en rive gauche de la Rivière Saint-Denis ;
 - au secteur de Bellepierre – Le Brulé ;
 - au secteur de Saint-François ;
 - au secteur du Moufia – Bois de Nèfles ;
 - au secteur de Domenjod – La Bretagne - Montauban, à l'extrémité orientale du territoire.

Le parc de logement s'établissait en 1999 à près de 50 000 unités (constitué à 89% de résidences principales), soit une augmentation de 29 % depuis le recensement de 1990, illustrant la forte pression foncière existant sur le chef-lieu.

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

- les services de sécurité 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 (Route du Littoral, Boulevard Sud, Front de mer, réseau départemental desservant les hauts, etc.) ;
- le réseau d'Adduction d'Eau Potable (sources, captages, stations de pompage, réservoirs, stations de traitement) ;
- les installations classées soumises à autorisation ;
- les établissements d'enseignement (écoles, collèges, lycées) ;
- les bâtiments administratifs (mairie principale et mairies annexes, préfecture) ;
- les autres établissements recevant du public (crèche, bibliothèque, équipements sportifs, centre commercial, établissement pénitentiaire) ;
- les zones agricoles.

Outre l'occupation du sol par l'activité agricole qui représente un enjeu économique, le milieu physique naturel représente un enjeu environnemental à travers :

- le Parc National de la Réunion ;
- les Espaces Naturels Sensibles ;
- les espaces remarquables du littoral (falaise du littoral et principales ravines du plateau de La Montagne) ;
- les réserves naturelles : réserve de la Roche Ecrite et de La Grande Chaloupe.

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

4. Historicité et caractérisation des phénomènes naturels

4.1. PHENOMENES HISTORIQUES

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

1966

Il faut signaler la rupture de la digue de protection de la ravine Patates-à-Durand sur une longueur de 200 mètres, ce qui provoqua l'arrachement de 50 mètres de chaussée, à l'entrée des Deux-Canons.

Le Journal de l'île, 10 janvier 1966

« L'insuffisance de communication ne permet pas encore de connaître le bilan définitif des victimes. Trois de celle-ci sont cependant connues : la petite Roseline Hubert, 11 ans, et sa sœur, 7 ans, mortes sous les décombres de leur paillote détruite par un éboulement à la Montagne (15^{ème} kilomètres) au lieu-dit la Cayenne. »

Le Journal de l'île, 10 janvier 1966

1970

« A Saint-Denis, on compte près d'un millier de sinistrés, victimes surtout des inondations. Les quartiers qui ont eu le plus à souffrir sont ceux de la Rivière du Butor, des Camélias, de la Commune Primat, du lotissement Moril Fontaine. »

Témoignages, 28 janvier 1970

1980

Jeudi, dans les Hauts de Bellepierre, un énorme rocher enfonce à moitié la maison de M. Michel Thiburce. L'eau et la boue dévalent la pente à proximité de sa case. Si l'on parvient encore chez Mme Asti, c'est pour constater qu'une coulée de boue large de 50 mètres a dévalé la pente. Une saignée qui n'a rien laissé sur son passage, même les arbres les plus gros n'ont pas résisté.

Le Quotidien, 29 janvier 1980

« Une maison de quatre pièces a été entièrement emportée par un glissement de terrain, hier matin à Saint-François au point kilométrique 9. Dans la nuit de samedi à dimanche, M. Turpin avait connu une première alerte. Sa maison avait glissé d'une vingtaine de centimètres. »

Le Quotidien, 23 janvier 1980

1993

Les pluies diluviennes qui s'abattent sur La Réunion n'en finissent pas de causer des dégâts. Hier soir en plein cœur de Saint-Denis, un peu avant 22 heures, la falaise qui borde la rue Lucien-Gasparin s'est partiellement effondrée. De grandes quantités de pierres et de terre ont fini leur course rue de la République, au pied d'un immeuble de la SHLMR.

Le Quotidien, 2 mars 1993

« A l'Îlet Quinquina, les dommages ont été à la hauteur de la violence des averses. On comprend que Madame Foucault ait eu chaud en voyant la position rocambolique de sa case en tôle : accrochée à un pan de montagne, une partie dans le vide à la suite d'un affaissement de terrain. Plus loin, une autre maison a vu son mur de soutènements s'enfoncer. L'école inondée est fermée jusqu'à nouvel ordre. »

Le Réunionnais, 20 février 1993

« Une personne découverte noyée à Château-Morange, un quartier qui a fortement souffert des intempéries à l'image des dégâts enregistrés en 1987 après le passage de Clotilda. Bon nombre de cases inondées, des familles sinistrées, des coupures d'eau et de téléphone en divers points de l'île, un réseau routier endommagé. Surpris en plein sommeil, un certain nombre de riverains du boulevard Doret ont été tirés du lit avec effroi par les débordements de la ravine du Butor. En un rien de temps, les eaux se sont déversées à grands flots dans les habitations situées au n°13 du boulevard, obligeant leurs occupants à sortir par les fenêtres et à rejoindre la route à la nage, aidés par des pompiers dépêchés sur les lieux. »

Le Quotidien, 22 décembre 1993

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	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	04/02/1998	05/02/1998	26/05/1998	11/06/1998
Inondations et coulées de boue	24/02/1998	25/02/1998	26/05/1998	11/06/1998
Inondations et coulées de boue	22/01/2002	23/01/2002	05/02/2002	08/02/2002
Vents cycloniques	22/01/2002	23/01/2002	05/02/2002	08/02/2002
Inondations et coulées de boue	04/03/2006	06/03/2006	10/11/2006	23/11/2006
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	25/02/2007	26/02/2007	23/03/2007	28/03/2007
Inondations et coulées de boue	29/01/2011	30/01/2011	30/03/2011	06/04/2011

Tableau 1 : Liste des arrêtés de catastrophes naturelle (source : www.prim.net - Portail de la Prévention des Risques majeurs du M.E.E.D.D.A.T. - mise à jour Avril 2011)

Les ouvrages généraux de Météo-France (Soler, 1997 et Mayoka, 1998), indiquent les cyclones majeurs ayant concernés La Réunion, et plus ou moins directement Saint-Denis, depuis 1980 (cf. figure 7).

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)	-

Figure 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 P.P.R. mouvements de terrain (M.A.T.E. et M.E.T.L., 1999).

Les types de mouvements de terrain recensés sur le territoire de la commune de Saint-Denis sont :

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

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

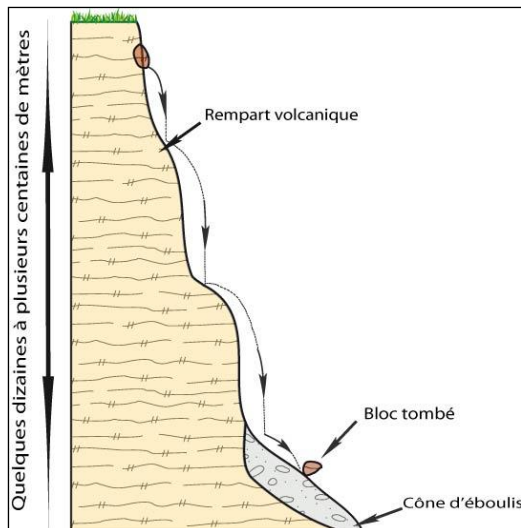


Figure 9 : Chute d'un bloc isolé

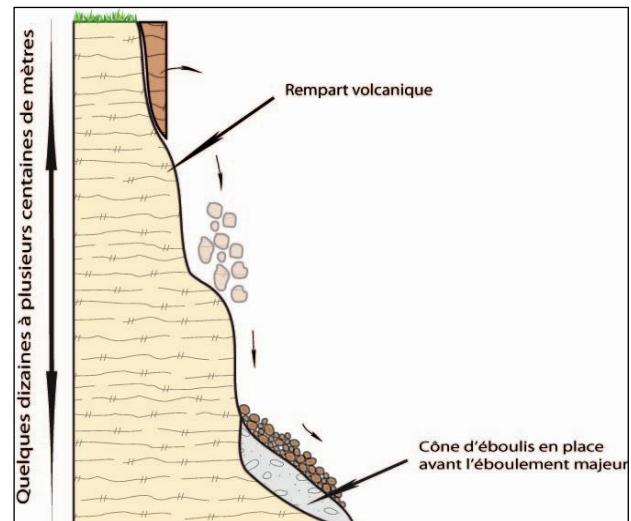


Figure 10 : Eboulement

Exemples de manifestations rencontrées :

- Démantèlement des remparts et versants de ravines encaissées

Dans le rempart de la Rivière Saint-Denis, sur la piste de la Plaine d'Affouches, dans la zone de franchissement d'Ilet à Guillaume, des éboulements et des chutes de blocs se produisent régulièrement. Le dernier éboulement de moyenne ampleur remonte à 2001, et a motivé la fermeture à toute circulation de la piste forestière pendant plusieurs années.

