



Commune de Bandraboua

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES MULTI-ALEAS

« Inondations, mouvements de terrain, sismicité »

A - NOTE DE PRESENTATION

Mai 2019



Le Secrétaire Général
Edgar PEREZ

Avertissement général sur les limites d'étude du document PPRN

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

Le présent **Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles** prend en compte le risque « mouvements de terrain », le risque « inondations » et le risque « sismique ».

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 PPRN a été dressé au regard des risques recensés dans les études antérieures à son établissement et des risques identifiés sur la base des investigations réalisées spécifiquement pour la réalisation du PPRN.

Le zonage réglementaire et le règlement précisent les secteurs soumis à un régime d'interdiction ou d'autorisation avec prescriptions et valent servitude d'utilité publique. Le PPRN est un document qui sera annexé au PLU et en cas de dispositions contradictoires entre ces deux documents, ce sont les dispositions les plus contraignantes qui prévalent. Le présent PPRN a vocation dans l'avenir à évoluer en fonction notamment de la connaissance des phénomènes naturels.

Sommair

1 GÉNÉRALITÉS

- 1.1 Les objectifs de la prévention des risques
- 1.2 Cadre réglementaire d'un PPRN
- 1.3 Constitution d'un PPRN
- 1.4 Procédures d'élaboration et de validation d'un PPRN

2 LE PPRN DE BANDRABOUA

- 2.1 Justification d'un PPRN sur la commune de BANDRABOUA
- 2.2 Composition du PPRN de Bandraboua
- 2.3 Soumission à l'avis de L'autorité Environnementale
- 2.4 Concertation
- 2.5 Présentation de la commune
 - 2.5.1 Situation géographique
 - 2.5.2 Réseau hydrologique et relief
 - 2.5.3 Contexte géologique
- 2.6 Aléas recensés pour le PPRN de BANDRABOUA
 - 2.6.1 L'aléa mouvement de terrain
 - 2.6.2 L'aléa inondation
 - 2.6.3 La sismicité
- 2.7 Les enjeux de la commune de BANDRABOUA
 - 2.7.1 Notion générale d'enjeu
 - 2.7.2 Enjeux ponctuels
 - 2.7.3 Enjeux zonaux
- 2.8 Règlement et cartes de zonage réglementaire

3 LEXIQUE DES SIGLES ET TERMES TECHNIQUES

- 3.1 Sigles
- 3.2 Termes techniques

4 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

5 PRINCIPAUX TEXTES OFFICIELS

- 5.1 Législation - Réglementation
- 5.2 Principales circulaires
- 5.3 Publication de guides

Liste des figures

<i>Illustration 1 - Délimitation du territoire communal de Bandraboua (extrait du Scan25 de l'IGN) et localisation des principaux cours d'eau</i>	11
<i>Illustration 2 - Illustration en 3 dimensions (3D) de la Commune de Bandraboua (Source : Extrait du MNT 1m 2008).</i>	12
<i>Illustration 3 - Les différents types de glissements de terrain (www.georisques.gouv.fr)</i>	14
<i>Illustration 4 - Exemples de chute de blocs</i>	15
<i>Illustration 5 - Schéma du principe d'évaluation de la ligne d'énergie</i>	17
<i>Illustration 6 - Extrait cartographique de l'aléa mouvement de terrain</i>	20
<i>Illustration 7 - Inondations par débordement de cours d'eau ou ravines</i>	21
<i>Illustration 8 - Inondation par stagnation d'eaux pluviales (à gauche) et inondation due à la présence d'un embacle (à droite)</i>	22
<i>Illustration 9 - Reportage photographique de la crue à Bouyouni du 6 Février 2003 – Extrait rapport BRGM/RP-52516-FR</i>	23
<i>Illustration 10 - Morphologie d'un cours d'eau</i>	24
<i>Illustration 11 - Extrait cartographique de l'aléa inondation</i>	25
<i>Illustration 12 - Extrait de la carte d'enjeux de Bandraboua (les couleurs de fond de carte représentent les enjeux zonaux et les enjeux ponctuels sont représentés par les différentes icônes)</i>	28
<i>Illustration 13 - Principe général d'élaboration des zones de risques et des règlements associés</i>	29
<i>Illustration 14 - Extrait de la carte réglementaire de Bandraboua</i>	31

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 - Grille méthodologique d'aide à la qualification de l'aléa mouvement de terrain</i>	19
<i>Tableau 2 - Classification et symbologie de l'aléa mouvement de terrain</i>	20
<i>Tableau 3 - Evaluation d'aléa (pluie d'occurrence centennale) sur les critères de hauteurs d'eau et de pentes applicables en zone urbaine</i>	25
<i>Tableau 4 – Classification et symbologie de l'aléa inondation</i>	25
<i>Tableau 5 - Séismes historiques recensés par le témoignage de la population</i>	26
<i>Tableau 6 - Classification des types d'enjeux ponctuels présents à Bandraboua</i>	27
<i>Tableau 7 - Règles de transcription aléas / enjeux pour le zonage réglementaire</i>	30

Préambule

Ce dossier est le **Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles (PPRN) inondations et mouvements de terrain de la commune de Bandraboua**. Il a été établi conformément aux dispositions législatives instituées par la loi Barnier n° 95-101 du 2 février 1995. Il est régi par les articles L.562.1 à L562.9 et R562-1 à R562-12 du code de l'environnement.

Ce dossier comporte plusieurs documents informatifs et réglementaires :

- ✓ les documents informatifs :
- une cartographie des aléas naturels (inondations et mouvements de terrain) à l'échelle du 1/5 000 ;
- une cartographie des équipements sensibles (enjeux ponctuels) et des secteurs urbains à enjeux (enjeux zonaux) de la commune à l'échelle 1/5 000.

✓ les documents obligatoires :

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

Seuls la cartographie du zonage réglementaire et le règlement sont opposables aux tiers. La loi précitée inscrit en tête de ses dispositions le principe de précaution. Celui-ci pousse les services instructeurs à engager des PPRN sans tarder en s'appuyant sur les connaissances disponibles. En conséquence, la conduite du PPRN 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.

Un lexique à la page 36 explicite les termes techniques et les sigles utilisés.

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 Généralités

1.1 LES OBJECTIFS DE LA PRÉVENTION DES RISQUES

Prévenir les risques naturels, c'est assurer la sécurité des personnes et des biens en tenant compte des phénomènes naturels, afin de permettre un développement durable des territoires.

Ceci en engageant les actions suivantes :

- mieux connaître les phénomènes et leurs incidences ;
- assurer, lorsque cela est possible, une surveillance des phénomènes naturels ;
- sensibiliser et informer les populations sur les risques les concernant et sur les moyens de s'en protéger ;
- prendre en compte les risques dans les décisions d'aménagement ;
- protéger et adapter les installations actuelles et futures ;
- tirer des leçons des événements naturels dommageables lorsqu'ils se produisent.

Le Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles (PPRN) est au coeur de cette politique.

L'ensemble du territoire français, outremer compris, est exposé à des degrés divers, à des aléas naturels tels que les mouvements de terrain, les inondations, la submersion marine, les cyclones, les séismes, mais également l'activité volcanique, les feux de forêts, les avalanches etc... La législation des Plans de Prévention des Risques Naturels prévisibles émane de ce constat et d'une volonté de renforcement de la prévention de ces risques.

Ces phénomènes à risques produisent fréquemment des dommages importants sur les populations et les biens, qui, outre le traumatisme et les drames qu'ils engendrent, ne sont pas sans conséquence sur l'activité économique du territoire.

Afin de lutter contre ces risques, l'État a engagé sur le territoire national, depuis les années 80, une politique de prévention concertée, au sein de laquelle les Atlas des aléas naturels et les Plans de Prévention des Risques Naturels prévisibles sont des outils essentiels.

A **Mayotte**, le climat chaud et humide favorise l'altération des roches volcaniques, propice aux instabilités, tandis que l'intensité des précipitations et parfois des cyclones contribuent à l'érosion, aux mouvements de terrain et aux inondations. Par ailleurs, la position de Mayotte dans la zone de déformation des Comores engendre des séismes qui peuvent notamment favoriser les phénomènes de mouvements de terrain.

Dans ce cadre, le BRGM a établi des Atlas des aléas naturels qui ont vocation à constituer le premier niveau de connaissance des risques naturels à Mayotte. L'élaboration des six atlas sur l'île par le BRGM entre 2002 et 2006¹, s'inscrit dans le cadre des « porter à connaissance » de l'État en matière de prévention des risques naturels.

Le PPRN, second niveau de la démarche, s'inscrit dans la suite logique des Atlas des aléas.

¹ Référence des atlas : RP-53037-FR, mars 2004 / RP-53194-FR, décembre 2004 / RP-53678-FR, juin 2006 / RP-52662-FR, mai 2004 / RP-55077-FR, décembre 2006 / RP-53116-FR, juin 2004

1.2 CADRE RÉGLEMENTAIRE D'UN PPRN

La mise en œuvre, les objectifs et les implications d'un Plan de Prévention des Risques Naturels sont définis notamment par l'**article L562-1 du code de l'environnement** qui indique :

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

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

1° De délimiter les zones exposées aux risques, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles, notamment afin de ne pas aggraver le risque pour les vies humaines, pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;

2° De délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° ;

3° De définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;

4° De définir, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

1.3 CONSTITUTION D'UN PPRN

Conformément à l'article R-562-3 du code de l'environnement, le PPRN est composé :

- **d'une note de présentation** qui présente le secteur géographique concerné, l'analyse des phénomènes pris en compte, les critères de qualification des aléas ainsi que l'étude de leur impact sur les personnes et sur les biens, existants et futurs. Ce rapport justifie les choix retenus en matière de prévention en indiquant les principes d'élaboration du PPRN et commentant la réglementation mise en place.
- **d'une (ou de plusieurs) carte(s) réglementaire(s)** qui délimite(nt) les zones réglementées par le PPRN. Il s'agit bien sûr des zones exposées à des risques mais aussi de zones où des aménagements pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux.
- **d'un règlement** précisant :
 - les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune de ces zones pour les projets nouveaux,
 - les mesures de prévention et de protection et 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. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour leur mise en œuvre.

1.4 PROCÉDURES D'ÉLABORATION ET DE VALIDATION D'UN PPRN

L'établissement d'un Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles est prescrit par un arrêté préfectoral qui détermine le périmètre mis à l'étude et la nature des risques pris en compte.

Le Préfet élabore le PPRN et pourra le modifier par une procédure de révision ou de simple modification.

Le PPRN approuvé par arrêté préfectoral, après mise à enquête publique, vaut **servitude d'utilité publique** (article L 562-4 du Code de l'Environnement). Les collectivités publiques ont l'**obligation d'annexer par arrêté le PPRN au Plan Local d'Urbanisme (PLU ou PLUi)**, conformément à l'article L153-60 du Code de l'Urbanisme, **sans délai à compter de la date de son approbation**. A défaut, l'autorité administrative compétente de l'État est tenue de mettre le président de l'établissement public compétent ou le maire en demeure d'annexer le PPRN au plan local d'urbanisme. Si cette formalité n'a pas été effectuée dans le délai de trois mois, l'autorité administrative compétente de l'État y procède d'office.

La mise en conformité des documents d'urbanisme avec les dispositions du PPRN approuvé n'est, réglementairement pas obligatoire, mais elle apparaît souhaitable de manière à rendre les règles de gestion du sol cohérentes, lorsque celles-ci sont divergentes dans les deux documents. En cas de dispositions contradictoires entre ces deux documents, **ce sont les dispositions les plus contraignantes prévalent**.

Par ailleurs, les manquements à l'application des dispositions d'un PPRN sont passibles des sanctions pénales mentionnées à l'article L562-5 du code de l'environnement.

Les références des principaux textes législatifs sont renseignées au paragraphe 5.1 Législation - Réglementation à la page 40.

2 Le PPRN de Bandraboua

2.1 JUSTIFICATION D'UN PPRN SUR LA COMMUNE DE BANDRABOUA

La commune de Bandraboua est soumise à de fréquents phénomènes naturels d'origine hydraulique (inondation, ruissellement et submersion marine) et ou de type mouvements de terrain (glissements de terrain et chute de blocs). Mayotte est également confrontée à un aléa sismique de niveau 3 (zone de sismicité modérée) sur une échelle allant de 1 à 5.

