



*Document public*

## Rapport d'expertise :

# Avis concernant le projet d'aménagement du terre-plein de M'tsapéré, précision de l'aléa inondation

**BRGM/RP-61411-FR**

Juillet, 2012

### Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations

Appuis à la police de l'eau

**Date de réalisation de l'expertise : Juillet 2012**

**Localisation géographique du sujet de l'expertise : terre-plein de M'tsapéré, commune de 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 : 03/08/2012
<b>Vérificateur :</b>	
Nom : A. Rey	Date : 03/08/2012

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'tsapéré – Mamoudzou – -Mtsapéré – Mayotte

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

D. Tardy (2012) – Avis concernant le projet d'aménagement du terre-plein de M'tsapéré, précision de l'aléa inondation, Rapport final. Rapport BRGM/RP-61411-FR. 20 p., 10 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 : 07 mars 2012

Demandeur : DEAL de Mayotte

Nature de l'expertise : Avis sur l'étude hydraulique n°4701241-V4 et précision de l'aléa inondation

Situation du sujet : Terre-plein de M'tsapéré, commune de Mamoudzou – Mayotte

Nature de l'intervention du BRGM : rapport d'expertise

### Dossier examiné :

La DEAL de Mayotte avait sollicité le BRGM en 2010 afin d'émettre un avis sur l'aléa submersion marine d'origine cyclonique pour le terre-plein de M'tsapéré (Note 2010 SAR/Mayotte 15). La cartographie n'avait pas été modifiée sous réserve d'établir une étude statistique permettant de savoir si un événement peut générer à la fois des pluies/débits et des surcotes marines centennales et dans l'optique d'analyser la concomitance de ces deux aléas.

Les bureaux d'étude ETG et SOGREAH ont depuis établis une cartographie de l'aléa inondation en mai 2012 du terre-plein de M'tsapéré sur la commune de Mamoudzou à partir d'une modélisation hydraulique par casier. Cette méthodologie avait été proposée par ETG antérieurement pour le secteur de M'Gombani (n°2011 1101-HYD) à Mamoudzou et analysée par le BRGM en deux temps :

- Note 2012 SAR/MAYOTTE 04 : l'expertise du BRGM n'était pas favorable à un déclassement de l'aléa inondation en l'absence d'une étude statistique citée ci-dessus ;
- BRGM/RP-61285-FR : le BRGM a conclu qu'il n'était pas possible d'établir l'étude statistique précitée par manque de données sur Mayotte. La modélisation d'ETG est réévaluée dans le rapport d'expertise, concluant que la cartographie des aléas inondations pouvait être précisée à partir de leur modélisation puisque la situation future permettait de diminuer considérablement le risque et que le contexte du secteur d'étude (faible pente) se prêtait à ce type de modélisation.

Le secteur de M'tsapéré est localisé sur un terre-plein comportant de faibles pentes. Ce contexte permet d'appliquer la modélisation par casier puisque le risque inondation résulte de hauteurs d'eau et non de vitesses de ruissellement (cf. méthodologie PPR). Une nouvelle étude a été produite par ETG et SOGREAH (n°4701241-V4) établissant la modélisation par casier pour M'tsapéré et faisant l'objet de cette expertise.

### Diagnostic du BRGM :

L'aléa inondation par débordement de cours d'eau ou ravines a été précisé à partir de la cartographie issue de la modélisation d'ETG pour la situation actuelle (avant-projet). Les aléas inondations ont été levés au droit de la zone centrale du terre-plein Sud puisqu'une hauteur nulle a été obtenue par la modélisation d'ETG.

Des zones d'aléa fort ont été identifiées aux limites du terre-plein, l'eau aurait tendance à s'accumuler dans ces petites dépressions.

L'aléa ruissellement urbain a été conservé à l'initial pour les zones ne comportant pas de hauteur d'eau nulle.

## **Recommandations du BRGM :**

Dans le cadre du projet, le BRGM recommande :

1. De mettre en œuvre le scénario 2 de situation après-projet ;
2. D'effectuer un entretien régulier des ouvrages hydrauliques afin d'assurer leur capacité maximale ;
3. D'envisager la mise en place d'ouvrages hydrauliques supplémentaires ou tout autre aménagement permettant de minimiser le risque de débordement des eaux au droit des futures zones construites.