Lors du passage du cyclone Colina en janvier 1993, un éboulement s'est produit au lieu-dit « La Colline » dans la Rivière Saint-Denis, au-dessus des habitations. Un bloc de plusieurs tonnes est venu s'écraser sur une habitation occupée sans faire de victime.

En 1998, un volume d'une centaine de m³ de rocher s'est détaché de la falaise de la Rue Gasparin, au droit de l'école primaire J. Reydellet. En 2002, dans le versant rive droite de la Rivière Saint-Denis sous l'hôpital de Bellepierre (cf. figure 12), un éboulement de 200 à 300 m³ s'est propagé assez largement en pied de pente, impactant des installations sportives.

D'autres événements de moindre ampleur affectent de façon plus ou moins régulière ce versant.

La présence de cônes d'éboulis en pied des versants des grandes ravines (« le Grand Eboulis » dans la vallée de la Rivière des Pluies, les différents éboulis dans la vallée de la Rivière Saint-Denis, de la Grande Chaloupe et dans d'autres grandes ravines) attestent de la fréquence des chutes de blocs et des éboulements dans les pentes d'encaissement du réseau hydrographique. Ils forment des couloirs de propagation privilégiés.

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



Figure 11 : Versant Est de la Grand Chaloupe - blocs éboulés en pied de paroi, à proximité d'une zone habitée

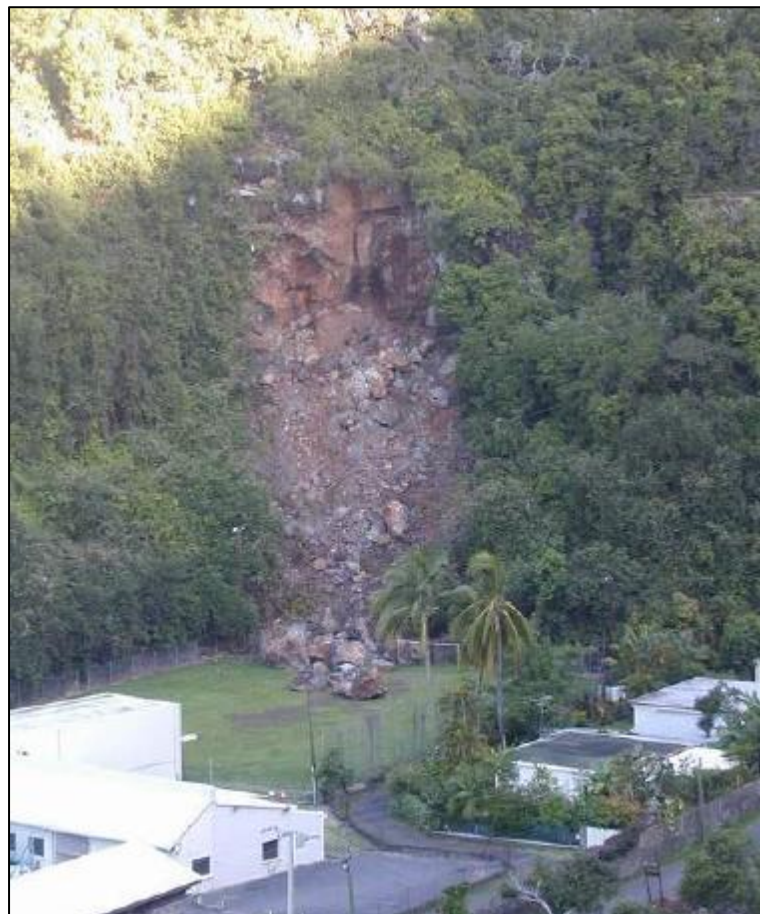


Figure 12 : Eboulement du 26 Juin 2002 dans le versant rive droite de la Rivière Saint-Denis



Figure 13 : Exemple d'éboulement sur les flancs de la Rivière Saint-Denis

- **Activité chutes de blocs sur les planèzes**

Des phénomènes de propagation de blocs peuvent survenir au niveau des zones de pentes plus marquées au sein des planèzes, plus particulièrement dans les hauts du territoire communal. Ces phénomènes sont provoqués par les processus érosifs causés par les fortes pluies, qui déchaussent les blocs rocheux de leur gangue plus altérée (altérites à blocs) ou lors de défrichements ou de terrassements mal maîtrisés. Les blocs sont libérés et peuvent, en fonction notamment de leur forme et de la topographie, dévaler la pente sur une distance plus ou moins importante.

A la suite des fortes pluies de février 2000 par exemple, lors du passage des cyclones Connie et Eline, un bloc de 2 m³ environ est venu s'écraser à l'arrière d'une habitation dans le secteur de Saint-François (Chemin de l'Evêché). Les fortes pluies ont entraîné les particules fines englobant le bloc, mettant celui-ci à nu et favorisant sa mise en mouvement.



Figure 14 : Exemple de blocs potentiellement instables dans un versant assez fortement redressé - secteur de La Bretagne



Figure 15 : Exemples de coulées à altération en « boules » pouvant donner lieu à des chutes de blocs - secteur de Saint-Bernard et du Quinzième



Figure 16 : Exemples de blocs déchaussés par le ravinement et potentiellement mobilisables – Quartier de St-François

En 1966 lors du cyclone Denise, un éboulement survient à la Montagne, au lieu-dit La Cayenne, entraînant le décès de deux enfants pris sous les décombres.

• Route du Littoral

Historiquement, depuis l'ouverture de la route, nombres d'événements de chutes de blocs et éboulements ont été répertoriés. Parmi les événements les plus notables sur le territoire dyonisien :

- cinq mois après le passage de la dépression tropicale Hyacinthe, le dimanche 22 juin 1980, l'un des plus gros éboulements historiques sur la route du littoral se produisait au PR 2+200. Un pan de falaise représentant 25 000 m³ de roches et de terre s'effondrait, détruisant sur son passage le remblai de protection, le mur de 2 m de haut séparant les deux chaussées et celui protégeant la route à 4 voies de la mer. Trois victimes ont été à déplorer, leur véhicule ayant été pris dans l'éboulement ;
- le 31 mai 1993, un éboulement d'un pan de falaise s'est produit au PR 2+800 de la route du littoral. Environ 2 000 m³ de blocs se sont détachés en bordure de la planèze habitée de La Montagne, sans faire de victimes ;

A titre indicatif, on peut citer également les événements survenus sur le linéaire situé sur le territoire de la Possession :

- le 11 Janvier 77, la R.N.1 essuie son premier éboulement en masse sur La Possession au P.R. 9 + 160 avec environ 100 m³ éboulés ;
- les 15 et 16 Décembre 79, de nouvelles instabilités ont lieu aux P.R. 10 + 600 et P.R. 10 + 900, pour un total voisin de 500 m³ ;
- l'éboulement du 24 mars 2006 est le deuxième plus volumineux survenu depuis la mise en service de la liaison routière. Avec de l'ordre de 30000 m³ et 2 morts, cet éboulement est aussi le plus meurtrier, après celui de 1980 sur le territoire de Saint-Denis. L'événement a entraîné la fermeture complète de l'axe routier pendant environ 1 mois.