En parallèle, la commune est passée, d'après le recensement de l'INSEE effectué en 2012, de 9019 habitants en 2007 à 10305 en 2012, soit une évolution démographique d'environ 2.6 % par an.

En raison des évolutions démographiques et économiques attendues sur un territoire particulièrement contraint, il est apparu indispensable de mettre en place un PPRN sur l'ensemble de la commune afin d'orienter son aménagement en tenant compte des risques naturels.

Compte-tenu de la spécificité, de la technicité de la démarche et de sa connaissance des phénomènes sur l'île, l'Etat a confié au groupement SEGC / Hydrétudes l'élaboration du PPRN de Bandraboua. Le préfet de Mayotte a confié à la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL) le soin d'assurer le pilotage de cette action pour le compte de l'Etat. La première cartographie faisant état des aléas naturels sur la commune de Bandraboua a été réalisée par le BRGM en 2004² (Atlas des aléas naturels).

2.2 COMPOSITION DU PPRN DE BANDRABOUA

Le PPRN de la commune de Bandraboua est composé :

- **D'une NOTE DE PRESENTATION** (le présent document),
- **De 2 CARTES D'ALEAS** (mouvements de terrain, inondations par débordement de cours d'eau et de ruissellement urbain), **1 CARTE d'ENJEUX** (ponctuels et zonaux) **et de 1 CARTE DE ZONAGE REGLEMENTAIRE** au 1/5000 découpée en 3 planches qui délimite les zones réglementées par le PPRN,
- **D'un REGLEMENT.**

2.3 SOUMISSION À L'AVIS DE L'AUTORITÉ ENVIRONNEMENTALE

Conformément aux articles L.122-4, R.122-17 et R.122-18 du Code de l'Environnement, ainsi que de l'arrêté préfectoral n° 2016-296-DEAL-DIR-AE relatif à l'évaluation de certains plans et documents ayant une incidence notable sur l'environnement ce projet de PPRN a été soumis à l'examen au cas par cas de l'Autorité Environnementale nationale le 19 avril 2017.

² J.-C. Audru, A. Bitri, J.-F. Desprats, C. Mathon, N. Maurillon, J.-L. Nédellec, O. Jossot, J.-P. Rançon, P. Sabourault, O. Sedan, M. Terrier-Sedan et N. Zornette, avec la collaboration de P. Stollsteiner (Antéa), de S. Guillobez (Cirad), de P. Daniel et de B. Haie (Météo-France) : Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Mamoudzou, Koungou, Dzaoudzi et Pamandzi. Rapport BRGM/RP-53037-FR, 135 p., 65 figures ou photos, 4 tableaux, 72 cartes et 8 annexes.

Celle-ci a rendu sa décision le 14 juin 2017 de ne pas soumettre le projet de PPRN de la commune à évaluation environnementale (voir avis fourni en annexe du projet de PPRN).

2.4 CONCERTATION

Une réunion de concertation autour de la cartographie des aléas a été réalisée le 30 octobre 2015 afin de présenter et de discuter des cartes d'aléas mouvements de terrain et inondations.

Une réunion s'est tenue le 11 février 2016 dans le cadre de la réalisation de la cartographie des enjeux de la commune en mettant à contribution les services de la commune en charge de l'aménagement mais également les élus qui ont une connaissance précise du territoire. Ce travail a ainsi permis d'obtenir une cartographie des enjeux au plus proche de la réalité.

Deux réunions de concertation et d'explication de la carte réglementaire et des partis pris du règlement se sont tenues le 20 octobre 2016 en présence des services techniques et le 07 novembre 2016 en présence d'élus et du Maire de la commune.

Après avoir laissé passer l'année électorale de 2017 et laissé l'opportunité à la commune de mener sous sa maîtrise d'ouvrage des études de précision de l'aléa sur certains secteurs à enjeux (opportunité non saisi par la commune), une dernière réunion de concertation a été menée en présence des services techniques des élus et du Maire de la commune le 19 octobre 2017.

2.5 PRÉSENTATION DE LA COMMUNE

2.5.1 Situation géographique

Mayotte, 375 km², est constituée de deux îles principales et comprend 17 communes.

La Commune de Bandraboua est scindée en plusieurs villages : Bouyouuni, Dzoumogné, Bandraboua, Mtsangamboua et Handréma, situés chacun sur l'embouchure des cours d'eau principaux (illustration 1).

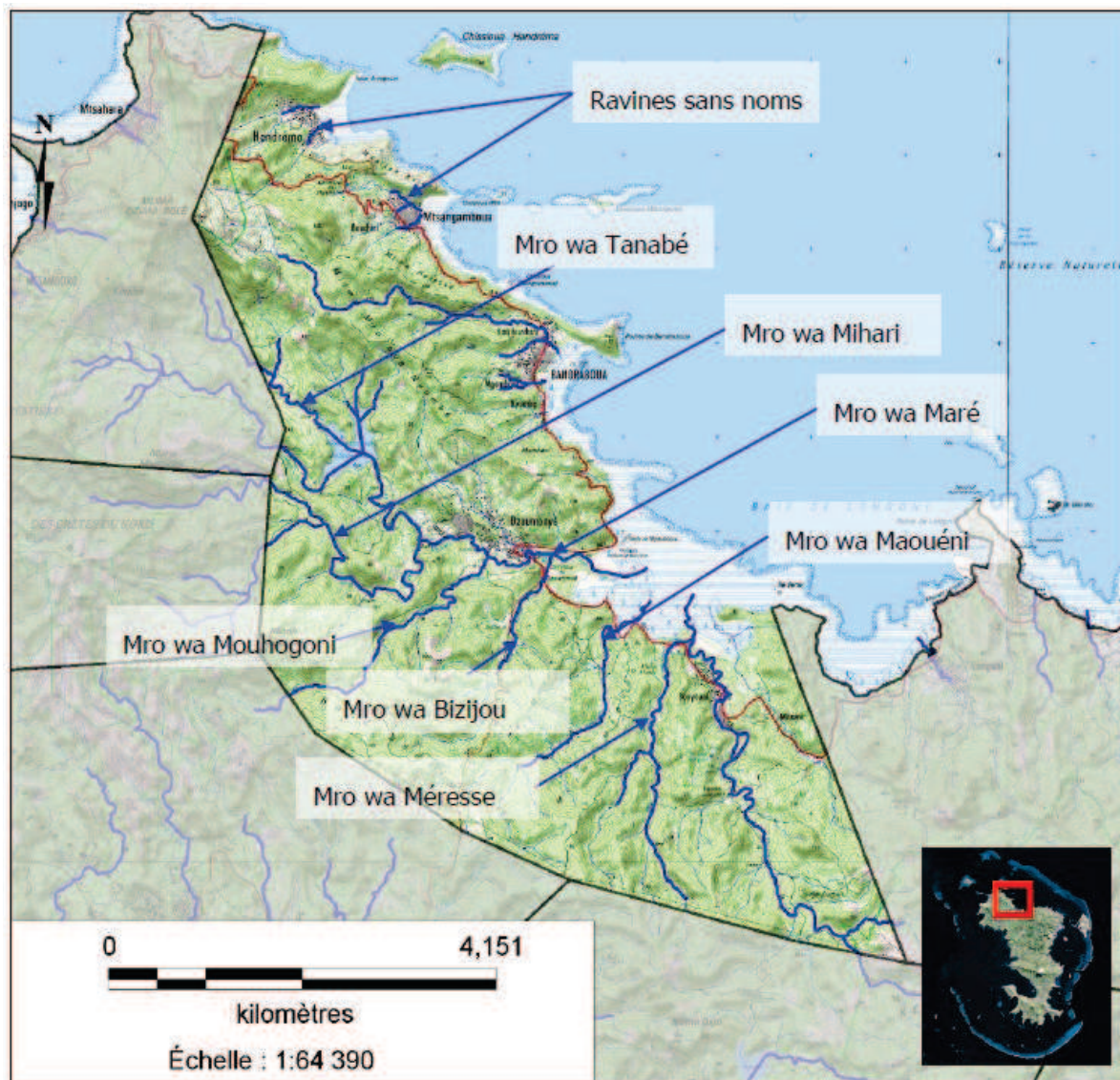


Illustration 1 - Délimitation du territoire communal de Bandraboua (extrait du Scan25 de l'IGN) et localisation des principaux cours d'eau

2.5.2 Réseau hydrologique et relief

La rivière de Dzoumogné est de loin la plus importante des 3 cours d'eau, ce qui se retrouve au niveau des bassins versants. Si les cours d'eaux de Dzoumogné et Bouyouuni sont permanents, fait suffisamment rare à Mayotte pour être noté, les cours d'eau de Bandraboua, Mtsangamboua et Handréma restent intermittents et de faible importance.

Les principaux cours d'eau présents sur la commune sont (illustration 1) :

- Le Mro Bouyouuni traversant le village du même nom,
- Le Mro Mare traversant le village de Dzoumogné,

- La Ravine du Nord de Bandraboua traversant le village de Bandraboua,
- Plusieurs ravines sans nom traversant les villages de Mtsangamboua et Handrema.

D'un point de vue morphologie, les trois villages situés au Nord s'inscrivent au sein de petits amphithéâtres en forme de demi-cercle, tous les deux ouverts vers l'Océan, alors que les parties centrale et Sud de la Commune s'inscrivent dans une morphologie de bassin versant avec de hauts plateaux et des plaines alluvionnaires (illustration 2).

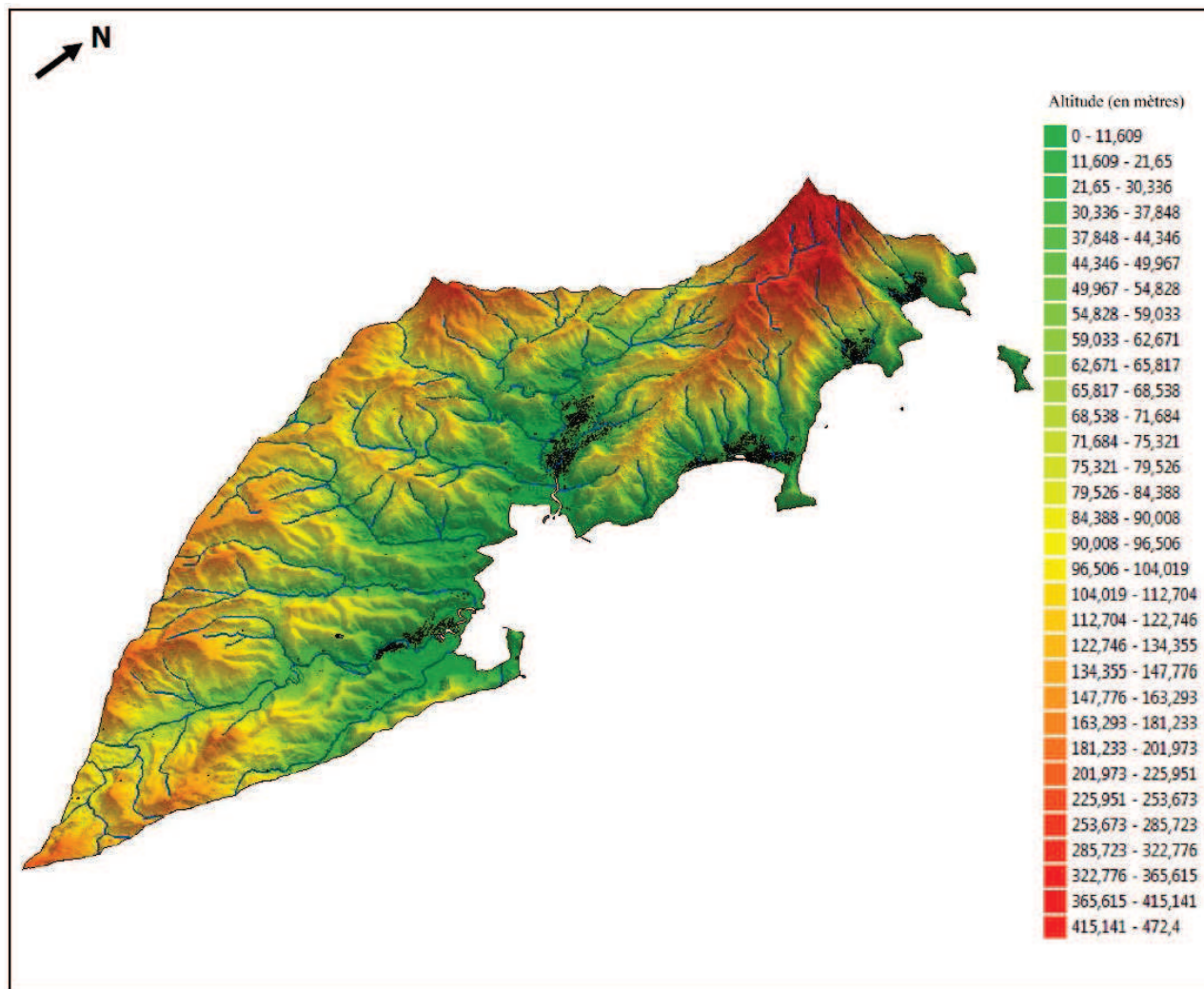


Illustration 2 - Illustration en 3 dimensions (3D) de la Commune de Bandraboua (Source : Extrait du MNT 1m 2008).