## Sommaire

<b>1. Contexte de l'étude .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Pièces du dossier .....</b>	<b>6</b>
2.1. DONNEES EXAMINEES PAR LE BRGM .....	6
2.2. CADRE DE L'ETUDE ETG .....	7
2.3. ETUDES BRGM .....	7
<b>3. Aléa inondation .....</b>	<b>9</b>
3.1. METHODOLOGIE DU ZONAGE DE L'ALEA INONDATION.....	9
3.2. ZONAGE ACTUEL DE L'ALEA INONDATION AU DROIT DU PROJET.....	10
<b>4. Dossier examiné.....</b>	<b>12</b>
4.1. SITUATION AVANT-PROJET .....	12
4.2. SITUATION APRES PROJET .....	15
<b>5. Conclusion et recommandations .....</b>	<b>18</b>

## 1. Contexte de l'étude

La DEAL de Mayotte par l'intermédiaire de G. Lefebvre (cellule Risques Naturels de la DEAL de Mayotte), a sollicité le BRGM pour un avis concernant une étude hydraulique réalisée par ETG et SOGREAH, dans le cadre du projet de l'aménagement du terre-plein de M'tsapéré, sur la commune de Mamoudzou. Ce terre-plein a une superficie de près de 15 ha, il a été mis en place sur la mangrove lors de la réalisation de la déviation de la RN 2. Ce secteur est actuellement vierge à l'exception des bâtiments de la DEAL qui se localisent en partie centrale du terre-plein (cf. Figure 1).

Ce secteur a fait l'objet d'un précédent avis du BRGM en 2010 (Note 2010 SAR/Mayotte 15) portant sur l'analyse d'une étude hydraulique afin de requalifier l'aléa inondation.

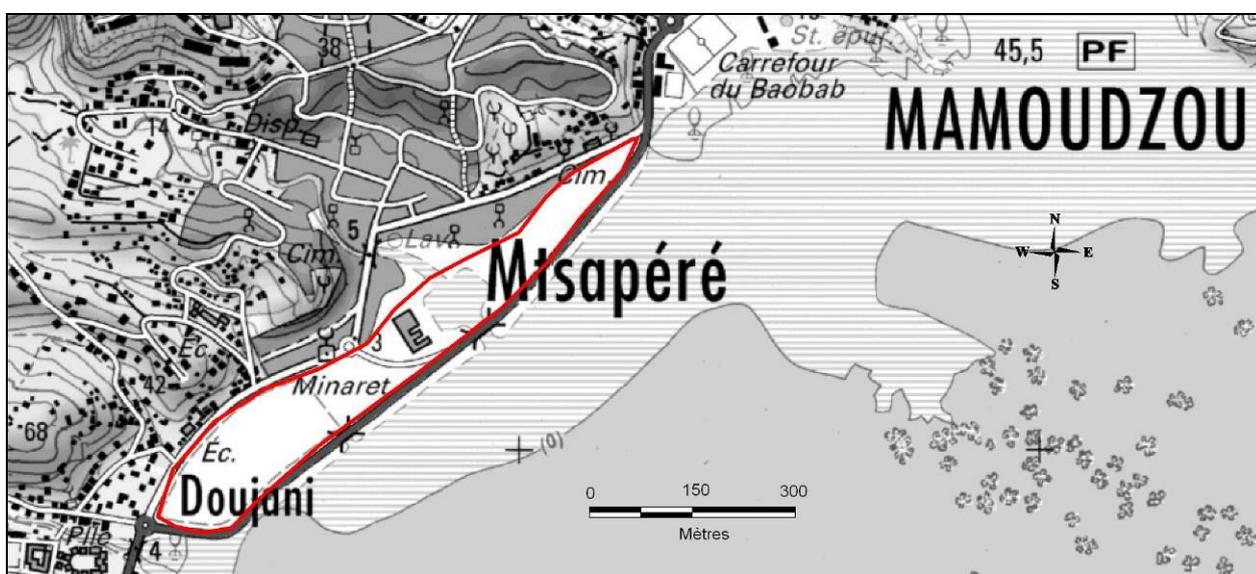


Figure 1 – Localisation de la zone d'étude (en rouge). Fond IGN Scan 25.

## 2. Pièces du dossier

### 2.1. DONNEES EXAMINEES PAR LE BRGM

Les documents remis par ETG au BRGM sont les suivants :

- l'étude hydraulique référencée au dossier n°4701241-V4 de mai 2012 intitulé « Projet d'aménagement du terre-plein de M'tsapéré » ;
- les cartographies de l'aléa inondation d'après la modélisation hydrauliques pour les Q10 et Q100 avant et après-projet ;
- les Tables MapINFO du zonage des différences de hauteurs d'eau entre la cote du terrain naturel et la cote modélisée pour 0,2 – 0,35 - 0,5 et 0,1 m.

Les documents à dispositions du BRGM sont les suivants :

- Note de 2010 SAR/MAYOTTE 15 : étude hydraulique sur le terre-plein de M'tsapéré ;
- Note 2012 SAR/MAYOTTE 04 : étude hydraulique sur le secteur de M'Gombani ;

- BRGM/RP-61285-FR : étude hydraulique sur le secteur de M'Gombani.