Figure 17 : Photographie de l'éboulement du 24 mars 2006 sur la Route du Littoral

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

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

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

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

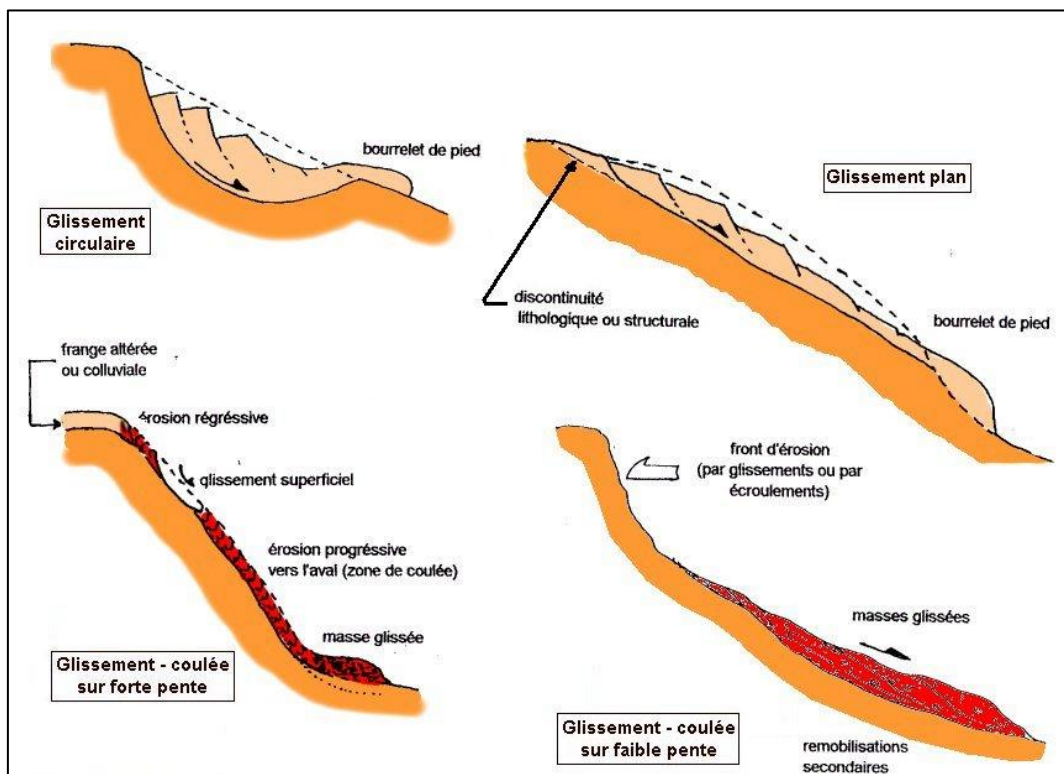


Figure 18 : Représentations schématiques des principaux types de glissement (source : B.R.G.M., www.bdmvt.net)

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

surfaces de glissement peut causer l'éboulement de morceaux de terrains d'un volume important.

Les principaux paramètres intervenant dans le mécanisme de glissement sont :

- **l'eau**, qui représente dans la grande majorité des phénomènes de glissement un élément moteur prépondérant. Les phénomènes d'infiltration (anthropiques ou non), les circulations d'eau en surface (par un phénomène d'entraînement des particules) ou souterraines (développement de surpressions préjudiciables) associées à un épisode pluvieux peuvent notamment contribuer aux instabilités ;
- **la géologique** : l'état d'altération d'un matériau, et par corrélation ses caractéristiques mécaniques, sa perméabilité, conditionnent la pente limite d'équilibre d'un terrain et de fait la probabilité d'occurrence de désordres ;
- **la morphologie** : l'importance de la pente va notamment conditionner la possibilité que puissent survenir, de façon préférentielle, des phénomènes lents (*fluage*, phénomènes superficiels pouvant intéresser des terrains peu pentus) ou au contraire rapides ;
- **la nature et l'importance du couvert végétal**, jouant un rôle dans la stabilité, le déclenchement et la propagation des phénomènes de glissement ; ce rôle pouvant être bénéfique (renforcement de la cohésion des sols par le système racinaire) ou au contraire néfaste (effet de levier par les ligneux sous l'effet du vent pouvant déstabiliser les terrains et favoriser les infiltrations d'eau).

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

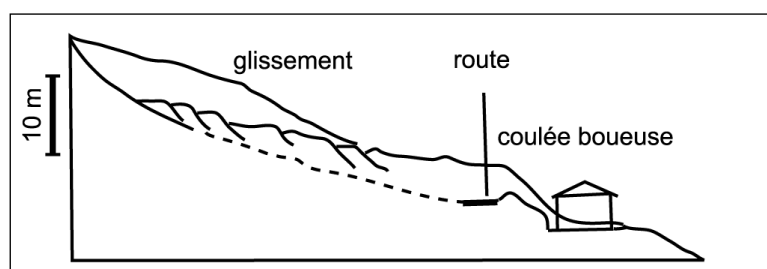


Figure 19 : Représentation schématique du glissement-coulée (exemple de Montauban, 1993 – cf. ci-après)

Exemples de manifestations rencontrées :

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

Les zones hautes du territoire communal sont assez fréquemment 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 fréquemment

aggravé par les aménagements humains (décaissements routiers ou pour l'habitat). Plusieurs exemples peuvent être donnés :

- en février 1987, un glissement de terrain, résultant de travaux de terrassement, a enseveli une maison, Chemin Decotte à La Montagne (P.K. 8), faisant un mort ;
- suite aux fortes pluies de Janvier 1988, un glissement de terrain mobilisant environ 1 000 m³ de matériaux meubles s'est déclenché dans le talus du Chemin de la Comète, dans les hauts de Saint-François. Le phénomène a provoqué la mort de trois employés communaux qui étaient en train de dégager à la pelle les dépôts d'un premier petit mouvement de terrain ;
- un glissement de terrain survenu en février 1998 au niveau d'un chemin situé à proximité du Chemin des Fougères, vers la Bretagne, s'est produit dans un talus de décaissement de 15 m de hauteur, non soutenu. Des déversements massifs d'eau provenant des terrains amont ont favorisé le déclenchement du phénomène ;
- à la suite des travaux de terrassement réalisés pour la construction du carrefour de l'U2 en 1992, un glissement de terrain affectant la route départementale amont (R.D. 41 au pied des rampes de La Montagne) est apparu, nécessitant un confortement par tirants actifs et barettes ;



Figure 20 : Confortement du versant entre l'U2 et le début des rampes de la RD41

- suite à l'épisode de fortes pluies survenu fin Janvier 2011 (du 28 au 30), un glissement a affecté le versant amont de la Route de l'Evêché, dans les hauts de Saint-François, sur près d'une dizaine de mètres de large et autant de hauteur. La chaussée a été entièrement recouverte par le volume glissé tandis que la cicatrice d'arrachement a fragilisé une habitation implantée en tête de versant (fondation du bâti localement sous-cavé).



Figure 21 : Représentation schématique du glissement-coulée (exemple de Montauban, 1993 – cf. ci-après)

• Glissements-coulées

Un glissement-coulée s'est produit le 13 février 1987, lors du passage de la dépression tropicale Clotilda, en bordure aval du plateau de La Montagne au PR 3+800, entre la Ravine Bananiers et la Ravine Bailly. Le volume de matériaux mobilisé a été estimé à 5 000 m³.

