



*Document public*

## Rapport d'expertise :

# Avis concernant l'étude hydraulique ETG n°2011-1101-HYD relative au projet de rénovation urbaine de M'Gombani à Mamoudzou

**BRGM/RP-61285-FR**

Juin, 2012

### Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations

Appuis à la police de l'eau

Date de réalisation de l'expertise : juin 2012

Localisation géographique du sujet de l'expertise : Mamoudzou (Mayotte)

Auteurs BRGM : D. Tardy

Demandeur : DEAL de Mayotte

1.89 3740.46 -625.5



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

L'original du rapport muni des signatures des Vérificateurs et Approbateurs est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Ce rapport est le produit d'une expertise institutionnelle qui engage la responsabilité civile du BRGM.

Ce document a été vérifié et approuvé par :

<b>Approbateur :</b> Nom : P. Puvilland Date : 26/06/2012
<b>Vérificateur :</b> Nom : A. Rey Date : 26/06/2012

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

**Mots clés :** expertise – appuis aux administrations – modélisation hydraulique – aléa – inondation – M'Gombani – Mamoudzou – Mayotte

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

D. Tardy (2012) – Avis concernant l'étude hydraulique ETG n°2011-1101-HYD relative au projet de rénovation urbaine de M'Gombani à Mamoudzou, Rapport final. Rapport BRGM/RP-61285-FR. 14 p., 8 fig..

© BRGM, 2012, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

### Contexte :

Date de la formulation de la demande d'expertise au BRGM : mars 2012

Demandeur : DEAL de Mayotte

Nature de l'expertise : avis sur l'étude hydraulique ETG n°2011-1101-HYD

Situation du sujet : Quartier de M'Gombani sur la commune de Mamoudzou (Mayotte)

Nature de l'intervention du BRGM : analyse du rapport d'ETG, précision de l'aléa inondation

### Dossier examiné :

Le bureau d'étude ETG a établi une cartographie de l'aléa inondation en octobre 2011 du secteur de M'Gombani sur la commune de Mamoudzou à partir d'une modélisation hydraulique par casier. Le rapport en découlant a fait l'objet d'une expertise par le BRGM en janvier 2012 (Note 2012 SAR/MAYOTTE 04) qui n'était pas favorable à un déclassement de l'aléa inondation en l'absence d'une étude statistique permettant de savoir si un événement peut générer à la fois des pluies/débits et des surcotes marines centennales. Le BRGM a depuis conclu qu'il n'était pas possible d'établir cette étude statistique par manque de données sur Mayotte. Par ailleurs, il a été demandé à ETG d'élaborer leur cartographie de l'aléa inondation à partir de la grille méthodologique issue des PPR. La modélisation d'ETG est réévaluée dans ce présent avis.

### Diagnostic du BRGM :

La modélisation par casier d'ETG pour la situation actuelle met en évidence des zones non concernées par un aléa inondation, ce qui entend que les hauteurs d'eau modélisées ne dépassent pas la cote du terrain naturel. Ces secteurs ont, par conséquent, été déclassés dans le zonage des PPR en aléa nul.

La modélisation par casier est basée sur des vitesses et des hauteurs donnant lieu à une cartographie de l'aléa inondation par débordement de cours d'eau. Le secteur de M'Gombani est concerné par un aléa ruissellement urbain (pas de cours d'eau), une transcription des résultats de ETG a été établie pour répondre aux critères des PPR.

Les routes présentant de fortes pentes ont été conservées en aléa fort ruissellement urbain.

### Recommandations du BRGM :

Le BRGM recommande :

- Un entretien régulier des ouvrages hydrauliques, particulièrement en saison des pluies
- De dimensionner les futurs ouvrages hydrauliques pour un débit centennal
- De prévoir des installations hydrauliques supplémentaires afin de limiter au maximum le risque inondation pour les nouveaux habitats.

## Sommaire

<b>1. Contexte de l'étude .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Pièce du dossier fournies .....</b>	<b>5</b>
2.1 DONNEES FOURNIES PAR ETG .....	5
2.2 CADRE DE L'ETUDE ETG DE MARS 2012 .....	6
2.3 PRINCIPALES CONCLUSIONS DE LA NOTE BRGM DE JANVIER 2012 .....	6
<b>3. Aléas inondations .....</b>	<b>7</b>
3.1 METHODOLOGIE DU ZONAGE DE L'ALEA INONDATION.....	7
3.2 ZONAGE ACTUEL DE L'ALEA INONDATON AU DROIT DU PROJET.....	8
<b>4. Dossier examiné.....</b>	<b>9</b>
4.1 SITUATION AVANT-PROJET .....	9
4.2 SITUATION APRES-PROJET .....	11
<b>5. Recommandations et conclusion.....</b>	<b>13</b>

## 1. Contexte de l'étude

La DEAL de Mayotte par l'intermédiaire de G. Lefèbre (cellule Risques Naturels), a sollicité le BRGM pour un avis concernant une étude hydraulique réalisée dans le cadre du projet de rénovation urbaine du quartier de M'Gombani sur la commune de Mamoudzou (cf. Figure 1).