Le village de Bouyouni est situé sur la rive gauche la plaine alluviale du cours d'eau principal traversant le village. En amont du village, le cours d'eau est relativement encaissé provoquant des inondations sur le haut du village, en rive droite.

Le village de Dzoumogné est construit au fond d'une vallée située à l'exutoire de nombreuses ravines. Le bassin versant est constitué de pentes élevées en partie haute (supérieure à 35°), générant des écoulements rapides.

La retenue collinaire à la particularité de réguler les écoulements quotidiens, mais n'a à priori que peu d'effet sur les crues rares et exceptionnelles.

Les villages de Bandraboua, Mtsangamboua et Handréma sont situés sur des pentes plus fortes diminuant le phénomène d'épandage des crues par les cours d'eau tel que cela peut exister sur les villages de Bouyouni et Dzoumogné, mais le phénomène d'inondation par débordement de

cours d'eau existe du fait du faible gabarit hydraulique laissé au cours d'eau lors de son franchissement des villages concernés. En effet, l'urbanisation intense a tendance à contraindre fortement l'écoulement des cours d'eau dans leur partie basse, par leur intégration partielle dans le réseau d'évacuation des eaux pluviales. Ce phénomène se traduit ensuite par un ruissellement urbain très intense par endroits.

2.5.3 Contexte géologique

Selon l'hypothèse la plus répandue, l'île de Mayotte a été formée par un point chaud il y a 15 millions d'années. Les formations géologiques qui constituent l'île sont, par conséquent, de nature volcanique. **Le climat tropical humide de Mayotte entraîne une altération prononcée de ces roches à laquelle s'ajoutent la disparition du couvert végétal et l'urbanisation croissante qui accentuent ce phénomène. Les faciès en résultant sont très friables, ayant perdu leur caractéristiques géo-mécaniques, ces roches sont alors propices à des instabilités.**

2.6 ALÉAS RECENSÉS POUR LE PPRN DE BANDRABOUA

Pour la commune de Bandraboua, les aléas naturels pris en compte dans le cadre du présent PPRN sont:

- **l'aléa mouvements de terrain** comprenant les glissements de terrain et les chutes de blocs ;
- **l'aléa inondation** par débordement de cours d'eau ou de ravines et par ruissellement urbain;
- **l'aléa sismique**

Il est à noter que les aléas liés aux vents en cas de tempêtes ou de cyclones ne font pas l'objet d'une étude spécifique dans le cadre de ce document et par conséquent d'une cartographie détaillée.

2.6.1 L'aléa mouvement de terrain

Un **mouvement de terrain** correspond à un déplacement gravitaire de terrains déstabilisés sous l'effet de sollicitations naturelles ou anthropiques (liées aux activités humaines).

Les principaux types de mouvements de terrain rencontrés à Mayotte sont les **glissements** et les **chutes de blocs**.

Dans la plupart des cas, à Mayotte, les glissements de terrain et les chutes de blocs sont des phénomènes étroitement mêlés, justifiant une appellation mixte (associant les deux grandes familles de mouvements de terrain) avec référence à un phénomène dominant.

2.6.1.1 Les glissements impliquant -ou non- des blocs

Un glissement de terrain (cf. Illustration 3) correspond au déplacement d'une masse de matériaux instable le long d'une surface de rupture généralement courbe mais qui peut être plane (discontinuité lithologique). Un glissement de terrain peut être très lent (quelques millimètres par an) à très rapide (supérieure à 2,5 m/sec).

Ce type de mouvement montre généralement les éléments suivants :

- dans sa partie amont, des niches d'arrachement (zone du départ du glissement) avec de brusques ruptures de pente (pentes concaves) et des contre-pentes (pente opposée à une autre);

- dans sa partie aval, un bourrelet de pied (ou frontal) à pente convexe. La poussée exercée par le bourrelet de pied peut se manifester par exemple par un tracé anormal des cours d'eau en aval ;
- une surface topographique bosselée (ondulations, dissémination de blocs de forte taille, etc.) et des indices tels que des arbres inclinés, des fissures dans les bâtiments ou des déformations de chaussées.

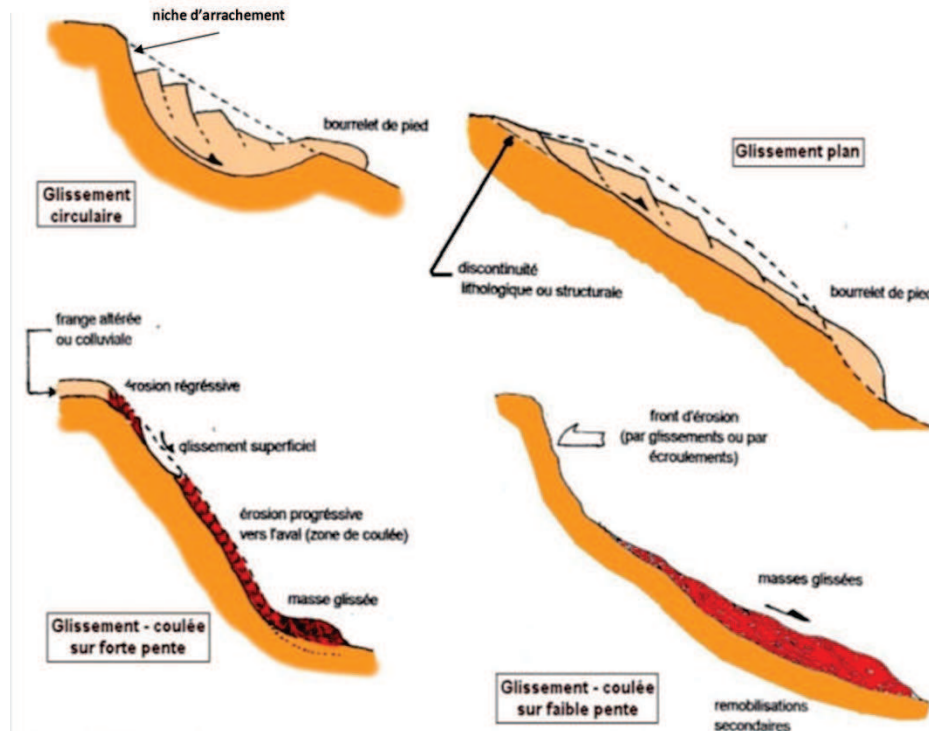


Illustration 3 - Les différents types de glissements de terrain (www.georisques.gouv.fr)

D'autres phénomènes, en particulier lors d'épisodes pluvieux intenses, peuvent accompagner les glissements de terrain :

- Les **coulées de boue** correspondent à un transport de matériaux sous forme plus ou moins fluide et à vitesse élevée. Elles se déclenchent généralement dans des terrains altérés et meubles, saturés en eau et sur des pentes généralement fortes.
- Les **laves torrentielles** correspondent également à un écoulement d'un mélange d'eau, de boue et de blocs de diverses grosseurs mais elles ont généralement une teneur en eau et une vitesse d'écoulement plus élevées qu'une coulée boueuse. Elles ne surviennent que dans des axes d'écoulement préexistants.

2.6.1.2 Les chutes de blocs et les éboulements

Les chutes de blocs et les éboulements sont des **phénomènes rapides** qui mobilisent des masses rocheuses plus ou moins homogènes, sur une paroi verticale ou une forte pente (cf. Illustration 4). Les blocs sont formés par fragmentation des masses rocheuses ou par déchaussement, avant d'être libérés par gravité. Il s'agit de phénomènes **soudains et potentiellement très destructeurs**. Les chutes de blocs ne concernent qu'un nombre réduit de blocs ; les masses sont beaucoup plus volumineuses pour les éboulements.

Les blocs déstabilisés ont une trajectoire variable : la distance parcourue est fonction de la taille et de la forme des blocs, de la pente, de l'amortissement des chocs (couvert végétal, etc.), etc.

L'ampleur du phénomène est enfin liée à la quantité de matériaux au départ ainsi qu'à la topographie de la zone de propagation des blocs éboulés.

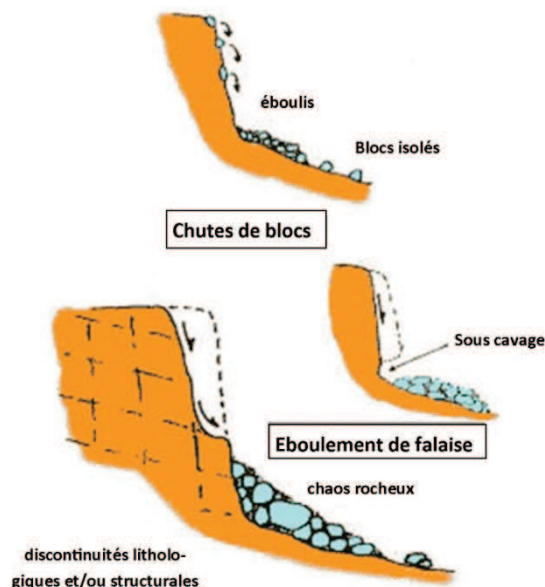


Illustration 4 - Exemples de chute de blocs

2.6.1.3 Conditions d'apparition

Parmi les conditions initiales identifiées comme étant favorables à l'apparition des mouvements de terrain, on distingue les conditions inhérentes au milieu et les facteurs déclenchant.

- Les conditions inhérentes au milieu (facteurs de prédisposition) :
 - **la topographie** ;
 - **le contexte géologique** – les glissements superficiels affectent principalement les formations meubles (colluvions, altérites, alluvions, tuf...). Les chutes de blocs et les éboulements sont observés en milieux rocheux en contrebas de coulées massives de basalte et des dômes de phonolites ainsi que pour les altérites évoluées à blocs ;
 - **les conditions hydrauliques / hydrogéologiques** – contexte tropical ;
 - **le couvert végétal** ou son absence (défrichement).
- Les facteurs de déclenchement (ou facteurs aggravants) d'origine naturelle ou anthropique :
 - **la saturation en eau des terrains** – contexte tropical, saison humide, rejets anthropiques ;
 - **l'intervention humaine** – urbanisation croissante. En zone urbaine ou périurbaine, des glissements sont régulièrement observés dans les talus des routes et des habitations (terrassements, défrichements...) ;
 - **les séismes.**

2.6.1.4 Phénomènes sur la commune de Bandraboua

Aucun phénomène de taille remarquable n'a été recensé sur la Commune. Cependant, la Commune de Bandraboua est régulièrement soumise à des périodes de fortes précipitations et de cyclones, qui engendrent localement des mouvements de terrain.

En effet, des exemples de ces phénomènes (chute de blocs et glissements superficiels) ont été observés après le passage des cyclones Kamisy (Avril 1984), Feliksa (Février 1985)³ et Fame (Janvier 2008)⁴ essentiellement le long des axes routiers. Ces événements sont principalement ponctuels et de faible ampleur (d'ordre métrique, parfois pluri-métrique).

3

Le Journal de Mayotte du 22 Février 1985

2.6.1.5 Aléa de référence

L'aléa de référence correspond usuellement au plus fort événement connu sur chaque zone homogène. L'historique disponible pour les mouvements de terrain ne permet pas de définir un aléa de référence car il n'est pas possible d'affirmer qu'un événement en particulier puisse être le plus important possible. Aussi, **l'aléa de référence se base sur la prédisposition d'une zone à générer des mouvements de terrain sur une période de référence, à savoir le siècle à venir, à dire d'expert.**

2.6.1.6 Méthodologie de qualification de l'aléa

La méthodologie utilisée dans le cadre des PPRN de Mayotte est basée sur les recommandations des guides ministériels⁵.