Un glissement-coulée d'extension décamétrique s'est déclenché à la suite des fortes pluies de février 1993, à Montauban (secteur de La Bretagne). Les matériaux glissés, gorgés d'eau, ont barré le chemin et envahi une maison située à l'aval.



Figure 22 : Glissement-coulée à Saint-François, le 21 février 1993

Des glissements-coulées, plus anciens, se seraient par ailleurs produits dans le secteur du Colorado, sur le Plateau de La Montagne où les configurations géomorphologiques et hydrogéologiques sont semblables à celles observées sur le secteur de Montauban. Lors du passage de Hyacinthe (1980), un glissement évoluant en coulée s'est produit dans le versant altéritique de Piton Trésor se développant en contrebas de la route d'accès au Colorado, entraînant la destruction d'une habitation implantée au bout du Chemin Decotte, largement au-delà du pied de versant, et causant la mort d'une personne (cf. figure 23).



Figure 23 : Cicatrice (partiellement revégétalisée) de la zone de départ du glissement-coulée du Colorado en 1980

De même, certaines morphologies repérées sur les flancs de ravines encaissées des plateaux (Ravine du Butor, Ravine Boucan Launay, Rivière Saint-Denis et Rivière des Pluies) laissent supposer que de tels glissements de moyenne à grande ampleur ont pu dans un passé plus ou moins reculé ou pourraient à l'avenir s'y déclencher.

• 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.

Un événement majeur s'est produit dans le secteur de Bassin Couderc. A la suite des pluies diluviennes lors du passage de la dépression tropicale Hyacinthe en janvier 1980, l'émergence d'une quantité d'eau importante drainée par une coulée massive et fissurée de basalte, a induit un glissement superficiel dans les dépôts de pente, de près de 5000 m³, sur le sentier du bassin du Diable.

• Phénomènes d'embâcle/débâcle

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

Ces phénomènes sont susceptibles d'entraîner la formation de **laves torrentielles**, dont le comportement est intermédiaire entre celui des glissements de terrain et des crues. La terminologie est à l'image des phénomènes, variée et complexe. Sur le territoire de la commune de Saint-Denis, les conditions pour que de tels phénomènes surviennent (précipitations abondantes, pentes généralement fortes, terrains meubles, éboulis stockés sur les pentes) peuvent être réunies, notamment dans le lit des Rivières Saint-Denis et des Pluies, ainsi que dans celui des autres ravines plus importantes (Patates à Durand, Butor, Chaudron), même si la probabilité est plus faible.

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

Sur le territoire de Saint-Denis, l'événement de ce type le plus notable est survenu dans le bassin de la Rivière des Pluies où un éboulement de terrain d'un volume voisin de 500 000 m³, s'est produit le 1^{er} mars 2002, depuis la falaise à l'Est du Plateau de Quinquina, située en rive gauche de la rivière dans sa partie amont (« Grand Eboulis »). Les matériaux écroulés se sont propagés vers l'aval, une partie de ces matériaux a migré jusqu'au lit de la Rivière des Pluies, formant un barrage. Celui-ci a cédé le 8 mars 2002, sous la charge de l'eau accumulée dans la retenue (approximativement de l'ordre de 100 000 m³), créant une onde de crue soudaine provoquant 3 morts.



Figure 24 : "Grand éboulis" en 2002 dans le bassin amont de la Rivière des Pluies avec formation d'une retenue d'eau



Figure 25 : Front de la masse de matériaux entravant la Rivière des Pluies, avant débâcle – vue depuis l’aval

4.3.3. Érosion et ravinement (E)

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

Les érosions de berge

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

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

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

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

Dans la Rivière des Pluies, la constitution des berges est très variable : berges rocheuses (empilements de coulées de laves et de niveaux scoriacés), berges brèchiques (brèches issues d’avalanches de débris ou de coulées de débris, berges d’alluvions actuelles ou d’alluvions récentes). Lors des crues de 2006 (février et mars avec le passage de Diwa), les terrasses constituées d’alluvions anciennes plus ou moins cimentées ou de brèches non cohésives ont subies des attaques plus ou moins importantes. Les terrasses constituées d’alluvions récentes ont elles connues des phénomènes érosifs globalement sensiblement plus marquées.



Figure 26 : Constructions affouillées suite au passage de Diwa (mars 2006) - Ilet Quinquinna



Figure 27 : Berge érodée au niveau d'Ilet la Pluie suite aux crues de 2006



Figure 28 : Berge rive gauche de la Rivière des Pluies - sensibilité variable aux phénomènes érosifs (alluvions consolidées, remblais, berge protégée)

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



Figure 29 : Berge rive gauche de la Ravine Achard (secteur Ruisseau Blanc) - érosion de berge se développant à l'extrados, en aval immédiat d'un mur béton



Figure 30 : Ravine Laverdure – affouillement en pied de la digue aménagée le long de la Rue Jules ferry suite au cyclone Hyacinthe

Le ravinement

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

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

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

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

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

Alors qu'un ruissellement diffus va créer des paysages de « badlands », un ruissellement concentré va créer des ravins encaissés et localisés, et s'accompagne souvent de zones d'alluvionnement (où se déposent les matériaux arrachés par l'érosion).

Ces conditions sont réunies sur certains plateaux, comme celui de La Montagne où la couverture végétale a été détruite sur de vastes zones (secteurs situés entre La Ravine Antoine, La Ravine Grand Fond et La Ravine Infante). Cette érosion se développe essentiellement au niveau des parcelles défrichées, là où les pentes sont les plus élevées.

Dans le passé, la couverture boisée ou en culture assurait une fixation naturelle des horizons superficiels. Ainsi, les terrains autrefois cultivés en canne à sucre, aujourd'hui en friche, sont en proie à l'érosion. L'érosion des sols, diffuse au départ, peut "dégénérer" et entraîner des glissements plus ou moins superficiels.



Figure 31 : Axe de ravinement favorisé par la concentration des eaux de ruissellement en zone agricole – secteurs Bois de Nèfles / Moufia

4.4. CARACTERISATION DES PHENOMENES D'INONDATION

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

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

- 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** sur les voies de communication et dans les terres agricoles, eaux issues de bassins naturels plus ou moins importants sans thalweg marqué.

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

- l'eau mobilisable, constituée de l'eau reçue par le bassin versant ;
- le ruissellement, qui correspond à la part de l'eau qui n'a pu s'infiltrer dans le sol. Il dépend de la nature du sol, de son occupation de surface et de l'intensité de l'épisode pluvieux ;

- le temps de concentration, qui est défini par la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau partant du point le plus éloigné de l'exutoire du bassin versant parvienne jusqu'à celui-ci ;
- la propagation de l'onde de crue, qui est fonction de la structure du lit et de la vallée alluviale, notamment de la pente et des caractéristiques du champ d'inondation.

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

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

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

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

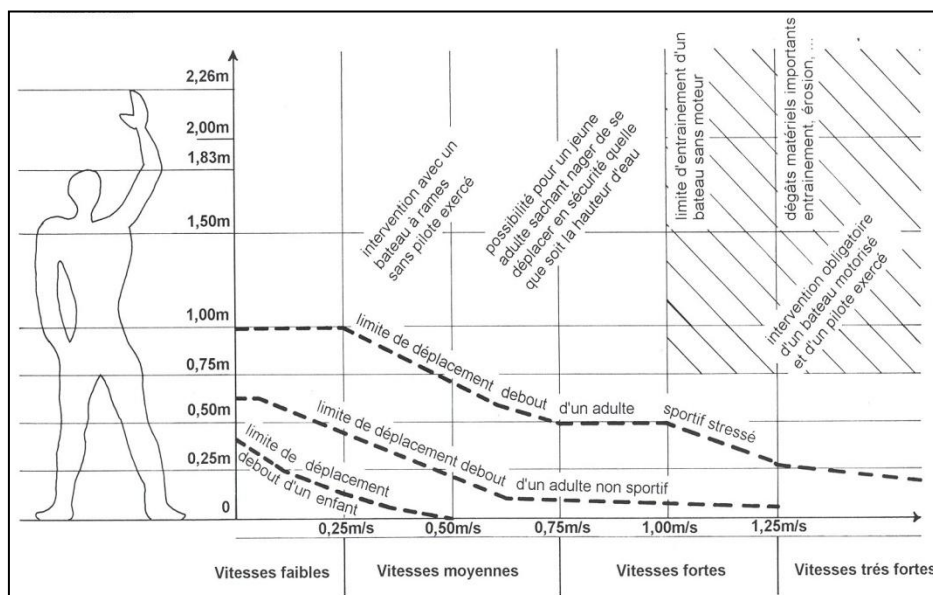


Figure 32 : Possibilité de déplacement des personnes en fonction des caractéristiques d'écoulement (source : Guide PPRi ruissellement péri-urbain M.E.D.D.)