Une première expertise a été effectuée par le BRGM en Janvier 2012 (Note 2012 SAR/MAYOTTE 04). Le BRGM n'avait pas modifié le zonage de l'aléa inondation par ruissellement urbain au droit du secteur. Seul l'aléa submersion marine d'origine cyclonique avait été recalé à partir de plans topographiques transmis par la DEAL de Mayotte.

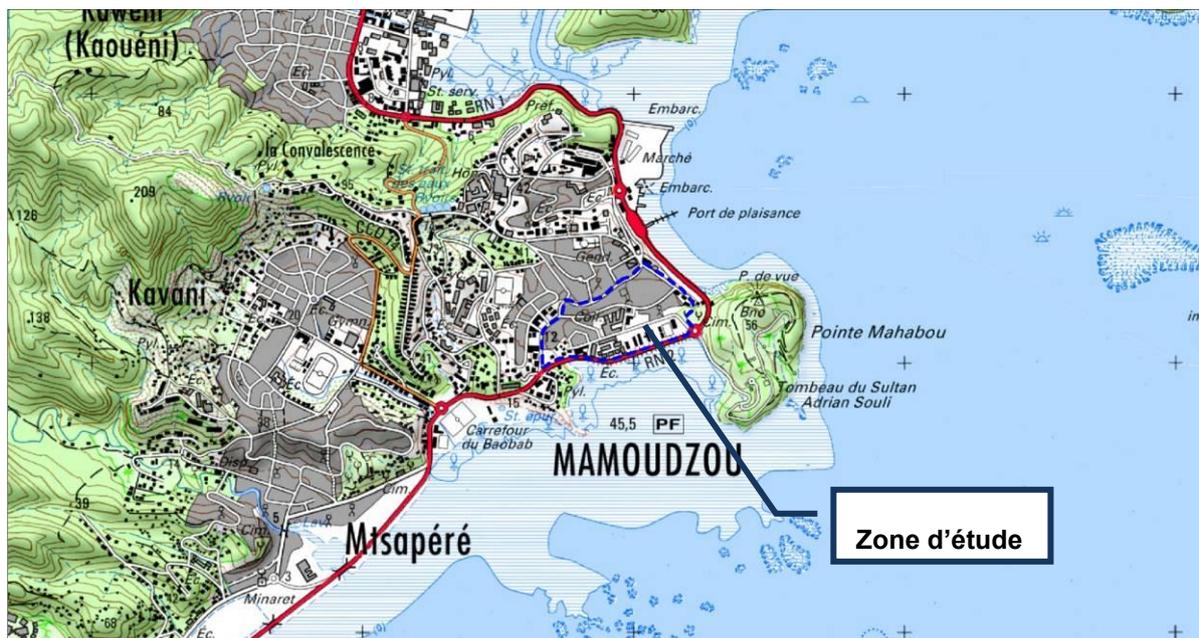


Figure 1 - Localisation de la zone d'étude (fond IGN scan25)

## 2. Pièce du dossier fournies

### 2.1 DONNEES FOURNIES PAR ETG

Les documents remis par ETG au BRGM sont les suivants :

- l'étude hydraulique référencée au dossier n°2011 1101-HYD d'**octobre 2011** intitulé « projet de rénovation urbaine de M'Gombani », ETG ;
- l'étude hydraulique référencée au dossier n°2011 1101-HYD de **mars 2012** intitulé « projet de rénovation urbaine de M'Gombani », ETG ;
- les cartes et les tables MapINFO du zonage de l'aléa inondation d'après la modélisation d'ETG avant et après projet pour un Q10 et un Q100 ;
- les Tables MapINFO du zonage des différences de hauteurs d'eau entre la cote du terrain naturel et la cote modélisée pour 0,2 – 0,5 et 0,1 m.

## 2.2 CADRE DE L'ETUDE ETG DE MARS 2012

L'étude d'ETG base les modélisations avant et après projet en considérant des simulations selon deux scénarios :

- prise en compte d'une crue décennale concomitante avec un aléa submersion marine d'origine cyclonique de niveau fort à 3,64 m ;
- prise en compte d'une crue centennale concomitante avec une pleine mer de vives eaux à 2,42 m NGM.

Le BRGM souligne de nouveau que le rapport d'ETG précise dans le chapitre 1.4. : « *Sur la base des données déjà existantes de l'étude hydraulique initiale de SAFEGE (caractéristiques du bassin versant, calculs hydrauliques, ...), la présente étude doit permettre d'optimiser la connaissance et, de fait, le zonage de l'aléa inondation par stagnation et accumulation d'eau sur le secteur de M'Gombani au titre du futur Plan de Prévention des Risques de la Commune de Mamoudzou, sans prise en compte de l'aléa submersion marine.* » Le projet devra par conséquent tenir compte des prescriptions concernant cet aléa.