La construction des cartes d'aléa mouvement de terrain s'appuie principalement et en première approche sur une étude croisée du relief (utilisation du Modèle Numérique de Terrain (MNT) de l'IGN de 2008) et de la nature géologique des terrains (utilisation de la carte géologique de Mayotte du BRGM de 2013) et donc, plus généralement, sur la géomorphologie du terrain (facteurs de prédisposition).

En effet, en fonction du type de formation rencontré, le niveau d'aléa sera différent : de façon très générale plus les terrains seront indurés (roche, etc.) et moins ils seront instables vis-à-vis de la pente, et inversement.

A ce premier travail peut s'ajouter l'étude de 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 augmentent l'exposition d'une zone (facteurs aggravants).

La définition du zonage des aléas mouvement de terrain a ensuite été complétée par une approche naturaliste du type expertise en effectuant des visites de terrain. Le recours à des investigations lourdes (sondages, essais de laboratoire, etc.) ainsi qu'à des études spécifiques (modélisation trajectographique, etc.) a été exclu. Toutefois, les résultats d'études de ce types déjà disponibles lors de l'établissement des cartes d'aléas ou d'investigations ponctuelles réalisées dans le cadre d'examen de demande de modification de zonage pour des projets d'aménagements, ont également été pris en considération dans la définition du zonage.

A partir de la collecte et de l'étude de l'ensemble de ces données, les zonages des aléas mouvement de terrain ont été déterminés par l'application d'une grille méthodologique d'aide à la qualification des aléas (cf). Cette grille a été définie spécifiquement dans le cadre de l'élaboration des PPRN de Mayotte par un groupe de travail constitué de la DEAL Mayotte, des bureaux d'études en charge de l'élaboration des PPRN de Mayotte et du Cerema mandaté à titre d'expert en juin 2013.

De manière générale, pour les quatre premières classes de matériaux (classes 1 à 4) l'aléa glissement de terrain est considéré comme prédominant. Les classes de matériaux 4 et 5 peuvent induire des phénomènes de chute de blocs. La classe 4 peut induire des aléas glissements de terrain et chute de bloc car certaines couches géologiques identifiées dans la carte géologique de 2013 ne permettent pas de distinguer le niveau d'altération des formations, les isaltérites allant du faciès fissuré et légèrement altéré jusqu'au faciès totalement argilisé dans lequel on distingue la structure de la roche mère mais présentant des caractéristiques mécaniques médiocres. De plus,

⁴ D'après relevés, effectués par le BRGM de Mayotte, au niveau des villages de Mtsangamboua et d'Handréma.

⁵ Guide méthodologique « Plans de Prévention des Risques (PPR) de « mouvements de terrain » (paru à la documentation Française – 1999)

le contexte volcanique implique une superposition de plusieurs coulées d'épaisseurs variables et présentant des stades d'altération divers.

Il est important de rappeler que cette grille méthodologique constitue une aide à la décision dans le cadre du travail à dire d'expert mais le travail de terrain prime sur la qualification de l'aléa.

Par ailleurs, il convient de prendre en compte la propagation d'un phénomène mouvements de terrain :

- plus les masses en mouvement sont importantes, plus l'emprise de la zone de départ est grande et plus la zone de propagation potentielle est vaste ;
- plus la pente est importante et plus la zone de propagation sera importante.

Pour la problématique des chutes de blocs, la zone de propagation est cartographiée selon la méthode de la ligne d'énergie décrite sur l'illustration 5. Dans le contexte mahorais, peu soumis à des problématiques de chute de blocs et dans un souci de simplification et vu l'échelle de rendu, les valeurs d'angles retenues (méthode de la ligne d'énergie) pour la cartographie de la propagation de chutes de blocs sont les suivantes :

- Aléa fort : 32°
- Aléa moyen : 26°

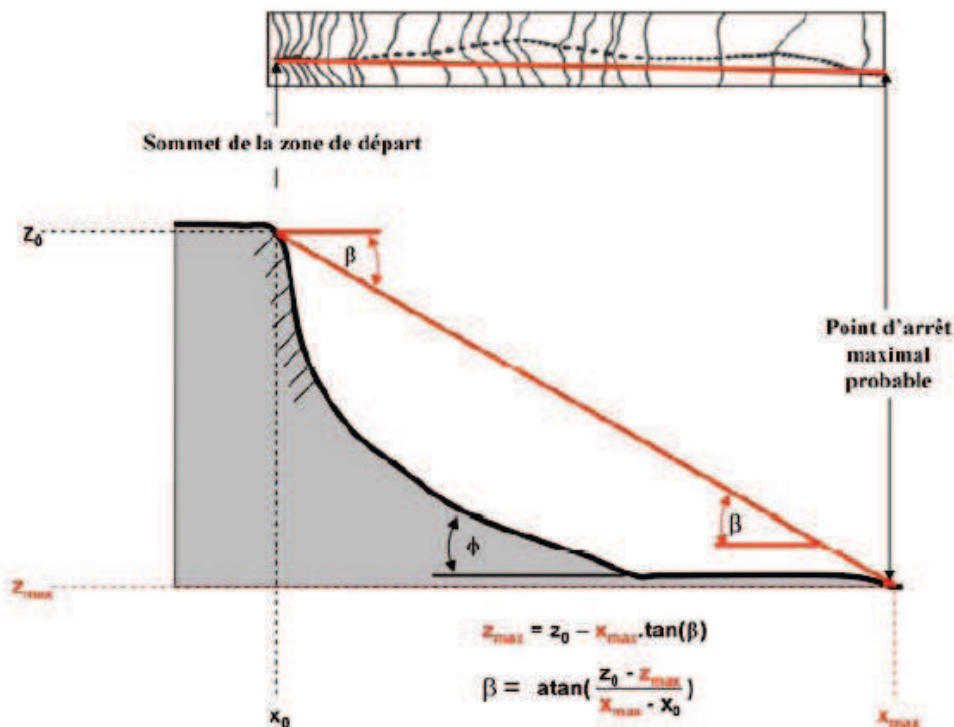


Illustration 5 - Schéma du principe d'évaluation de la ligne d'énergie

Remarque :

- Les phénomènes érosifs liés à l'activité en période de crue des ravines (érosions de berges) ne sont pas intégrés dans la cartographie de l'aléa « mouvements de terrain » mais sont pris en compte dans la cartographie de l'aléa « inondation » (avec notamment la création de zone tampon – de largeur variable - de part et d'autre des axes d'écoulement.

- La cartographie à l'échelle du 1/5 000 de l'aléa mouvements de terrain, élaborée à partir d'une approche naturaliste dans l'état actuel des connaissances sans analyse géotechnique du sous-sol à l'échelle de la parcelle, ne peut engager la responsabilité de SEGC/Hydrétudes en cas d'inadéquation de cette approche cartographique au 1/5 000 avec des observations et des données ultérieures, directes ou indirectes, effectuées à l'échelle de la parcelle.

Facteurs Classe	Pente	Hauteur d'escarpement admissible	Hydrologie proximité ravine, sources	Indices		Facteurs aggravants: érosion, végétation sur barre rocheuse, remobilisation de blocs	Aléa	Qualification aléa
				Bourrelet, moutonnement, arrachement, fissure... (*)	Niveau de fracturation, sous cavage, ouverture des fractures, présence de blocs dans le versant..			
1 – Matériaux remaniés Alluvions, Remblais médiocres Colluvions	< 10°		oui				Faible à modéré	Glissement
	10 à 20°	3 m	non	non		non	Faible à modéré	Glissement
	20 à 25°	3 m	oui / non	non		non	Moyen	Glissement
	> 25°		oui / non	oui / non		Oui/non	Fort	Glissement
2 – Matériaux meubles Allotérite, altérites évoluées (matrice prépondérante), pyroclastites et cinérites non indurées, brèches non indurées remblais de bonne qualité	10 à 20°	5 m	non	non			Faible à modéré	Glissement dominant
	20 à 30°	5 m	oui / non	non		non	Moyen (**)	Glissement
	> 30°		Oui/non	Oui/non		Oui/non	Fort	Glissement dominant
3 – Matériaux meubles Argilites: Kaolinites ou argiles d'altération	< 10°	3 m	oui	non			Faible à modéré	Glissement dominant
	10 à 20°	3 m	non	non		non	Moyen	Glissement dominant
	> 20°		Oui/non	Oui/non		Oui/non	Fort	Glissement dominant

4 – Matériaux raides Altérites à roches majoritaires, pyroclastites ou autres brèches indurées	15 à 25°	5 m	Oui/non	non	Pas de blocs > 5 m ³	Oui/non	Faible à modéré	Phénomène mixte (selon observations terrain)
	25 à 35 °	5 m	Oui/non	non	Oui/non	non	Moyen	Phénomène mixte (selon observations terrain)
	> 35°		Oui/non	Oui/non	Oui/non	Oui/non	Fort	Phénomène mixte (selon observations terrain)
5 –Matériaux rocheux Basalte, phonolite, , Téphrite, Néphéline	Blocs dans la pente - < 26°				Vol < 1 m ³	Oui/non	Moyen (**)	Chute de bloc
	Bloc dans pente > 26 °				Vol > 1 m ³	non	Moyen si purge suffisante, fort si autre parade	Chute de bloc
	Barre rocheuse, falaises	> 5 m			Oui/non	Oui/non	Moyen (1) Fort (2) (***)	Chute de bloc

L'indication « non » dans une case signifie que ce facteur doit être absent pour que l'aléa soit qualifié selon la dernière colonne de la ligne, si le facteur est présent alors l'aléa est surclassé d'un niveau.

L'indication « oui » dans une case signifie que ce facteur doit être présent pour que l'aléa soit qualifié selon la dernière colonne de la ligne, si le facteur est absent alors l'aléa est déclassé d'un niveau.

L'indication « oui/non » dans une case signifie que ce facteur peut être présent ou absent ; il ne modifie pas le niveau d'aléa

(*) Toute zone présentant un glissement déclaré est qualifiée en aléa « Fort » quel que soit les autres critères

(**) La remobilisation de blocs dans un versant peut généralement être traitée par des ouvrages modestes et/ou des purges. Les exceptions sont à justifier.

Classe 5 : les distances de propagation sont évaluées selon la méthode des angles limites :

(1) angle de 26° depuis le haut de la zone de départ

(2) angle de 32° depuis le haut de la zone de départ

(3) (***) cette méthodologie des angles limites est valable uniquement pour les configurations propices (s'applique pour des barres rocheuses avec une pente en aval).

Tableau 1 - Grille méthodologique d'aide à la qualification de l'aléa mouvement de terrain

2.6.1.7 *Symbologie*

L'intensité des aléas selon leur typologie, tels qu'ils apparaissent sur la cartographie des aléas, peut être résumée selon le Tableau 2. Les deux types d'aléas sont souvent très liés, mais la couleur indique uniquement l'aléa dit « dominant ». L'aléa associé est toutefois pris en compte et permet de considérer les phénomènes de propagation de chutes de blocs dans le cas d'un versant soumis à des phénomènes de glissements dominants et vice-versa.