- **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

- **Ravine Patates à Durand**

Hyacinthe (janvier 1980) : le canal d'endiguement est comblé par les alluvions et les colluvions ce qui provoque des brèches au niveau des digues.



Figure 33 : Ravine Patates à Durand – Brèche et divagations torrentielles survenues lors du cyclone Hyacinthe (1980)

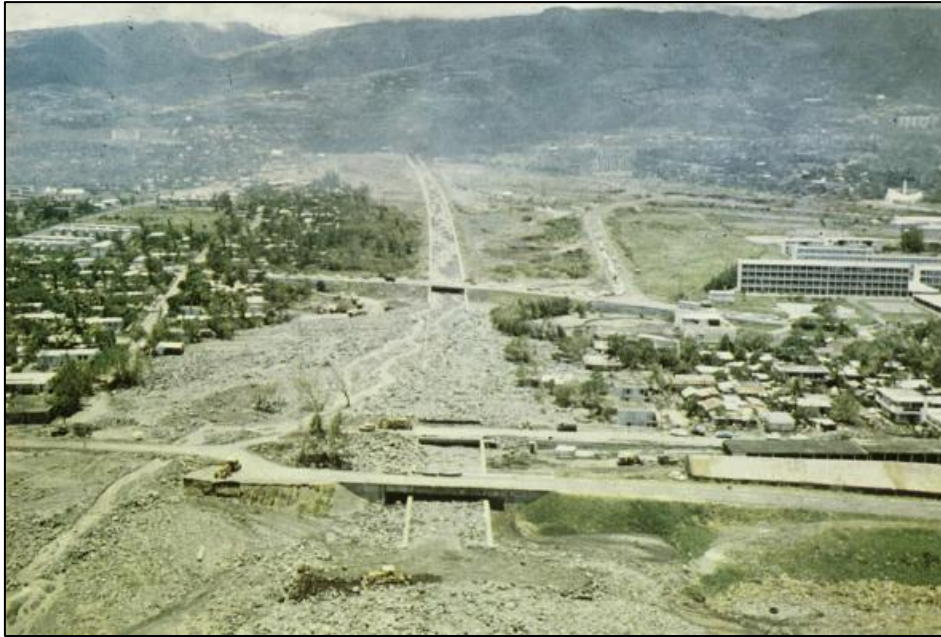


Figure 34 : Ravine Patates à Durand – Brèche et divagations torrentielles survenues lors du cyclone Hyacinthe (1980)



Figure 35 : Plage de dépôt et endiguement de la Ravine Patates à Durand, réalisés après yacinte

- **Ravine du Butor**

Clotilda (février 1987) : le secteur de Château Morange a été envahi par les eaux torrentielles qui ont détruit une partie du réseau routier, emporté des voitures et inondé des appartements.



Figure 36 : Diavagations torrentielles de la ravine du Butor dans le secteur de Château-Morange, lors de Clothilda (1987) – cliché le Quotidien

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 ».

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

5.1.1. Notion d'intensité et de fréquence

La définition de l'aléa impose de connaître, sur l'ensemble de la zone étudiée, l'intensité et la probabilité d'occurrence (ou d'apparition) des phénomènes naturels. L'intensité d'un phénomène peut être appréciée de manière variable en fonction de sa nature même : débits liquide et solide pour une crue torrentielle, volume des éléments pour une chute de blocs, importance des déformations du sol pour un glissement de terrain, etc... L'importance des dommages causés par des phénomènes passés peut également être prise en compte.

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

Si certaines grandeurs sont relativement faciles à mesurer (les débits liquides par exemple), d'autres le sont beaucoup moins, soit du fait de leur nature, soit du fait de leur caractère instantané (chute de blocs). La probabilité d'occurrence des phénomènes sera donc généralement appréciée à partir des informations historiques, des contextes géologique et topographique, et des observations du chargé d'études.

5.1.2. Remarques relatives aux règles de zonage

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

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

Dans la majorité des cas, l'évolution des phénomènes naturels est continue, la transition entre les divers degrés d'aléa est donc théoriquement linéaire. Lorsque les conditions naturelles - notamment la topographie - n'imposent pas de variations particulières, les zones d'aléas élevés, moyen et faible sont « emboîtées ». Il existe donc, dans ce cas, pour une zone d'aléa élevée donnée, une zone d'aléa moyen et une zone d'aléa faible à modéré qui traduisent la décroissance de l'activité 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.

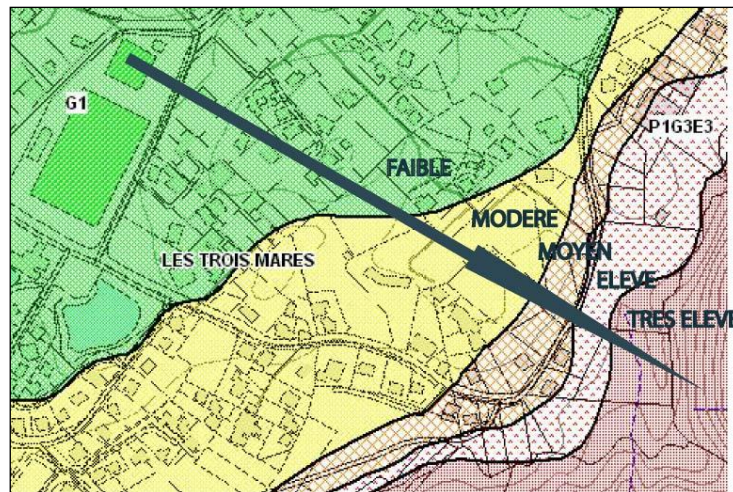


Figure 37 : Exemple de représentation de la notion de continuité du niveau d'aléa mouvements de terrain

5.2. ALEA MOUVEMENT DE TERRAIN

Globalement, la cartographie des aléas mouvements de terrain issue de cette procédure de révision reprend le zonage défini dans le Plan de Prévention des Risques approuvé en date du 14 décembre 2004 par arrêté préfectoral n°4167. Ce zonage a néanmoins été précisé :

- d'une part en intégrant les **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) ;
- d'autre part par le biais de visites de terrain conjointes Mairie / D.E.A.L. / B.R.G.M. (analyses visuelles de type "expertise") réalisées sur des parcelles **ayant fait l'objet d'une requête de la part de leur propriétaire** concernant le zonage mouvements de terrain en vigueur. Ces « campagnes » de reconnaissances de terrain complémentaires ont principalement été menées en 2007-08 et au début de l'année 2011.

L'ensemble des comptes rendus de visites et notes techniques réalisés dans le cadre de ces investigations complémentaires est donné en annexe 4 du présent dossier.