Il est rappelé que la mission du BRGM ne relevant pas d'un contrôle technique stricto sensu, les notes de calculs hydrauliques et les modélisations établies dans cette étude n'ont pas été vérifiées dans le détail, seuls les principes généraux étant examinés. De même, il n'est pas procédé dans le cadre de cet avis à une critique de la méthodologie utilisée en matière d'hydrologie et d'hydraulique.

Par ailleurs, les études hydrauliques initiales réalisées par SAFEGE en 2006 et 2008 et dont fait référence ETG dans son étude, n'ont pas été communiquées au BRGM et ne font donc pas l'objet d'un quelconque avis.

## 2.3 PRINCIPALES CONCLUSIONS DE LA NOTE BRGM DE JANVIER 2012

La note du BRGM de janvier 2012, SAR/MAYOTTE/04, établit une analyse du rapport d'ETG d'octobre 2011. Une visite de terrain avait été effectuée le 30 janvier 2012 en présence de A. Oppermann (BRGM de Mayotte) et D. Tardy (BRGM de Mayotte) afin d'apporter des éléments d'appréciation complémentaires à l'analyse du dossier ETG.

Les principales conclusions du BRGM issues de l'analyse de ce dossier ont été les suivantes :

- Le zonage de l'aléa inondation n'avait pas été modifié ;
- Il avait été recommandé de réaliser une étude statistique qui permettrait de savoir si un évènement peut générer à la fois des pluies/débits et des surcotes centennales. Les experts du BRGM d'Orléans ont depuis pu apporter une réponse négative à l'élaboration de cette étude statistique par manque de données pour Mayotte ;
- Il a été préconisé de revoir le zonage du PPR avec le zonage issu de la modélisation d'ETG. Par ailleurs, il a été constaté à posteriori, que le zonage d'ETG n'utilisait pas la grille méthodologique de classification de l'aléa inondation par débordement de cours d'eau défini par les PPR. ETG a intégré cette classification dans le rapport de mars 2012 qui sera considéré dans cette expertise.

### 3. Aléas inondations

#### 3.1 METHODOLOGIE DU ZONAGE DE L'ALEA INONDATION

La méthodologie PPR appliqué sur le territoire de Mayotte pour la cartographie de l'aléa inondation repose sur les deux tableaux suivants :

Vitesse (m/s) \ Hauteur (m)	Faible : $V < 0,2$ (stockage)	Moyenne : $V \leq 0,5$ (écoulement)	Forte : $V > 0,5$ (écoulement rapide)
$H < 0,5$	faible	moyen	fort
$0,5 < H < 1$	moyen	moyen	fort
$H > 1$	fort	fort	fort

Figure 2 - Définition de l'aléa en fonction de la hauteur de submersion et de la vitesse d'écoulement des eaux – **Aléa Inondation par débordement de cours d'eau**

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

Figure 3 - Evaluation du niveau d'aléa (pluie d'occurrence centennale) sur les critères de hauteurs d'eau et de pentes applicables en zone urbaine – **Aléa Inondation par ruissellement urbain**

Le tableau exposé à la Figure 3 est directement issu du tableau de la Figure 2 par la relation suivante (cf. Figure 4) :

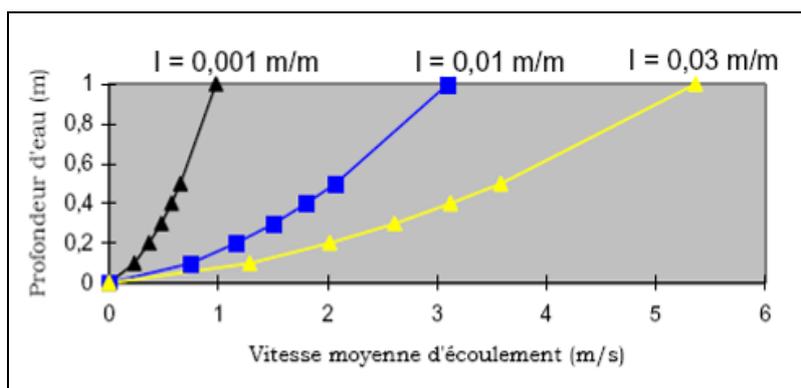


Figure 4 - Evolution de la vitesse d'écoulement sur une voirie de 10 m de largeur en fonction de la pente (I) et de la profondeur d'eau – **Aléa Inondation par ruissellement urbain**

### 3.2 ZONAGE ACTUEL DE L'ALEA INONDATION AU DROIT DU PROJET

Le projet d'ANRU sur le quartier de M'Gombani est sujet à deux types d'aléas inondation, à savoir l'inondation par ruissellement urbain d'une part et la submersion marine d'origine cyclonique d'autre part.