ALEAS		Nature	
		Mouvements de terrain	
		Glissements dominants	Chutes de blocs dominantes
Intensité	Fort		
	Moyen		
	Faible		
	Nul	-	

Tableau 2 - Classification et symbologie de l'aléa mouvement de terrain

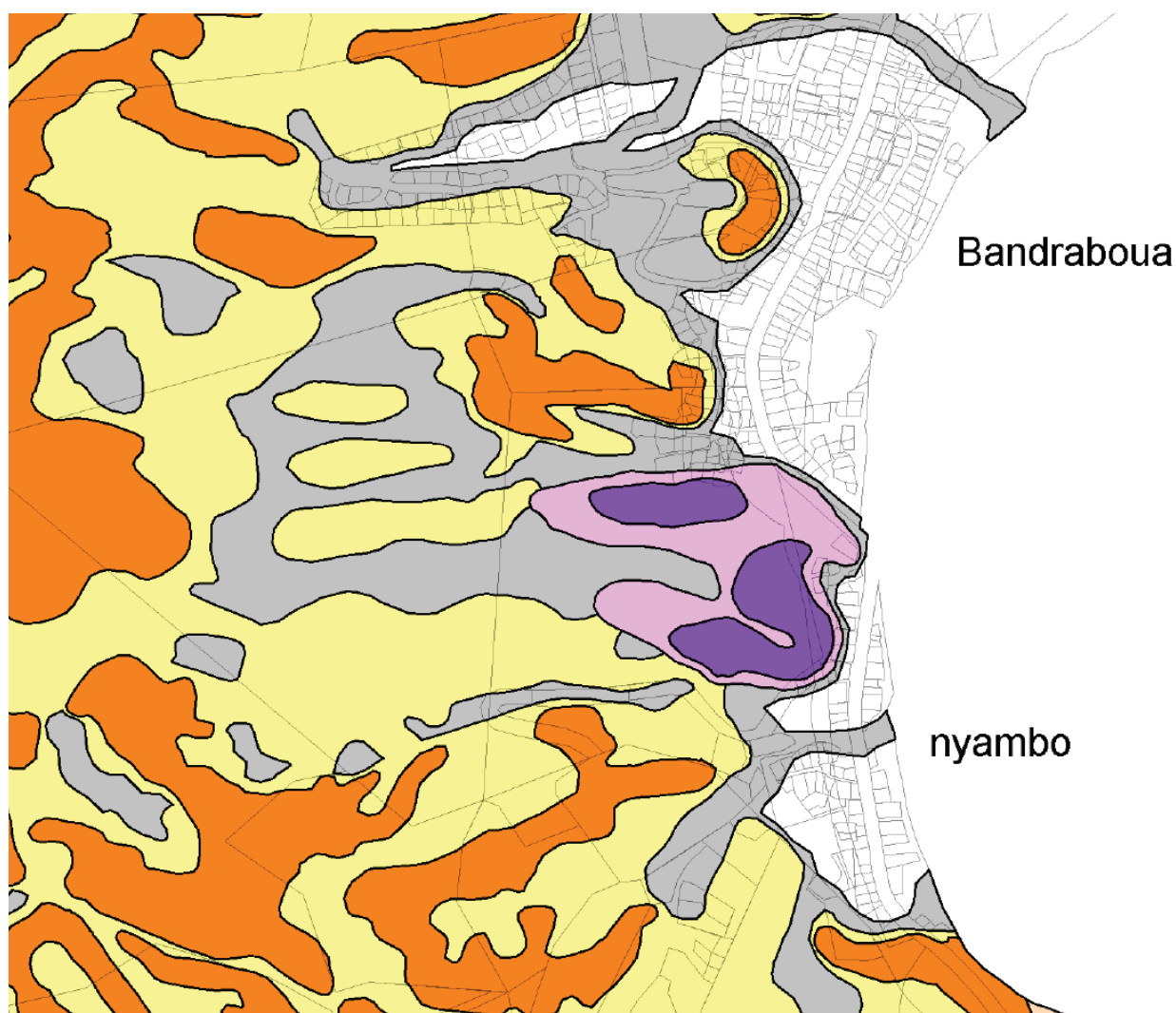


Illustration 6 - Extrait cartographique de l'aléa mouvement de terrain

2.6.2 L'aléa inondation

L'inondation désigne une submersion (recouvrement d'eau) temporaire naturelle ou artificielle d'un espace terrestre.

On distingue différents types d'inondations qui peuvent se produire indépendamment l'une de l'autre, ou bien simultanément, en particulier pendant la saison cyclonique. Il s'agit d'inondations générées par :

- **débordement de cours d'eau**, en différenciant les crues « de plaines » et les crues « torrentielles » ;
- **débordements des réseaux pluviaux** (ou ruissellement urbain) ;
- submersion marine d'origine cyclonique (cet aléa sera traité lors de la réalisation du Plan de Prévention des Risques Littoraux) ;
- inondations par remontées de nappes.

Les zones généralement touchées sont ainsi les zones voisines des cours d'eau pérennes ou non pérennes, les dépressions, les agglomérations et les plaines littorales.

Seules les aléas d'inondation par débordements de cours d'eau d'une part et débordements des réseaux pluviaux (ou ruissellement urbain) d'autre part sont étudiés dans le cadre du présent PPRN de Bandraboua.

2.6.2.1 *Les inondations par débordement de cours d'eau*

Elles résultent de la concentration rapide des eaux de ruissellement dans un cours d'eau (crue), pérenne (rivière) ou non pérenne (ravine) (cf. Illustration 7). Suivant la pente de ce cours d'eau, elles sont considérées comme :

- « **crues torrentielles** » lorsque les vitesses d'écoulement sont rapides et les temps de submersions relativement courts. Ces crues à forte énergie, s'accompagnent généralement de phénomènes d'érosion et de transports solides importants. Elles peuvent être génératrices de dégâts humains et matériels majeurs. La majorité des crues survenant à Mayotte est à ranger dans cette catégorie.
- « **crues de plaine** » lorsque les vitesses d'écoulement sont limitées et les temps de submersion relativement longs. On parlera aussi d'**inondations par stagnation d'eaux pluviales**, liées à une capacité insuffisante d'infiltration des sols (en zone naturelle) et/ou du système d'évacuation (en zone urbaine). Il s'agit classiquement des zones basses littorales à pente et altitude faible.

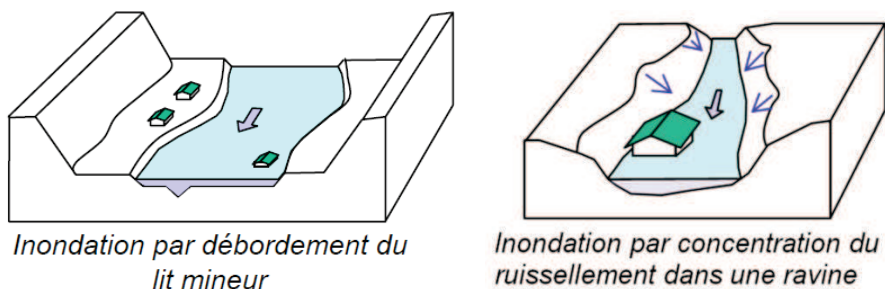


Illustration 7 - Inondations par débordement de cours d'eau ou ravines

2.6.2.2 Les inondations par ruissellement urbain

Par suite de l'imperméabilisation des sols, les débits en secteur urbain peuvent être, lors des pluies intenses, très importants et saturer les réseaux d'évacuation des eaux pluviales. De plus, les ouvrages hydrauliques (buses, dalots, fossés), lorsqu'ils existent, sont parfois inefficaces (mauvaise conception, manque d'entretien, sous-dimensionnement, création d'embâcles). Les débordements occasionnés s'effectuent alors en empruntant généralement les rues avec des hauteurs d'eau relativement limitées mais avec des vitesses très souvent importantes. Ils peuvent ainsi générer des dégâts humains et matériels conséquents (cf. Illustration 8).

On distingue les axes d'écoulement des eaux et les zones d'accumulation des eaux, cette dernière coïncidant en général aux zones d'inondations par stagnation d'eaux pluviales.

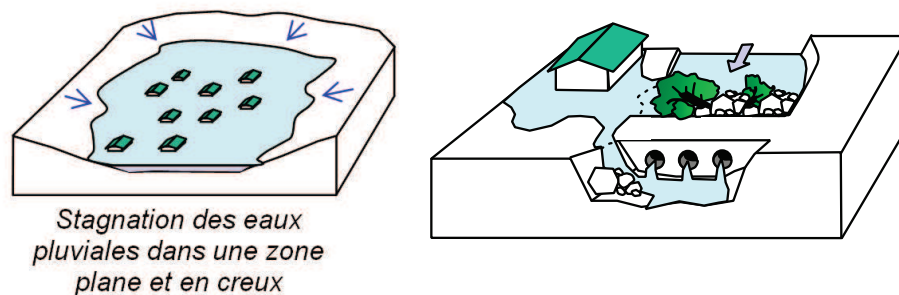


Illustration 8 - Inondation par stagnation d'eaux pluviales (à gauche) et inondation due à la présence d'un embâcle (à droite)

2.6.2.3 Conditions d'apparition

Les conditions et les facteurs aggravants pour une inondation sont :

- **La quantité et l'intensité des précipitations.** L'eau peut provenir de pluies répétées et prolongées, ou d'averses relativement courtes mais intenses. La quantité des précipitations peut contribuer à saturer les sols et augmenter ainsi la quantité d'eau qui ruisselle (coefficient de ruissellement). Ensuite, l'intensité des précipitations, notamment celle survenant durant le temps de concentration du bassin versant (durée maximale nécessaire pour qu'une goutte d'eau précipitée parvienne à l'exutoire du cours d'eau naturel ou artificiel), va générer le débit maximal instantané.
- **Le coefficient de ruissellement** dépend de la nature et de l'occupation du sol. Le ruissellement est d'autant plus faible que la couverture végétale est dense, que les sols sont épais et non saturés par des épisodes pluvieux récents. Inversement, l'imperméabilisation des sols due à l'urbanisation favorise le ruissellement et celles des réseaux diminuent les temps de concentration et augmente donc les débits maximums instantanés.
- **La présence d'ouvrages hydrauliques** (pont, réseau d'évacuation d'eaux pluviales, etc...) **sous-dimensionnés** (débordements) ou **non entretenus** (création d'embâcles)
- **La concomitance d'une crue avec une forte marée ou un cyclone** peut également engendrer une augmentation des hauteurs d'eau et ainsi venir accentuer l'inondation.

2.6.2.4 Phénomènes historiques sur la commune

La Commune de Bandraboua et plus particulièrement le village de Bouyouni a notamment été frappée par des pluies importantes en Février 2003 comme le montre le reportage photographique ci-dessous (illustration 9).

L'enquête historique réalisée dans le cadre de l'élaboration du PPRN fait également ressortir des désordres récurrents observés lors d'épisodes pluvieux fréquents. Ils ne sont cependant ni daté ni quantifiés précisément (absence de laisse de crue).

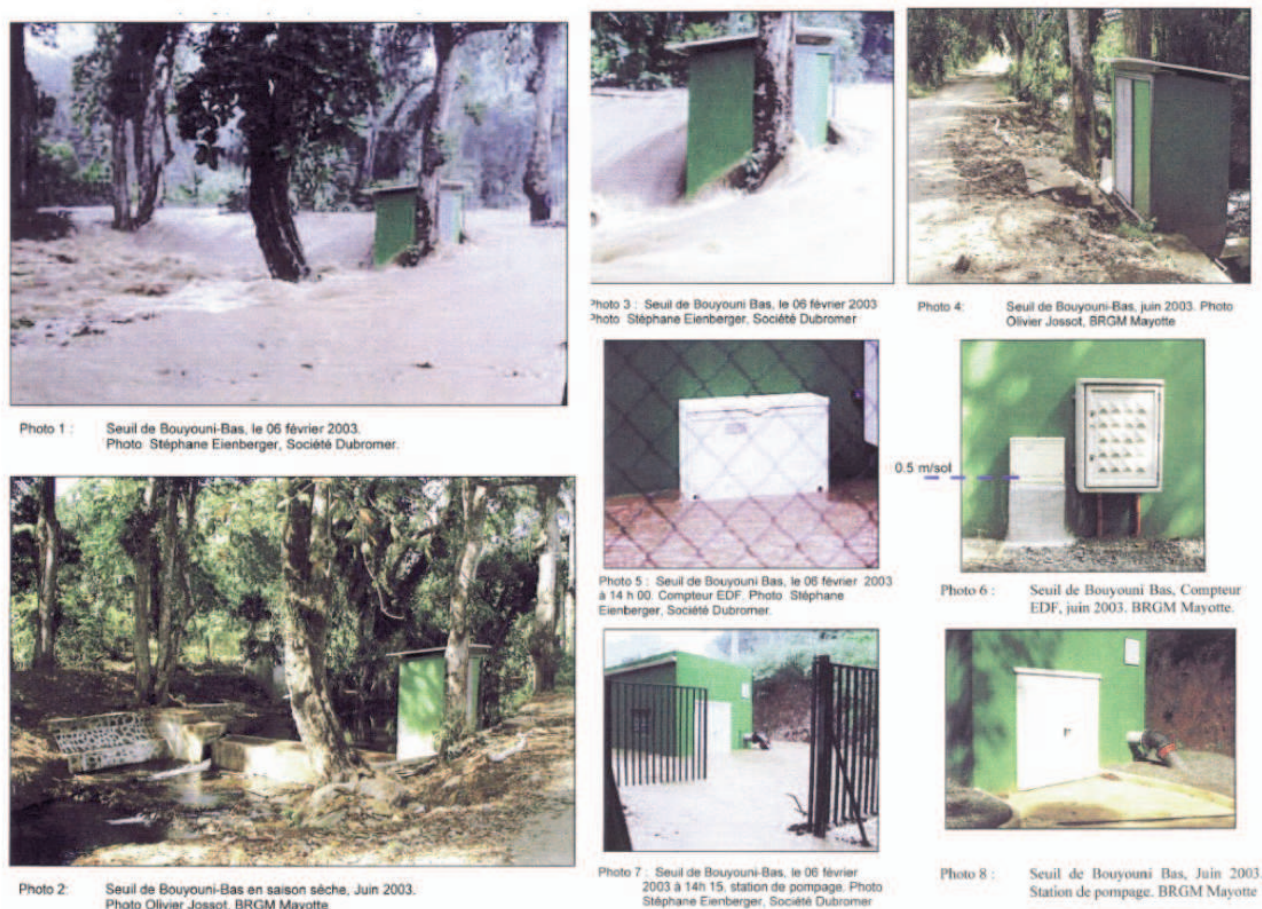


Illustration 9 - Reportage photographique de la crue à Bouyouni du 6 Février 2003 – Extrait rapport BRGM/RP-52516-FR

2.6.2.5 Aléa de référence

L'aléa de référence servant de base à l'élaboration des PPRN inondations correspond à l'évènement centennal ou au plus fort évènement connu, s'il présente une période de retour supérieure à cent ans.