La cartographie mouvements de terrain est présentée sur fonds topographiques :

- à l'échelle 1/20 000 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 7) ;
- à l'échelle 1/10 000 sur les Hauts de Saint-Denis (planche 8)

On attirera l'attention sur le fait que les cartes d'aléas mouvements de terrains (et de la même façon les cartes d'aléa inondations), qu'elles que soient leur échelle, ne constituent que **des documents informatifs**, et n'ont **aucune valeur réglementaire** (contrairement au zonage réglementaire qui en découle). On soulignera par ailleurs que les fonds topographiques utilisés (y compris à l'échelle du 1/5 000) restent insuffisants pour décliner le zonage des aléas mouvements de terrain à l'échelle de la parcelle.

5.2.1. Facteurs de prédisposition et facteurs non permanents

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

- **facteurs de prédisposition**
 - géologie : nature, altération, fracturation, épaisseur des faciès ;
 - morphologie : pentes, encaissement.
- **facteurs non permanents**
 - altitude : différence de pluviométrie ;
 - venue d'eau, d'humidité : résurgence, écoulement... ;
 - végétation : présence ou non, culture en terrasse... ;
 - activité humaine : ouvrages de protection, drainage mal adaptés ...

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

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

Tableau 2 : Type de phénomène rencontrés en fonction des catégories de terrain

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

5.2.2. Méthodologie d'évaluation de l'intensité

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

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

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

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

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

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

Tableau 3 : Intensité du phénomène

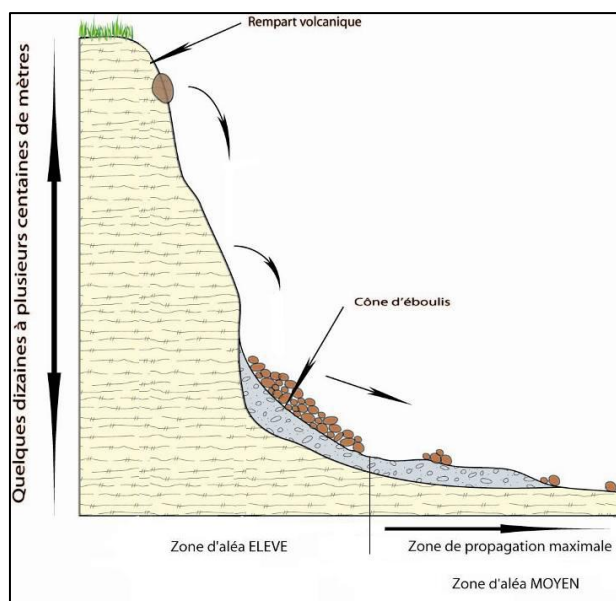


Figure 38 : Principer de décroissance de l'intensité du phénomène chute de blocs avec l'éloignement de la source de départ

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 4 : Codification des aléas mouvements de terrain selon l'intensité

5.2.3. Qualification de l'aléa mouvements de terrain

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Pour évaluer l'aléa, il est nécessaire d'intégrer l'ensemble des phénomènes naturels mouvement de terrain sur la zone considérée ; le phénomène le plus intense conditionnant le niveau d'aléa sauf pour l'aléa faible (cf. tableau 6).

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

5.3. ALEA INONDATION

5.3.1. 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.**

Globalement, la cartographie des **aléas « inondations »** reprend le zonage défini dans le Plan de Prévention des Risques approuvé en date du 14 décembre 2004 par arrêté préfectoral n°4167. Ce zonage a toutefois été précisé :

- d'une part sur certaines zones à enjeu identifiées par le Service Instructeur, pour tenir compte notamment de **la réalisation d'aménagements** depuis la date d'approbation de la version en vigueur du P.P.R. (Ravine Gentille par exemple), mais aussi pour intégrer **une connaissance nouvelle** sur les inondations (événement historique, étude hydraulique sur la Rivière des Pluies réalisée dans le cadre du PGRI, etc.) ;
- concernant la Rivière Saint-Denis, la cartographie intègre la réalisation (2010-2011) sous maîtrise d'ouvrage communale des digues de protection, et le zonage s'appuie sur les études techniques réalisées dans ce cadre (étude hydraulique et étude de danger - Safège) ;
 - o Safège (2011). Protection contre les crues de la Rivière Saint-Denis. Etude de dangers. Rapport 09PRU029. Indice C.
- concernant la Ravine du Butor et ses ravines affluentes (Ruisseau des Noirs, Ravine Boucan Launay), la cartographie des aléas intègre la connaissance issue de l'étude de danger réalisée en 2011 par Safège :

- Safège (2011). Etude de sécurité et de sureté des ouvrages hydrauliques des ravines du Butor et de Boucan-Launay. Etude de dangers. Rapport 10MRU020. Indice C.
- d'autre part sur certains secteurs, à la demande du service instructeur, à l'aide de visites de terrains réalisées soit au droit de **parcelles ayant fait l'objet d'une requête de la part de leur propriétaire** concernant le zonage inondation en vigueur, soit au droit de secteurs sur lesquels le précédent zonage méritait d'être affiné (Ravines du Butor et de Patates à Durand, Quartiers de La Montagne et de Bellepierre, etc.).

La cartographie « inondation » est présentée sur fonds topographiques :

- à l'échelle 1/20 000 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 7) ;
- à l'échelle 1/10 000 sur les Hauts de Saint-Denis (planche 8).

5.3.2. 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)	$h < 0,5$	faible	moyen	fort
	$0,5 < h < 1$	moyen	moyen	fort
	$1 < h$	fort	fort	fort

Tableau 6 : 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 ou des vitesses d'écoulement comprises entre 0,5 et 1 m/s ;

- **aléa faible**

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

Aléa résiduel

Les études de danger réalisées par Safège ont permis de préciser un niveau d'aléa résiduel au niveau de la Rivière Saint-Denis et de la Ravine du Butor. L'aléa résiduel concerne des terrains pour lesquels un dispositif de protection contre les crues centennale existe mais ne permet pas d'écartier 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, **moyen, fort et fort aggravé**, ont été distingués, en fonction des caractéristiques du champ d'inondation résultant de ces possibles défaillances.

		vitesses (m/s)	
		$v < 1$	$1 < v$
hauteur (m)	$h < 1$	résiduel moyen	résiduel fort aggravé
	$1 < h$	résiduel fort	résiduel fort aggravé

Tableau 7 : Caractérisation de l'aléa inondation pour les scénarii de défaillances correspondant aux crues inférieures ou égales à la crue centennale

- **aléa résiduel fort aggravé**

- vitesses d'écoulement supérieures à 1 m/s en continuité derrière les digues (aléa principalement lié aux risques de rupture ou de surverse) ;
- 15 m de zones tampon en arrière des digues.

- **aléa résiduel fort**

- hauteurs d'eau supérieure à 1 m ;

- **aléa résiduel moyen**

- hauteurs d'eau comprises entre 0,2 m et 1 m et des vitesses d'écoulement inférieur à 1 m/s.

5.3.3. Traitement des Etudes De Danger

La méthodologie appliquée pour le traitement des Etudes De Danger (E.D.D.) est identique pour la Rivière Saint-Denis et la Ravine du Butor. Pour les secteurs dont les digues sont dimensionnées pour une crue centennale, des scénarios de défaillance ont été pris en compte afin de caractériser l'aléa résiduel.

Un niveau d'aléa est attribué pour chaque maille calculée par Safège comprenant une valeur de vitesse d'écoulement et de hauteur d'eau. Les différents scénarios (crue centennale et scénarios de défaillance) sont ensuite compilés pour obtenir une seule table en prenant en compte pour chacune des mailles l'aléa le plus défavorable. Le tableau ci-après donne l'ordre de compilation des données.

	intervalle	scénarios
fort	$V > 1$ ou $H > 1$	Q 100 débordement
résiduel fort aggravé	$V > 1$	$Q \leq 100$ défaillance
résiduel fort	$H > 1$	$Q \leq 100$ défaillance
moyen	$V [0.5 ; 1[$ ou $H [0.5 ; 1[$	Q 100 débordement
faible	$V < 0.5$ ou $H < 0.5$	Q 100 débordement
résiduel moyen	$V < 1$ ou $H < 1$	$Q \leq 100$ défaillance

Tableau 8 : Ordre de compilation des données

Suite à l'attribution des aléas, une enveloppe externe est créée en prenant les extrémités de chaque maille. Les mailles trop isolées ou enclavées dans un aléa plus fort ont été supprimées.