D'après la cartographie de l'aléa inondation établie à l'échelle du 1/5 000 dans le cadre du projet de Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de la commune de Mamoudzou, la zone d'étude est couverte par un aléa ruissellement urbain de niveau fort (vitesse d'écoulement des eaux et/ou hauteur d'eau pouvant être importante, cf. Figure 4) et de niveau moyen (accumulation et stagnation d'eau) ainsi que par un aléa submersion marine d'origine cyclonique de niveau fort et moyen (cf. Figure 5).

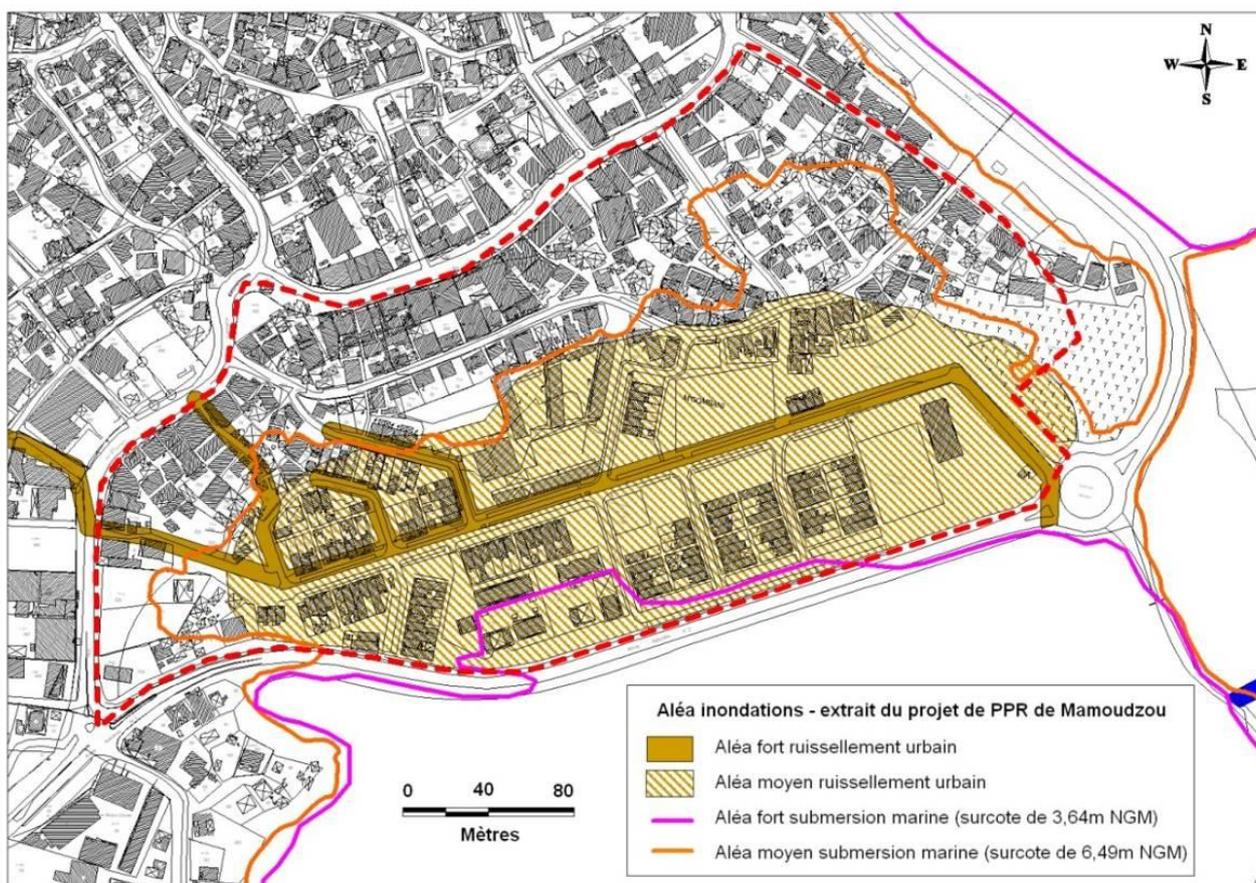


Figure 5 - Extrait du zonage de l'aléa inondation issu du projet de PPR de Mamoudzou sur fond cadastral de 2007.

D'après la visite de terrain effectuée le 30 janvier 2012, le risque d'inondation pour le secteur de M'Gombani peut se distinguer sous deux aspects :

- Les routes présentent de fortes pentes, un aléa fort devra être conservé ;
- Les secteurs construits correspondent à des zones d'accumulation d'eau, ce sont les hauteurs d'eau qui priment par rapport aux vitesses d'écoulement.