2.6.2.6 Méthodologie de qualifications des aléas

- Inondation par débordement de cours d'eau et ravines

La cartographie de l'aléa inondation établie lors de la réalisation des atlas de risques naturels se base sur une analyse hydrogéomorphologique. La démarche hydrogéomorphologique associe la cartographie des espaces alluviaux, réalisée par des observations de terrain, à l'analyse hydrologique. Cette méthode d'analyse et de cartographie repose sur le croisement de plusieurs types d'informations. Elle couple à la fois les données historiques, les missions de terrain et la photo-interprétation.

Les zones inondables définies pour un aléa de référence centennal correspondent à la morphologie des cours d'eau décrit dans l'illustration 10.

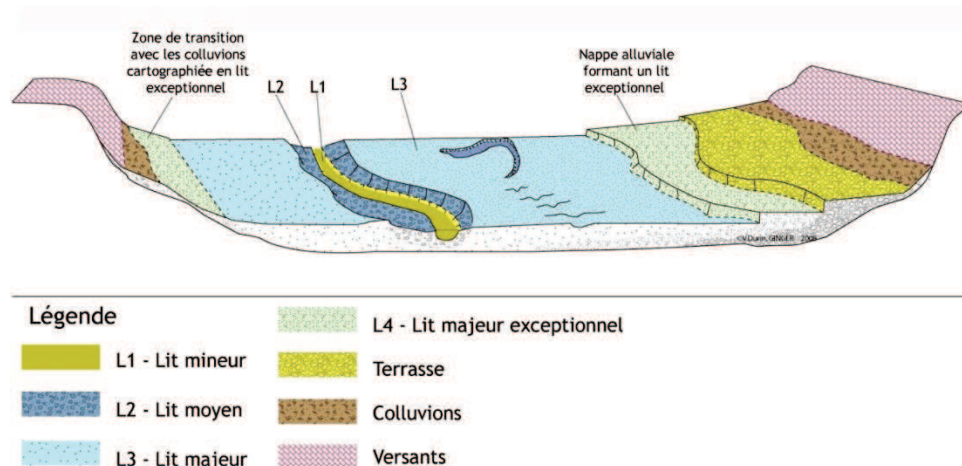


Illustration 10 - Morphologie d'un cours d'eau

Au cours du temps le cours d'eau creuse et façonne le fond des vallées. Il est alors possible de déterminer par des visites de terrain, la photo-interprétation et/ou l'utilisation de données topographiques l'emplacement du lit mineur correspondant à l'aléa fort (bleu foncé sur les cartes d'aléa), le lit moyen correspondant à l'aléa moyen (bleu plus clair) et le lit majeur correspondant à l'aléa faible inondation (bleu clair).

Les ravines non pérennes, au lit peu marqué dans la topographie, ont également été représentées. D'aspect anodin, ces ravines peuvent drainer brutalement une grande quantité d'eau en cas de forte pluie. Le tracé de ces ravines est donc associé à un aléa fort sur les cartes d'aléas.

Pour la réalisation des cartes d'aléas inondations par débordements de cours d'eau et ravines dans le cadre des PPRN, le travail effectué pour les atlas des aléas de 2004 a été repris à l'aide du MNT de l'IGN de 2008 de manière à replacer plus précisément les axes d'écoulement. Lorsque qu'il n'y a pas de modélisation hydraulique spécifique, la cartographie réalisée pour le PPR repose sur :

- une mise à jour des zones inondables définies par analyse hydrogéomorphologique (atlas) réalisée à l'échelle du 1/5 000 sur fond cadastral,
- une analyse complémentaire en zone urbaine reposant sur un diagnostic, visite de terrain et calculs hydrauliques, réalisé sur les ouvrages hydrauliques dont les réseaux d'évacuation des eaux pluviales des communes.

En effet, l'analyse hydrogéomorphologique ne peut être réalisée en zone urbaine où les zones d'écoulement sont directement dépendantes de l'urbanisation et des travaux réalisés. L'analyse en zone urbaine nécessite ainsi une bonne connaissance du réseau pluvial réalisé afin de cerner son efficacité et pouvoir ainsi définir les zones potentielles de débordement.

➤ Inondation par ruissellement urbain

Les données du diagnostic du réseau pluvial élaboré en 2006⁶ couplé à la grille méthodologique (cf. Tableau 3) définis dans la note méthodologique complémentaire sur le ruissellement péri-urbain du MEDD⁷ (Ministère du Développement Durable), établissant la classification de l'aléa en fonction des hauteurs d'eau et des degrés de pente, a permis de définir un niveau d'aléa fort et un niveau d'aléa moyen correspondant à une stagnation des eaux.

⁶ Etude de diagnostic et de définition d'une politique de travaux en matière de gestion des eaux pluviales sur 5 communes de l'île, dont 4 concernées par un PPR, groupement BCEOM-EMO-TEMA, Conseil Général de Mayotte - 2006/2007.

⁷ Plans de prévention des risques naturels. Risques d'inondation (Ruissellement péri-urbain). MEDD, juin 2003

Pente du terrain (%)	Nulle à faible ($p < 0,1\%$)	Moyenne ($0,1\% < p < 0,5\%$)	Forte ($p > 0,5\%$)
Hauteur d'eau (m)			
$H < 0,2$	faible	faible	moyen
$0,2 < H < 0,5$		moyen	fort
$0,5 < H < 1$	moyen	fort	fort

Tableau 3 - Evaluation d'aléa (pluie d'occurrence centennale) sur les critères de hauteurs d'eau et de pentes applicables en zone urbaine

2.6.2.7 Symbologie

L'intensité de l'aléa inondation selon leur typologie, tels qu'ils apparaissent sur la cartographie des aléas, peut être résumée selon le Tableau 4 :

ALEAS		Nature	
		Hydraulique	
		Par débordement	Ruissellement urbain
Intensité	Fort	(écoulement souterrain)	
	Moyen		
	Faible	-	-
	Nul	-	-

Tableau 4 – Classification et symbologie de l'aléa inondation

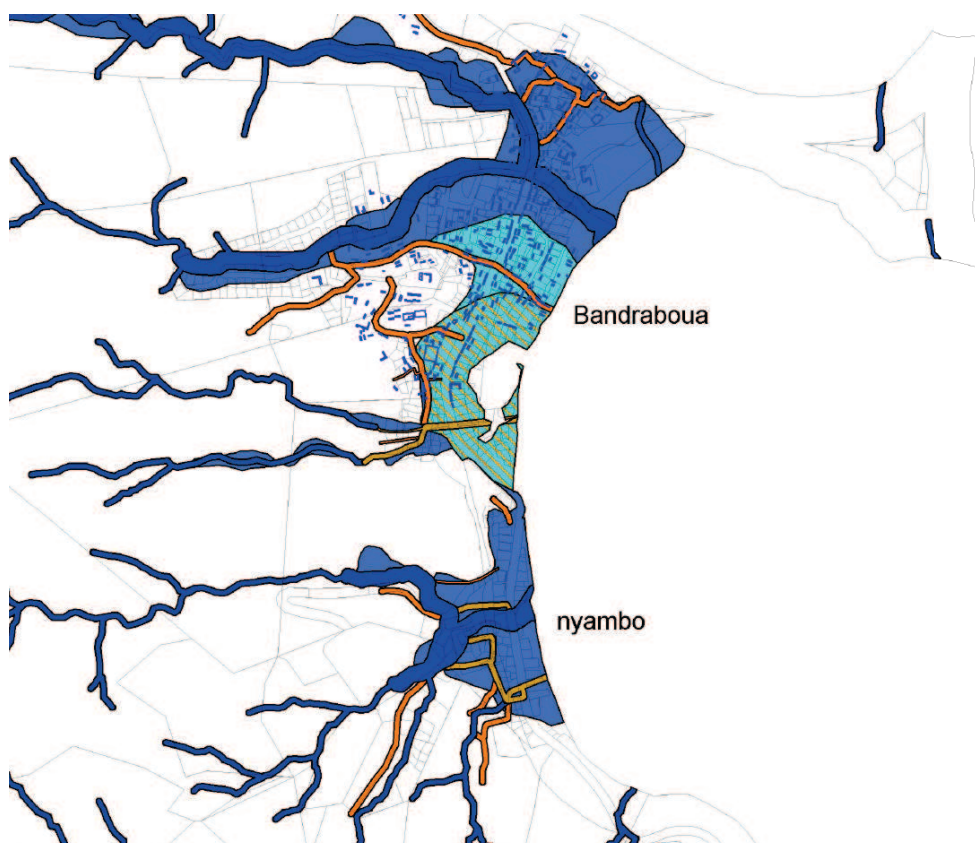


Illustration 11 - Extrait cartographique de l'aléa inondation

2.6.3 La sismicité

2.6.3.1 *Les séismes et leurs effets*

Un séisme, ou tremblement de terre, se traduit par des vibrations du sol. Il provient de la fracturation de roches en profondeur et se déclenche lors de la libération brutale de l'énergie accumulée.

Les séismes peuvent avoir deux types d'effets :

- des effets directs : les vibrations sont amplifiées par des reliefs ou des sous-sols particuliers. On parle alors d'effets de site.
- des effets indirects : ce sont les mouvements de terrain (glissements de terrain et chutes de blocs) qui sont provoqués par les vibrations ; il y a aussi la liquéfaction (les sols vaseux ou sableux saturés d'eau deviennent liquides).

L'ensemble du département de Mayotte est classé en zone 3 de sismicité « modérée » (décrets n°2010-1254 et 2010-1255).

Les zones susceptibles de présenter des effets directs ou indirects sur la commune de Bandraboua sont principalement : les mangroves, les zones basses du littoral et des estuaires de Bouyouni à Dzoumogné ; le littoral à Bandraboua ; ainsi que les sommets et crêtes des reliefs les plus importants (Mlima Hassové par exemple).

2.6.3.2 *Phénomènes historiques*

Peu d'information antérieure aux années 1960 existe. Les séismes les plus anciens ont pu être identifiés suite à des témoignages de la population⁸.

Date	Commentaires
1606	Mtزامboro : destruction de la mosquée et de la jetée
1679	Tsingoni : destruction de la mosquée et tombeau fissuré
1788	Sada : mosquée fissurée et mouvement de terrain
1829	Sada, M'Tsapéré, Koualé : des maisons détruites dont celle du sultan Issa à Koualé
16/01/1936 10:58	Combani : dommages sur un bâtiment d'usine coloniale

Tableau 5 - Séismes historiques recensés par le témoignage de la population

Jusqu'il y a peu, le plus fort séisme enregistré sur Mayotte a eu lieu le 1er décembre 1993 avec une magnitude de 5,2 sur l'échelle de Richter avec un épicentre situé à 40 km à l'Ouest de Mayotte. Plus récemment, une nouvelle activité, dite « en essaim » est en cours depuis le 10 mai 2018 ayant générés plus d'un millier de séismes de faibles magnitudes, plus d'une vingtaine de magnitude supérieure à 5 et dont une secousse de magnitude 5.8, la plus forte jamais enregistrée dans l'archipel des Comores, le 15 mai 2018 à 18:48 heure locale. L'activité de cet essaim se situe selon les phases entre 35-60 km de distance à l'Est de Mamoudzou.