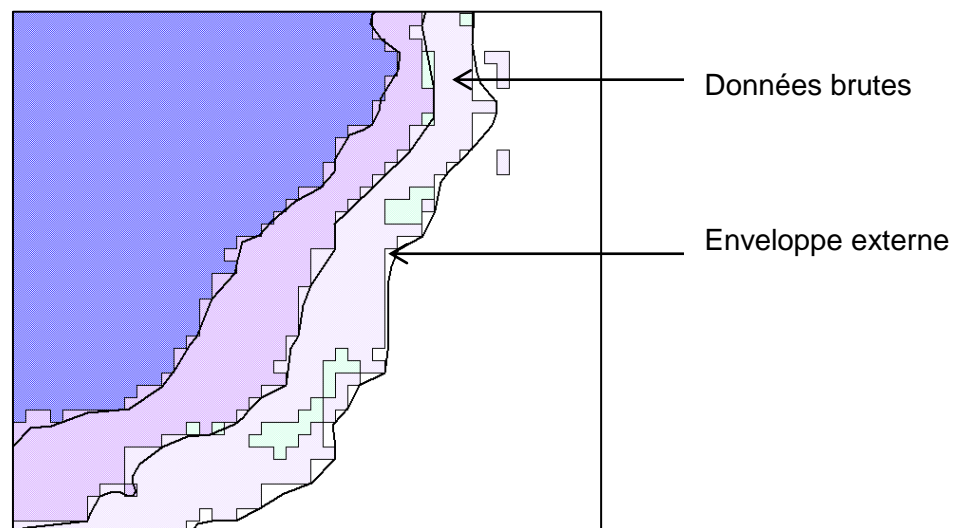


Figure 39 : Exemple de création d'une enveloppe externe

Rivière Saint-Denis

Dans le cas de la Rivière Saint-Denis, l'ensemble du linéaire étudié par l'Etude De Danger est dimensionné en crue centennale. Les modélisations ont été effectuées de l'embouchure de la rivière jusqu'au niveau de la passerelle du Hameau, en amont du Pont Vinh San.

La modélisation de la crue centennale par Safège ne montre pas de débordement ; elle correspond à la crue de dimensionnement des ouvrages réalisés. Ce sont les scénarios de défaillance (embâcle A, embâcle B, exhaussement et brèche D), cartographiés en aléa résiduel, qui seront les plus impactant.

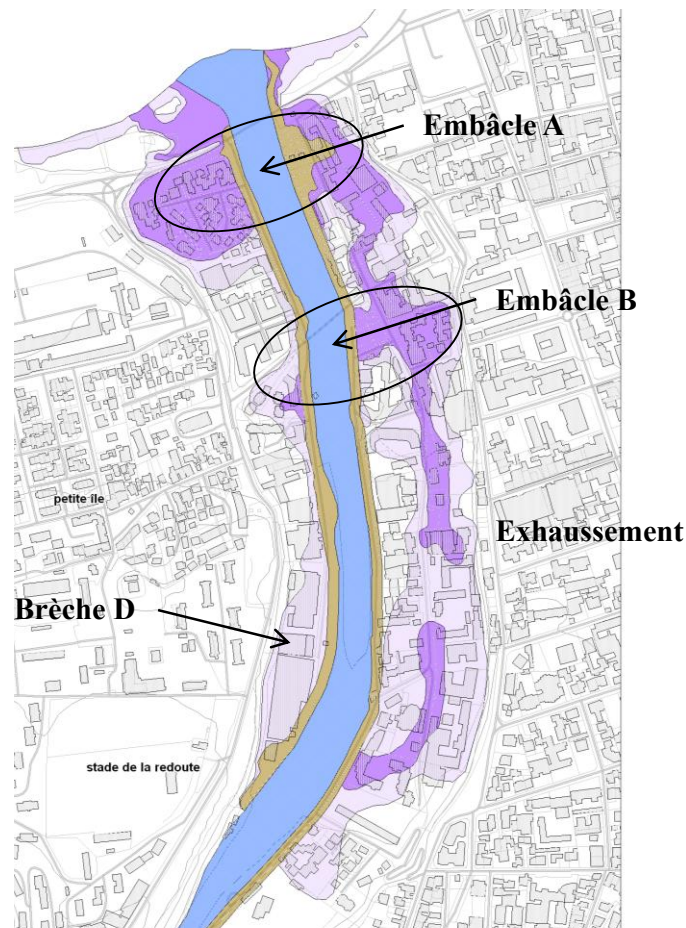


Figure 40 : Localisation des scénarios sur le Rivière Saint-Denis

Ravine du Butor

Dans le cas de la Ravine du Butor, les digues sont dimensionnées en Q150 de l'embouchure à l'aval de la confluence avec Boucan Launay. Dans ce secteur les débordements de la crue centennale sont principalement localisés au niveau de la zone des Camélias – Château Morange.

Le bureau d'étude Safège a identifié 11 scénarios de défaillance entre l'embouchure et la confluence avec Boucan Launay (rupture de digue, embâcle, zone de dépôt et clapet anti-retour bloqué). Les scénarios les plus impactant au niveau de l'embouchure correspondent au scénario 22 (embâcle Butor aval pont Leclerc) et au scénario 10 (rupture de mur).

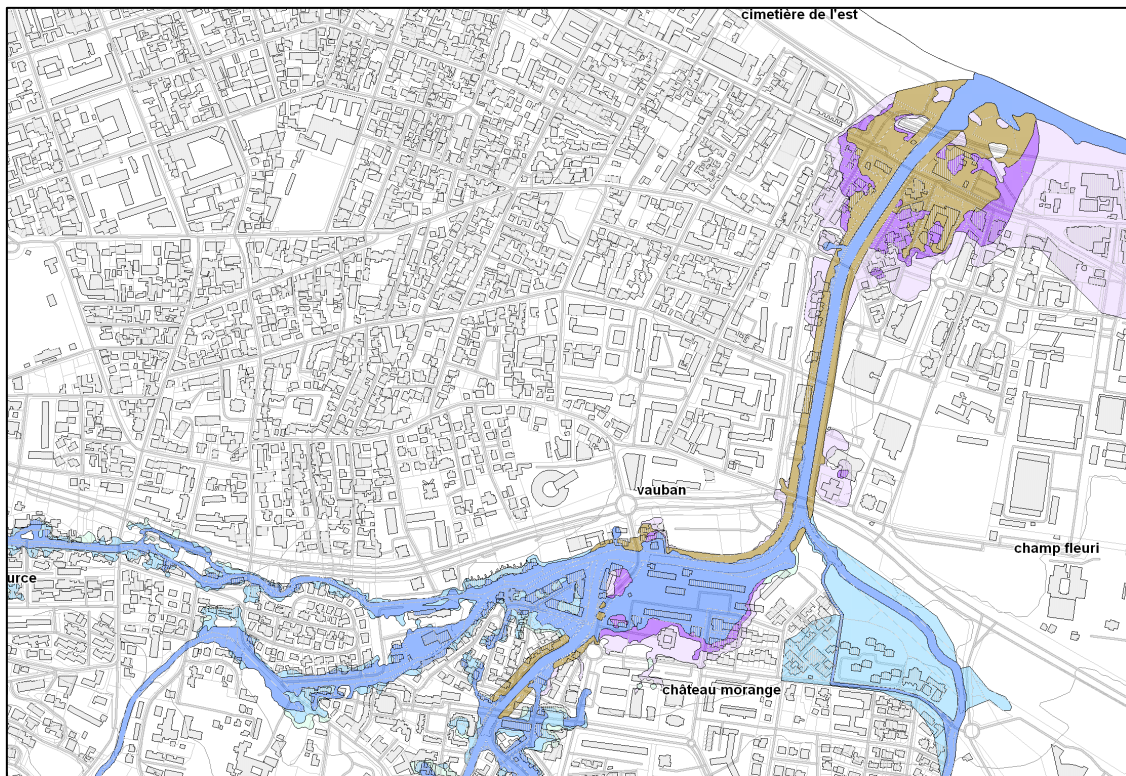


Figure 41 : Extrait du résultat de l'Etude De Danger sur la Ravine du Butor

6. Lexique des sigles et termes techniques

Il est indispensable pour bien comprendre ce document P.P.R., de s'entendre sur la définition de certains sigles ou termes techniques apparaissant dans le rapport de présentation. Les définitions qui suivent ont pour finalité de permettre un langage commun entre les différents acteurs, et surtout de faciliter la compréhension des documents aux non-initiés.