## 4. Dossier examiné

### 4.1 SITUATION AVANT-PROJET

La modélisation hydraulique d'ETG est une modélisation par casier qui permet d'obtenir des hauteurs d'eau pour chaque casier et des vitesses à l'interface de ces casiers selon deux scénarios (cf. 1.2). A défaut d'éléments précis sur la concomitance entre les aléas inondation et submersion marine, il est convenu de retenir le scénario le plus pénalisant. Cela diffère de la méthodologie habituelle qui consiste à ne prendre en compte que le Q100. Toutefois, étant donné le contexte du site, l'intégration dans les modèles d'une surcote marine permet effectivement de traduire une réalité potentielle même si à ce stade, peu de données sont disponibles pour le certifier.

La cartographie de l'aléa inondation d'ETG (cf. Figure 6) se base sur la grille de classification de l'aléa inondation par débordements de cours d'eau ou ravine issue des PPR qui exprime des hauteurs d'eau en fonction de vitesses.

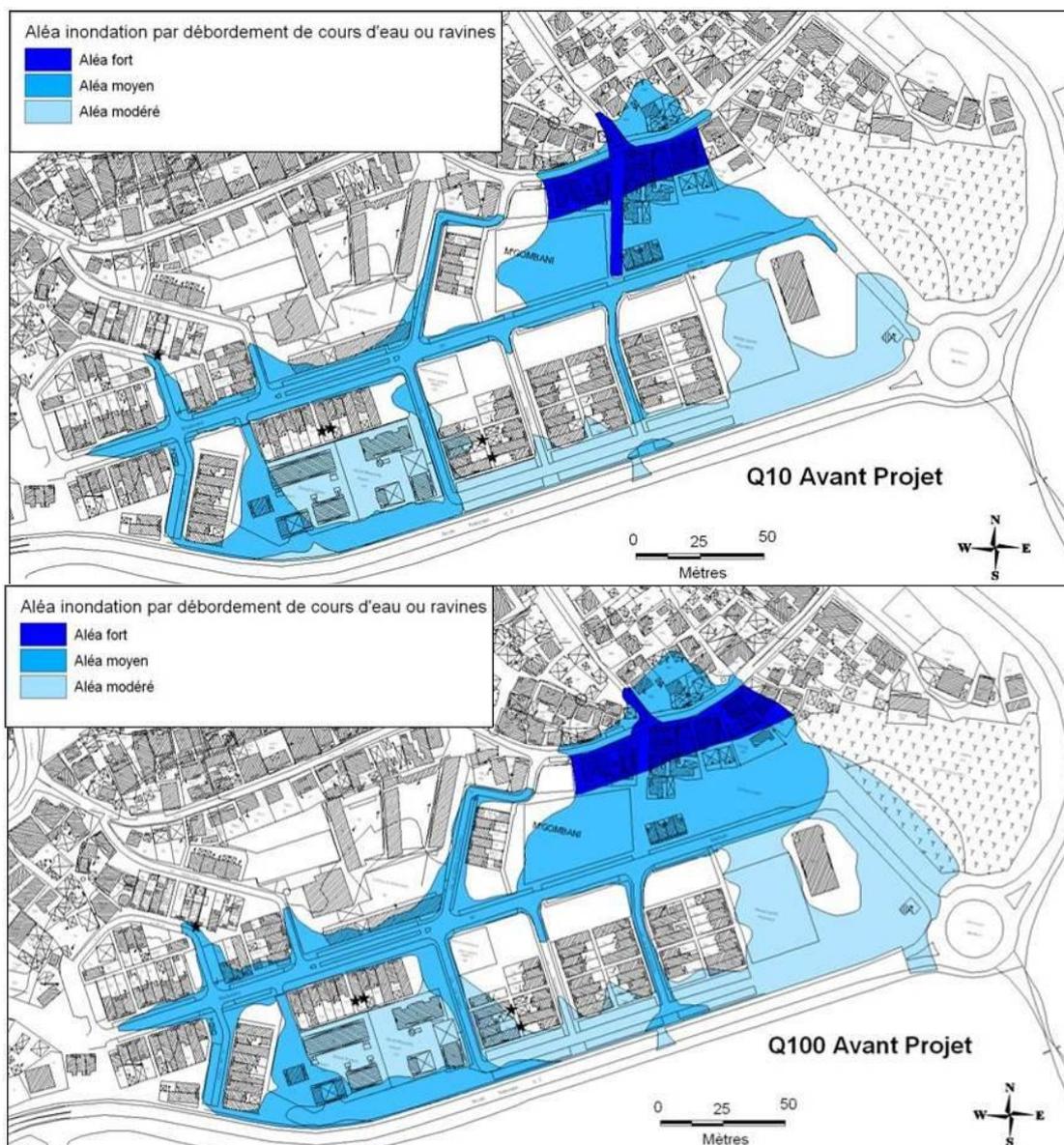


Figure 6 - Cartographie de l'aléa inondation avant-projet d'après la modélisation par casier d'ETG. Cartes BRGM