2.6.3.3 *La sismicité dans le PPRN de Bandraboua*

Le PPRN de Bandraboua ne présente pas de carte dédiée à cet aléa. Par contre, il se réfère aux cartes de susceptibilité à la liquéfaction des sols éditées par le BRGM, disponible sur le site

⁸ Catastrophes : Mayotte perd sa mémoire ! Catastrophes naturelles et mémoire collective à Mayotte. Mémoire de DEA de Géographie. Said Hachim. Septembre 2004

nfoterre.brgm.fr. Ces cartes, permettent de circonscrire les zones où la nature du sol peut amplifier les dommages occasionnés par les séismes.

2.7 LES ENJEUX DE LA COMMUNE DE BANDRABOUA

2.7.1 Notion générale d'enjeu

Les enjeux correspondent à l'ensemble des habitants, des biens personnels et surtout immobiliers, des activités, des moyens de communication, du patrimoine culturel, des sites à protéger (secteurs à caractère environnemental ou historique fort, ZNIEFF, réserve naturelle, etc...).

L'appréciation des enjeux passe d'abord par l'analyse des différents types d'occupation et d'usage du sol actuels et projetés au travers notamment des différents schémas d'urbanisme et d'aménagement du territoire (PLU, zones protégées, NPRU...).

Le recensement et la cartographie des enjeux ont conduit à différencier deux formes principales : les enjeux zonaux et les enjeux ponctuels.

2.7.2 Enjeux ponctuels

Les enjeux ponctuels identifiés sur la commune de Bandraboua ne sont pas pris en compte dans l'établissement de la carte réglementaire mais ils sont importants dans le cas d'une gestion de crise puisqu'ils permettent de localiser les hôpitaux, écoles, gymnases et autres structures permettant d'accueillir du public. L'emplacement de ces enjeux provient conjointement des bases de données de la DEAL et de l'IGN. Certains enjeux ponctuels ont également été ajoutés à la suite des différentes réunions de concertation.

Les enjeux ponctuels recensés à Bandraboua sont regroupés en 9 catégories principales (Tableau 6) :

Bâtiments publics	Bâtiments communaux, administratifs, mairie, préfecture, conseil départemental, gymnase, complexes sportifs
ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement)	Stockage de véhicules hors d'usages, Exploitation de carrière,
Sécurité publique	Caserne pompiers, croix rouge, police, refuges (ORSEC)
Etablissements scolaires	Crèches, écoles maternelles, écoles primaires, collèges, lycées
Equipements structurants	Amphidrome, barge, ponton, station-service, transformateur
Lieux de soins	Dispensaire, hôpital
Eau	Captage AEP, eaux usées, réservoirs AEP, traitement AEP
Autres équipements	Cimetières, mosquées, église, jardin public, marché
Projets	Projets d'écoles

Tableau 6 - Classification des types d'enjeux ponctuels présents à Bandraboua

2.7.3 Enjeux zonaux

Les enjeux zonaux ont fait l'objet d'une cartographie à partir des zones d'occupation du sol définies par l'établissement de la tache urbaine de la commune. Cette tache urbaine est construite

à partir des infrastructures et des bâtiments existants sur la BD TOPO de 2013. L'étendue de cette tache urbaine a ensuite été mise à jour à la suite des réunions avec le service technique de la mairie chargée de l'urbanisme et les élus. Ces derniers ont également complété la carte en identifiant leurs zones dites de « Projets à 5 ans » correspondant à des projets de construction de la part de la commune à horizon cinq ans.

Les documents d'urbanisme de la commune ont également été représentés sur les cartes d'enjeux avec les différents zonages du PLU (Zones urbaines, zones à urbaniser, zones agricoles, zones naturelles et les emplacements réservés).

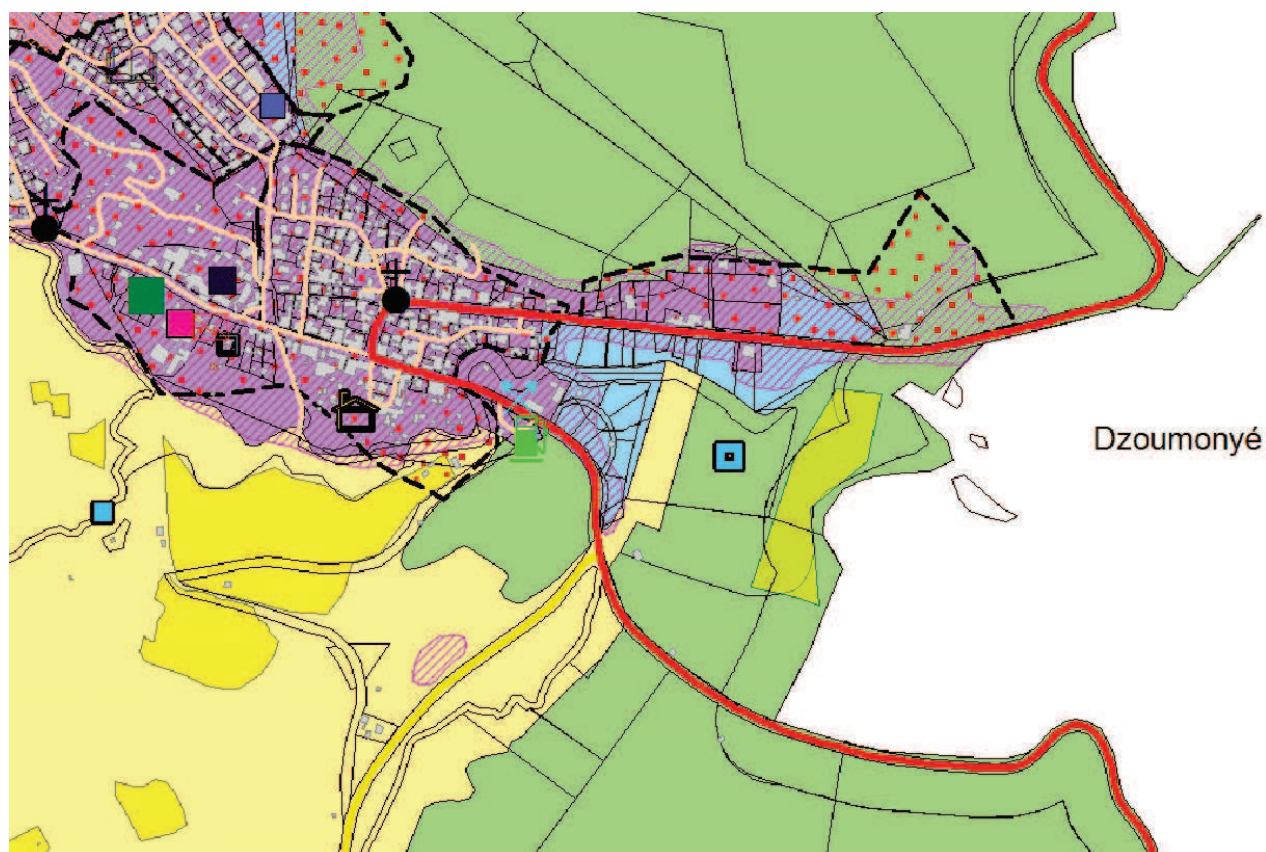


Illustration 12 - Extrait de la carte d'enjeux de Bandraboua (les couleurs de fond de carte représentent les enjeux zonaux et les enjeux ponctuels sont représentés par les différentes icônes)

2.8 RÈGLEMENT ET CARTES DE ZONAGE RÉGLEMENTAIRE

Pour rappel, dès la validation des PPRN à la suite de l'enquête publique, le zonage réglementaire et le règlement associé sont opposables aux tiers.

Le zonage réglementaire est obtenu par croisement des cartes d'aléas et des cartes d'enjeux. La cartographie du zonage réglementaire et le règlement résultent du principe général d'élaboration présenté sur l' suivante.

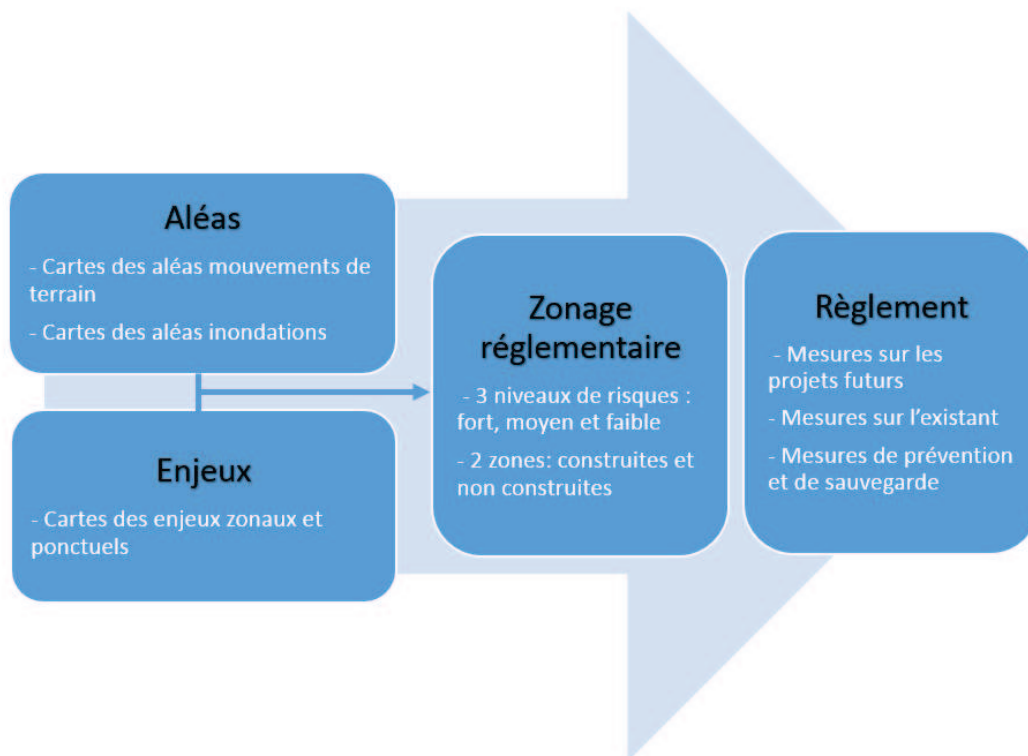


Illustration 13 - Principe général d'élaboration des zones de risques et des règlements associés

Le travail sur les enjeux zonaux a permis d'identifier deux types de zones dans le règlement du PPRN :

- **Les secteurs urbanisés ou destinés à l'urbanisation** à court terme, dites **zones construites**, identifiés par :
 - La tache urbaine
 - Les emplacements réservés, les zones urbaines et à urbaniser identifiés dans le PLU
 - Les projets à cinq ans de la commune
 - Les zones d'habitats informels identifiées par la phase 1 du PCLHI
- **Les secteurs non urbanisés ou naturels**, dites zones non construites, dans lesquelles il convient de ne pas augmenter la vulnérabilité. Ces secteurs correspondent aux zones agricoles et naturelles du PLU.

Un lissage de la cartographie des enjeux a ensuite été réalisé afin de supprimer les zones non construites de faible surface au sein d'une plus grande zone construite. Les zones non construites inférieures à 1000 m² entourées de zones construites ont alors été intégrées aux zones construites. Ce principe de lissage a été défini en concertation avec la DEAL.

En croisant aléas et enjeux, il a été défini trois niveaux de risques (fort, moyen et faible) dans deux types de zones (construite et non construite). Ce zonage est associé à un règlement qui présente les interdictions, prescriptions et recommandations spécifiques à chacune des zones ainsi définies.

Le Tableau 7 présente l'ensemble des zones de risque retenues dans le cadre de ce PPRN. Un code couleur est utilisé en fonction du croisement entre le niveau des aléas (mouvement de terrain et inondations) et la nature de la zone considérée (« zones construites ou à urbaniser à court terme (C) » ou « Zones non construites à préserver de l'urbanisation (N) »).