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
P.P.R.	Plan de Prévention des Risques
P.P.R.i.	Plan de Prévention des Risques Inondation
P.P.R.l.	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

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 (P.P.R.) naturels prévisibles » (paru à la documentation Française – 1997) ;
2. Guide méthodologique « Plans de Prévention des Risques (P.P.R.) de « mouvements de terrain » (paru à la documentation Française – 1999) ;
3. Guide méthodologique « Plans de Prévention des Risques (P.P.R.) – Risques inondation » (paru à la documentation Française – 1999).

Annexe 1

Revue de presse historique sur les phénomènes naturels survenus sur la commune de Saint-Denis

Annexe 2

Cartographie des phénomènes historiques observés sur la commune de Saint-Denis et tableau récapitulatif

Annexe 3

Cartographie des équipements sensibles (enjeux) sur la commune de Saint-Denis

Annexe 4

Comptes rendus des visites et analyses d'études techniques réalisées dans le cadre de procédure de révision du PPR de Saint-Denis

2007 :

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu des visites effectuées les 11 juillet et 22 août 2007.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 29 août 2007.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 5 septembre 2007.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 12 septembre 2007.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 19 septembre 2007.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 10 octobre 2007.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Addenda au compte-rendu de la visite effectuée le 10 octobre 2007. Complément relatif à la parcelle CV 227 (Cadenet-Ricquebourg).

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Addenda au compte-rendu de la visite effectuée le 10 octobre 2007. Page modificative relative à la parcelle CV 311 (JM Naze).

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 24 octobre 2007.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 15 novembre 2007.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 21 novembre 2007.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 5 décembre 2007.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 13 décembre 2007.

2008 :

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa inondation et du zonage réglementaire sur le secteur de Bellepierre. Note technique BRGM/SGR/REU 2008-80.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 23 janvier 2008. Note technique BRGM/SGR/REU 2008-09.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu des visites effectuées les 6 et 13 février 2008. Note technique BRGM/SGR/REU 2008-18.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 27 février 2008. Note technique BRGM/SGR/REU 2008-33.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 12 mars 2008. Note technique BRGM/SGR/REU 2008-34.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 2 avril 2008. Note technique BRGM/SGR/REU 2008-39

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 17 avril 2008. Note technique BRGM/SGR/REU 2008-43.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage sur certains secteurs ponctuels après analyse d'études techniques. Note technique BRGM/SGR/REU –2008-38.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur

certaines secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 30 avril 2008. Note technique BRGM/SGR/REU 2008-54.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Ré-examen du zonage d'aléa et du zonage réglementaire sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite effectuée le 16 juillet 2008. Note technique BRGM/SGR/REU 2008-78.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Examen de demande de modification de zonage. Analyse d'études techniques. Note technique BRGM/SGR/REU –2008-82.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Examen de demande de modification de zonage – Analyse d'études techniques. Note technique BRGM/SGR/REU –2008-100.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Examen de demande de modification de zonage. Analyse d'études techniques. Note technique BRGM/SGR/REU –2008-110.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Examen de demande de modification de zonage. Analyse d'études techniques. Note technique BRGM/SGR/REU –2009-18

2010 :

C. Garnier. Lettre de modification de zonage – demande d'étude de risques. Association d'entraide aux lépreux et à leurs familles.

Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain ». Intégration des éléments issus du PGRI relatif à la Rivière des Pluies. Note technique BRGM/SGR/REU 2010-05.

Juin 2010. Révision PPR Saint-Denis. Examen de demande de modification de zonage. Dossier « Domaine de Fucrèas ». Note technique BRGM/SGR/REU –NT2010-066.

2011 :

C. Garnier (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Examen de demande de modification de zonage – analyse d'études techniques. BRGM/RP-59638-FR.

J. Taquet (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Examen de demande de modification de zonage – analyse d'études techniques. BRGM/RP-59639-FR.

J. Taquet (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Examen de demande de modification de zonage – analyse d'études techniques. BRGM/RP-59640-FR.

J. Taquet (2011) – Révision du PPR de Saint-Denis – dossier « Domaine de Fucrèas ». Ré-examen du zonage après analyse d'une étude technique. BRGM/RP-59654-FR. 7 p., 5 fig.

C. Garnier (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Réexamen du zonage des aléas sur les zones

identifiées comme « enjeux communaux » - Compte-rendu de la visite effectuée le 16 février 2011 version 2 - BRGM/RP-59683-FR.

C. Garnier (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Examen de demande de modification de zonage sur certains secteurs ponctuels.- Compte rendu de la visite du 23 février 2011 - BRGM/RP-59663-FR.

V. Bastone (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Examen de demande de modification de zonage sur certains secteurs ponctuels.- Compte rendu de la visite du 02 mars 2011 – Rapport BRGM/RP-59670-FR.

V. Bastone (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Examen de demande de modification de zonage sur certains secteurs ponctuels.- Compte rendu de la visite du 09 mars 2011 – Rapport BRGM/RP-59713-FR.

V. Bastone (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Examen de demande de modification de zonage sur certains secteurs ponctuels.- Compte rendu de la visite du 15 mars 2011 – Rapport BRGM/RP-59749-FR.

V. Bastone (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Examen de demande de modification de zonage sur certains secteurs ponctuels.- Compte rendu de la visite du 23 mars 2011 – Rapport BRGM/RP-59763-FR.

V. Bastone (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Examen de demande de modification de zonage sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite du 30 mars 2011 – Rapport BRGM/RP-59789-FR.

V. Bastone (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Examen de demande de modification de zonage sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite du 06 avril 2011 – Rapport BRGM/RP-59816-FR.

V. Bastone (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Examen de demande de modification de zonage sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite du 13 avril 2011 – Rapport BRGM/RP-59885-FR.

J. TAQUET (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Modification de zonage sur certains secteurs ponctuels. Compte-rendu de la visite du 28 juillet 2011 – Rapport BRGM/RP-60226-FR.

V. Bastone, P. Stollsteiner (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Examen de demande de modification de zonage sur certains secteurs ponctuels. Compte rendu de la visite du 5 octobre 2011 – Rapport BRGM/RP-60423-FR.

V. Bastone (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Examen de demande de modification de zonage sur certains secteurs ponctuels – Rapport BRGM/RP-60448-FR.

V. Bastone (2011) – Commune de Saint-Denis – Plan de Prévention des Risques naturels « inondations et mouvements de terrain » - Intégration des éléments relatifs à l'aval de la Rivière des Pluies - Rapport BRGM/RP-60449-FR.

Annexe 5

Analyse du rapport d'enquête publique



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

BRGM Réunion

5 Rue Sainte Anne
97400 SAINT DENIS

Tél. : 02 62 21 22 14