Cependant, le secteur de M'Gombani est dans un contexte de ruissellement urbain, le risque d'inondation étant défini par des pentés et des hauteurs d'eau. Une transcription de la cartographie de l'aléa inondation par débordement de cours d'eau ou ravine définie par ETG a été effectuée afin de considérer la grille de ruissellement urbain définie dans les PPR (cf. figure 3). Cette transcription est possible puisque le secteur de M'Gombani a un contexte particulier avec des zones basses correspondant à des zones d'accumulation d'eau où le facteur risque prépondérant est la hauteur d'eau et non la pente. Afin d'établir la cartographie, ETG a fourni la cartographie de la différence de la hauteur d'eau entre la cote du terrain naturel et les hauteurs d'eau modélisées pour 0,2 – 0,35 - 0,5 et 1,0 m. Ces courbes « de niveau » ont permis de délimiter avec précision l'aléa moyen inondation par ruissellement urbain en combinant les niveaux d'aléa des deux tableaux exposés en Figure 3 et Figure 4.

Les zones cartées par ETG selon les deux scénarios exposés au 2.2, ont été combinées pour redéfinir la cartographie des PPR en tenant compte du **contexte le plus défavorable** (cf. Figure 7).

Les zones ne comportant pas d'aléa inondation correspondent à des secteurs où la modélisation affichait une hauteur d'eau nulle.

Les tronçons des voiries pour lesquelles les vitesses d'écoulement sont importantes, notamment les rues de M'Gombani, Boelachingo et la rue traversant le casier C005 et C02B, en raison de la pente et du débit sont conservés en aléa fort de ruissellement.

La courbe de niveau de l'aléa moyen submersion marine a été recalée à partir de relevés topographiques fournis par la DEAL.

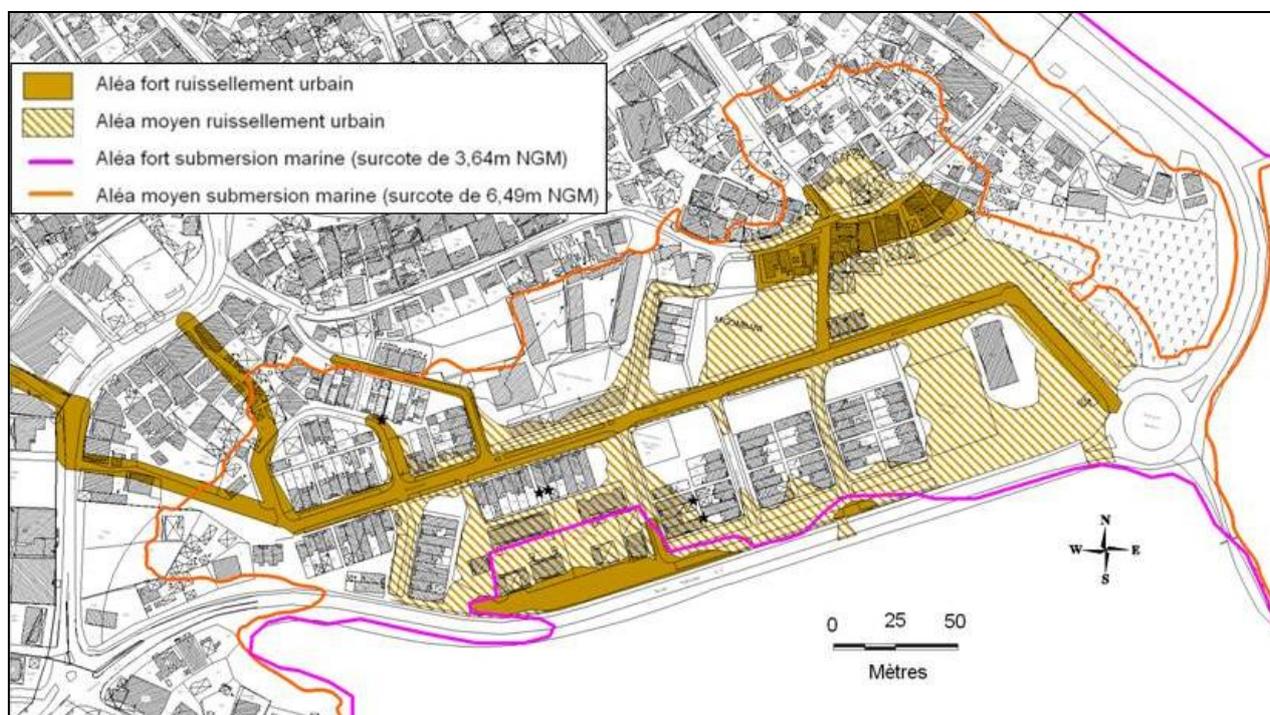


Figure 7 - Zonage de l'aléa inondation par ruissellement urbain d'après le présent avis. Fond cadastral. Carte BRGM.