	Principe général (constructibilité / inconstructibilité) pour la réglementation de la zone	
Niveaux de l'aléa le plus intense	Zones construites ou à urbaniser à court terme (C)	Zones non construites à préserver de l'urbanisation (N)
Aléa Fort - 3	Inconstructible	Inconstructible
Aléa moyen - 2	Constructible avec prescriptions	Inconstructible
Aléa faible - 1	Constructible avec prescriptions	Inconstructible
Aléa nul - 0	Constructible	Constructible

Tableau 7 - Règles de transcription aléas / enjeux pour le zonage réglementaire

Dans ce Tableau 7, on distingue :

- **des zones rouges qualifiées de « inconstructibles » :**

Elles correspondent aux secteurs urbanisés et non urbanisés réputés à risques forts. Dans ces zones, toutes occupations et utilisations du sol sont interdites, sauf autorisations dérogeant à la règle commune. Certains aménagements tels que les ouvrages de protection ou les infrastructures publiques qui n'aggravent pas l'aléa peuvent notamment être autorisés.

Les bâtiments existants dans ces zones, à la date d'approbation du présent PPRN, sont maintenus en place, dans la mesure où il n'y a pas de menace grave pour les vies humaines. Des prescriptions particulières de réduction de la vulnérabilité, telles que prévues par l'article L-562-1-II-4 du code de l'environnement, peuvent y être rendues obligatoires.

- **des zones bleues qualifiées de « constructibles avec prescriptions » :**

Elles correspondent aux secteurs urbanisés ou à urbaniser à court terme réputés à risques moyens (bleu foncé) ou faibles (bleu clair). Elles sont a priori constructibles, sous conditions de conception, de réalisation, d'utilisation et d'exploitation de façon à ne pas aggraver l'aléa, à rendre compatible l'aménagement avec le risque encouru et à ne pas accroître la vulnérabilité des biens et des personnes.

- **des zones jaunes qualifiées de « inconstructible » :**

Elles correspondent aux secteurs non urbanisés réputés à risque moyens (jaune foncé) ou faibles (jaune clair). Elles n'ont pas pour vocation à être urbanisées. La conservation des espaces naturels et notamment des champs de prévention des crues, permet de ne pas aggraver le risque.

- **Des zones non colorées :**

Les zones non colorées sur la cartographie du zonage réglementaire sont considérées comme non exposées ou peu exposées aux phénomènes naturels pris en compte dans ce PPRN ou,

concernant en particulier le volet inondation, exposées à des phénomènes de période de retour supérieure au phénomène de référence retenu.

Les différentes zones sont également identifiées par un code à quatre caractères (une lettre et trois chiffres) permettant de déterminer le type de zone (construite ou non construite) et la nature et le niveau de l'aléa en présence :

- **La lettre** déterminera si la zone est considérée comme urbanisée ou non :
 - **N** pour zone Non construite ou Naturelle à préserver de l'urbanisation et/ou champs d'expansion de crues
 - **C** pour zone Construite ou à urbaniser à court terme
- **Le premier chiffre** déterminera le niveau d'aléa mouvement de terrain (glissements et chutes de blocs) :
 - 0 – nul, 1 – faible, 2 – moyen, 3 – fort
- **Le deuxième chiffre** indiquera le niveau d'aléa inondation par débordement de cours d'eau :
 - 0 – nul, 1 – faible, 2 – moyen, 3 – fort
- **Le troisième chiffre** indiquera le niveau d'aléa ruissellement urbain :
 - 0 – nul, 2 – moyen, 3 – fort

Ainsi, une zone non construite à préserver de l'urbanisation d'après la cartographie des enjeux en aléa fort mouvement de terrain et aléa moyen inondation par débordement de cours d'eau sera indiquée N320. Une zone construite ou à urbaniser à court terme en aléa faible mouvement de terrain et en aléa fort ruissellement urbain sera indiquée C103.

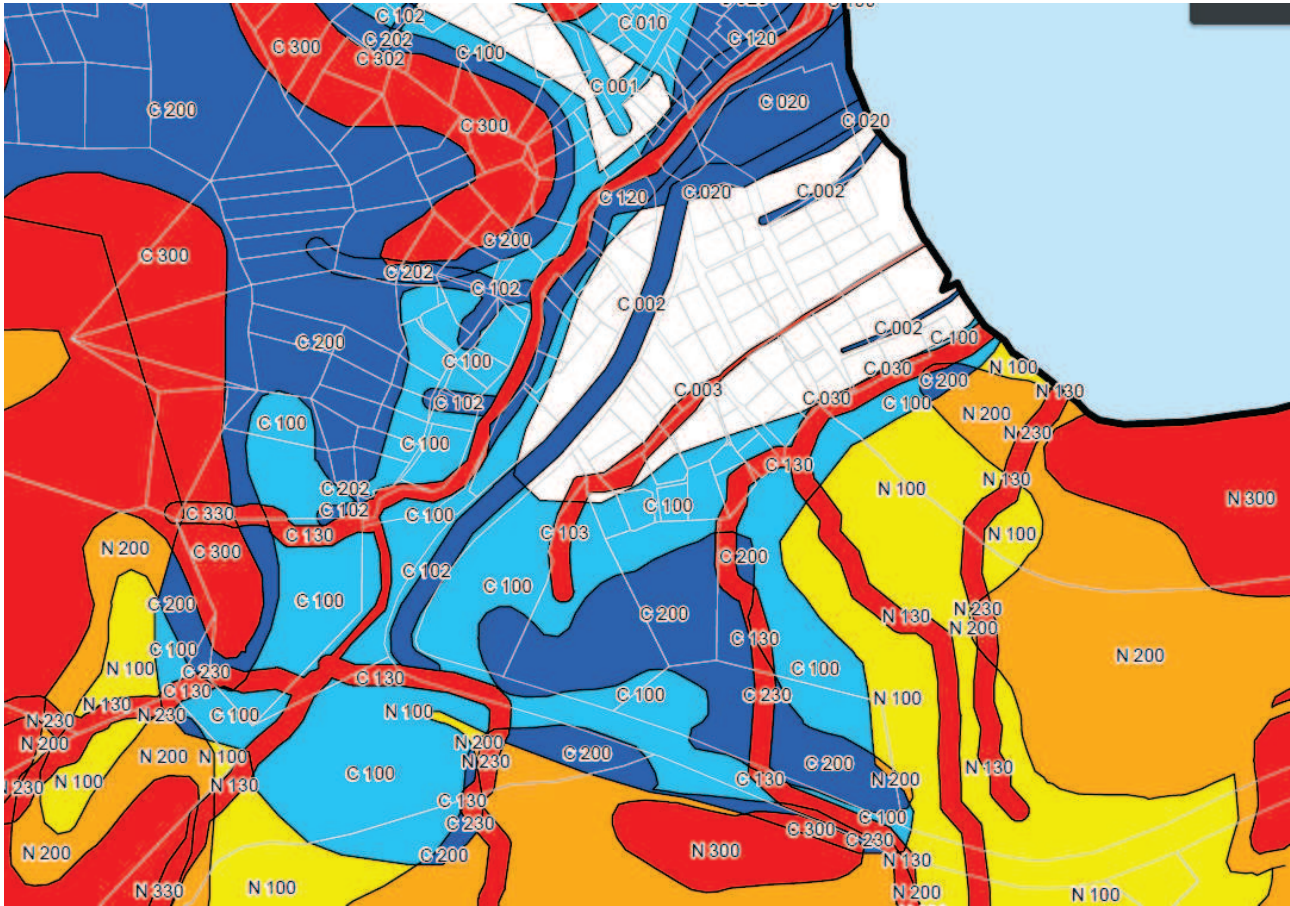


Illustration 14 - Extrait de la carte réglementaire de Bandraboua

3 Lexique des sigles et termes techniques

3.1 SIGLES

A.E.P	Alimentation en Eau Potable
I.C.P.E.	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
M.N.T	Modèle Numérique de Terrain
N.P.R.U	Nouveau Programme de Renouvellement Urbain
O.R.S.E.C	Organisation de la Réponse de SEcurité Civile
P.C.L.H.I	Plan Communal de Lutte contre l'Habitat Indigne
P.L.U.	Plan Local d'Urbanisme
P.P.R.N	Plan de Prévention des Risques Naturels
P.P.R.I	Plan de Prévention des Risques Littoraux
Z.N.I.E.F.F	Zone naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique
Organismes / Administrations	
B.R.G.M.	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
D.E.A.L	Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
I.G.N.	Institut national de l'information géographique et forestière
I.N.S.E.E.	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
M.E.D.D	Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable

3.2 TERMES TECHNIQUES

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

Aléa de référence : L'aléa de référence est le niveau d'aléa choisi pour la gestion du risque. Par exemple, l'aléa de référence servant de base à l'élaboration des PPRN inondations correspond à l'évènement centennal ou au plus fort évènement connu, s'il présente une période de retour supérieure à cent ans.

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

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.

Coefficient de ruissellement : C'est le rapport entre le volume d'eau ruisselé et le volume d'eau précipité. Le coefficient de ruissellement dépend de l'imperméabilisation des sols, de la densité de végétation, la nature du sol, la fréquence des pluies...

Concave : Qui présente une forme ou surface en creux (opposé à convexe).

Convexe : Qui présente une forme ou une surface bombée (opposé à concave).

Crue : c'est l'augmentation du débit du cours d'eau, pendant une durée plus ou moins longue, consécutive à des averses plus ou moins importantes.

Débit maximal instantané : Il s'agit du débit d'eau maximal d'un cours d'eau sur une période donnée.

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 et constituant ainsi une retenue d'eau en amont.

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.

Modèle Numérique de Terrain : Relevé par laser de la topographie du sol correspondant à Mayotte à un point par mètre et une précision de 10 cm en altimétrie.

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

Niche d'arrachement : Cavité sur un versant, limité par un abrupt à l'amont, et correspondant au départ d'un glissement de terrain.

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

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 : Possibilité qu'un phénomène naturel menace des enjeux et puisse entraîner des pertes en vies humaines, ou des dommages sur les biens et en activités. *Le risque est le produit d'un aléa et d'un enjeu.*

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

Sols saturés : Un sol saturé correspond à un sol dont tous les vides sont remplis par de l'eau.

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

Temps de concentration : Le temps de concentration correspond au temps maximal nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exécutoire de ce bassin hydrologique.

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.

4 Références bibliographiques

Référence des atlas : RP-53037-FR, mars 2004 / RP-53194-FR, décembre 2004 / RP-53678-FR, juin 2006 / RP-52662-FR, mai 2004 / RP-55077-FR, décembre 2006 / RP-53116-FR, juin 2004

J.-C. Audru, A. Bitri, J.-F. Desprats, C. Mathon, N. Maurillon, J.-L. Nédellec, O. Jossot, J.-P. Rançon, P. Sabourault, O. Sedan, M. Terrier-Sedan et N. Zornette, avec la collaboration de P. Stollsteiner (Antéa), de S. Guillobez (Cirad), de P. Daniel et de B. Haie (Météo-France) : Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Bandraboua, Koungou, Dzaoudzi et Pamandzi. Rapport BRGM/RP-53037-FR, 135 p., 65 figures ou photos, 4 tableaux, 72 cartes et 8 annexes.

Plans de prévention des risques naturels. Risques d'inondation (Ruissellement péri-urbain). MEDD, juin 2003

Catastrophes : Mayotte perd sa mémoire ! Catastrophes naturelles et mémoire collective à Mayotte. Mémoire de DEA de Géographie. Said Hachim. Septembre 2004

Guide méthodologique « Plans de Prévention des Risques (PPR) de « mouvements de terrain » (paru à la documentation Française – 1999)

Etude de diagnostic et de définition d'une politique de travaux en matière de gestion des eaux pluviales sur 5 communes de l'île, dont 4 concernées par un PPR, groupement BCEOM-EMO-TEMA, Conseil Général de Mayotte - 2006/2007.

5 Principaux textes officiels

5.1 LÉGISLATION - RÉGLEMENTATION

1. Loi n°82.600 du 13 juillet 1982, relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles ;
2. 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 ;
3. 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) ;
4. Décret d'application n° 95.1089 du 05 octobre 1995 relatifs aux plans de prévention des risques naturels prévisibles ;
5. 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) ;
6. Décret d'application n°2011.765 du 28 juin 2011 relatif à la procédure d'élaboration, de révision et de modification des PPR naturels.

5.2 PRINCIPALES CIRCULAIRES

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

5.3 PUBLICATION DE GUIDES

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