## 4.2 SITUATION APRES-PROJET

Dans la modélisation après projet d'ETG, il a été pris en compte (chapitre 3.2 de l'étude ETG n°2011-1101-HYD) :

- Une réduction du champ d'expansion des crues suite à la rénovation et à la création de nouveaux logements
- Un accroissement du ruissellement dû à l'augmentation des constructions
- Le renforcement du réseau pluvial

Les aménagements hydrauliques prévus dans le stade après projet seront dimensionnés pour une crue de période de retour de 20 ans. Il est constaté que malgré les aménagements prévus dans la situation après projet, des débordements sont toujours modélisés (cf. Figure 8) :

- Pour un Q10, conservation d'un aléa modéré inondation pour le secteur Sud-Ouest ;
- Pour un Q100, aléa moyen et fort inondation pour le secteur Nord-Est ;
- Maintien de l'aléa inondation le long des voiries.

Le BRGM recommande dans un premier temps de dimensionner les futurs ouvrages pour des crues centennales comme défini dans la méthodologie PPR, et dans un second temps de mettre en place des ouvrages hydrauliques supplémentaires permettant de diminuer l'expansion spatiale du risque inondation a minima sur les zones de construction (cf. Figure 8).

Conformément à la méthodologie appliquée en cartographie des aléas, l'éventuelle incidence sur le zonage des aléas d'aménagements futurs, non réalisés, sera effective le cas échéant, une fois les ouvrages correctement dimensionnés et réalisés et sous réserve qu'ils apportent des garanties à long terme.

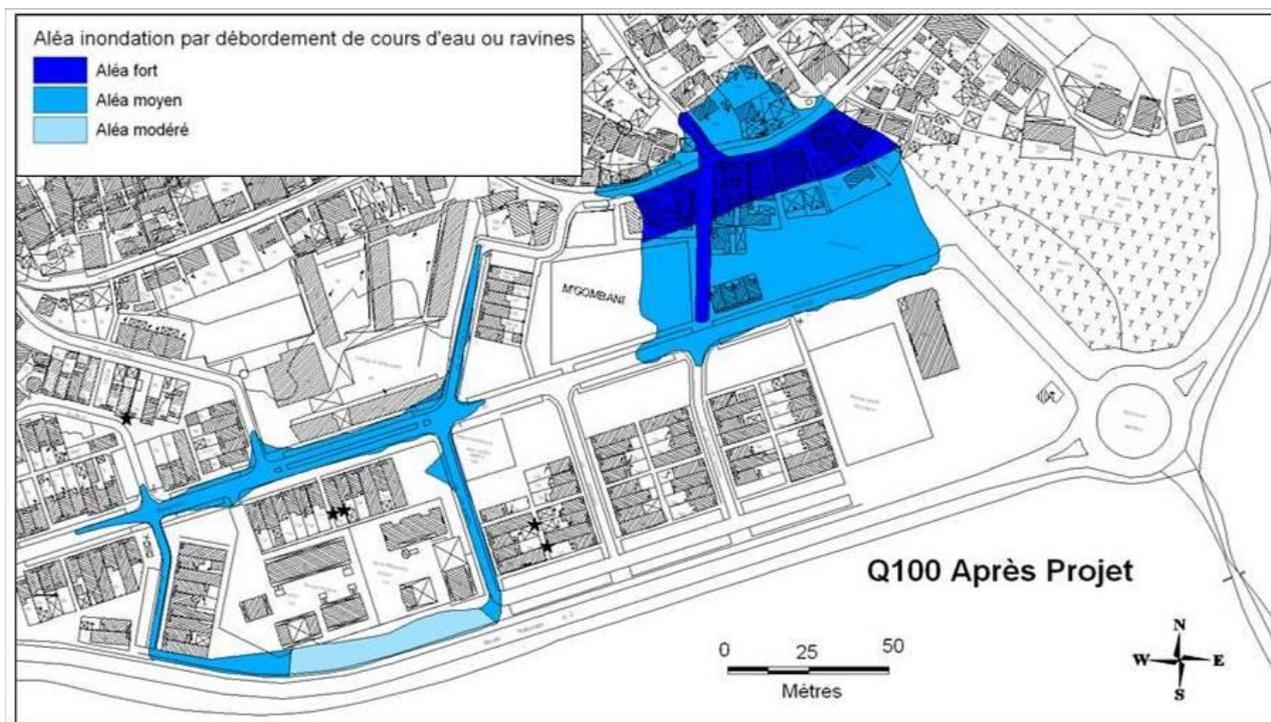
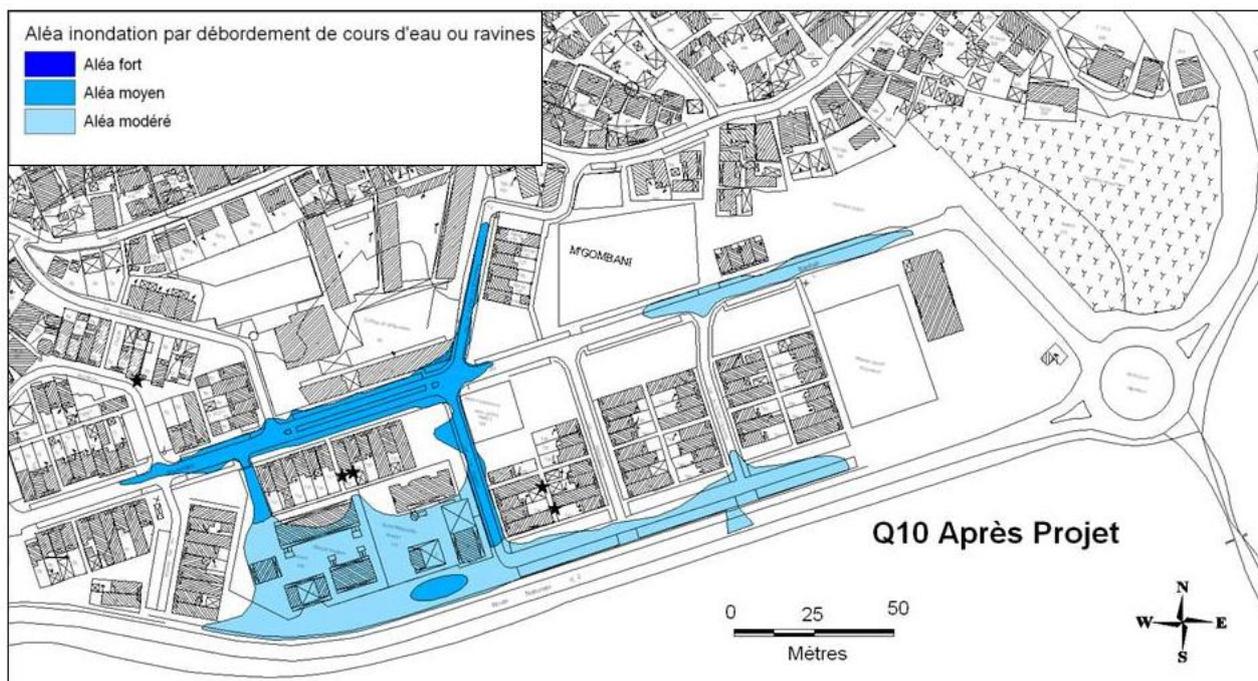


Figure 8 – Cartographie de l'aléa inondation par débordement de cours d'eau ou ravine selon la modélisation après projet d'ETG. En haut, pour un évènement décennal, et en bas pour un évènement centennal. Cartes BRGM

## 5. Recommandations et conclusion

Les résultats de la modélisation par casier proposée par ETG, pour une crue centennale en situation actuelle (avant-projet) ont été pris en compte par le BRGM afin de préciser le zonage de l'aléa inondation dans le secteur de M'Gombani.

Les principales modifications de zonage retenues sont les suivantes :

- les zones ne comportant pas de hauteurs d'eau d'après les résultats de l'étude ETG de mars 2012 ont été déclassées en aléa nul.
- Les voiries comportant de fortes pentes et étant propices à de fortes vitesses de ruissellement sont cartographiées en aléa fort ruissellement urbain.
- Les secteurs construits sont quant à eux, conservés en aléa moyen ruissellement urbain, puisqu'ils correspondent à des zones d'accumulation d'eau selon les informations issues du MNT et les observations de terrain. Leur délimitation a pu être établie en combinant les deux grilles de classification des aléas inondations par débordement de cours d'eau et par ruissellement urbain, avec des courbes de niveau représentant la différence de hauteur d'eau entre la cote du terrain naturel et la cote d'inondation modélisée.

La situation après projet modélisée par ETG indique que les aménagements permettront de limiter considérablement le risque inondation. Cependant, les voiries conserveront un aléa inondation majoritairement moyen. De plus, la zone basse située au Sud-Ouest du projet est en aléa faible inondation pour un Q10 et la zone Nord-Est en aléa moyen et fort. Il serait avisé de prévoir des aménagements pour limiter le risque au niveau des habitations.

Dans le cadre du projet, le BRGM recommande :

1. Un entretien régulier des ouvrages hydrauliques afin d'assurer leur pérennité ;
2. De dimensionner les ouvrages hydrauliques pour des débits centennaux.
3. De mettre en place des ouvrages hydrauliques supplémentaires pour minimiser l'étendue du risque inondation.



Centre scientifique et technique Direction Territoriale du BRGM de Mayotte  
3, avenue Claude-Guillemain 9 Centre Amatoula, BP 363  
BP 36009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France 97600 Mamoudzou – Mayotte  
Tel. 02 38 64 34 34 Tél. : 02 69 61 28 13