## 2.2. CADRE DE L'ETUDE ETG

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 3,01 m ;
- prise en compte d'une crue centennale concomitante avec une pleine mer de vives eaux à 2,42 m NGM.

L'étude ETG pour le secteur de M'tsapéré a été établie en prenant en compte les échanges récents et conclusions suite à l'étude sur le secteur de M'Gombani réalisée dans un contexte similaire.

Le BRGM souligne que l'étude d'ETG a pour but d'optimiser la connaissance et, de fait, le zonage de l'aléa inondation sur le secteur de M'tsapéré, **sans prise en compte de l'aléa submersion marine. Le projet devra par conséquent tenir compte des prescriptions issues du Plan de Prévention des Risques naturels (PPR) 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 sur MGombani (Dossier n°2011 1101-HYD) et appliquée au terre-plein, n'ont pas été communiquées au BRGM et ne font donc pas l'objet d'un quelconque avis.

## 2.3. ETUDES BRGM

- Note BRGM de 2010, SAR/MAYOTTE/15 :

La note établit une analyse du rapport du bureau d'étude Hydrétudes de février 2008 ainsi que d'une note hydraulique de synthèse de novembre 2008 du même BE sur la protection contre les crues d'origine cyclonique par l'aménagement du terre-plein de M'tsapéré. Cet avis BRGM recommandait de réaliser une étude statistique qui permettrait de savoir si un événement peut générer à la fois des pluies/débits et des surcotes centennales ainsi que de considérer l'aléa inondation par débordement de cours d'eau dans leur étude. La cartographie de l'aléa inondation n'avait pas été modifiée.

- Note BRGM de 2012 SAR/MAYOTTE 04 :

Cette étude a été établie pour le secteur de M'Gombani. L'expertise du BRGM n'était pas favorable à une modification de l'aléa inondation par débordements de cours d'eau ou ravine et ruissellement urbain 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

- BRGM/RP-61285-FR :

Cette étude a été établie pour le quartier de M'Gombani, sur la commune de Mamoudzou suite à la note 2012 SAR/MAYOTTE 04. Le BRGM a depuis conclu que l'étude statistique exposée ci-dessus ne pouvait être réalisée pour Mayotte en raison d'un manque de données sur l'île. La méthodologie de modélisation par casier (Etude ETG : Dossier n°2011 1101-HYD) a été reconsidérée par le BRGM. Cette dernière a été adoptée au contexte du quartier de M'Gombani, d'une part car le contexte se prêtait à ce type de modèle, d'autre part car l'intégration d'une

surcote marine dans les modèles permet de traduire une réalité potentielle qui permet de préciser les connaissances sur l'aléa inondation. La cartographie de l'aléa inondation du secteur de M'Gombani a été précisée à partir des éléments apportés par l'étude hydraulique d'ETG analysée.

### 3. Aléa inondation

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

La méthodologie PPR appliquée 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 ou ravines**

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) :

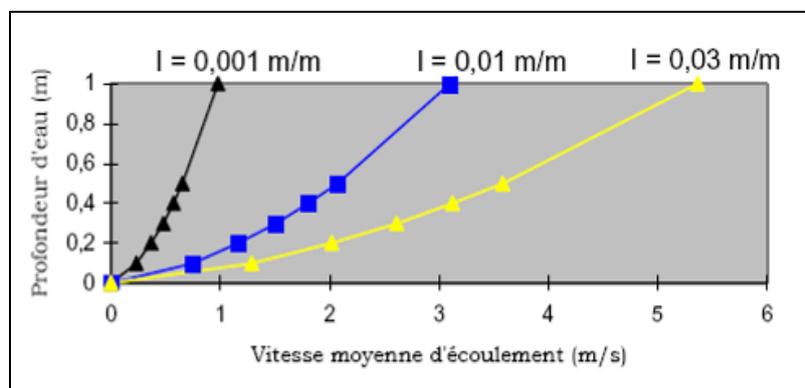


Figure 4 - Evolution de la vitesse d'écoulement sur une voirie de 10 m de largeur en fonction de la pente (I) et de la profondeur d'eau – **Aléa Inondation par ruissellement urbain**

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

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 de la commune de Mamoudzou, toute la superficie du terre-plein de M'tsapéré est concerné par un aléa inondation. On distingue les trois types d'aléas suivants :

- Aléa inondation par débordements de cours d'eau ou ravines : un aléa faible est cartographié pour l'ensemble du secteur d'étude.
- Aléa moyen inondation par ruissellement urbain consécutif à l'accumulation et à la stagnation d'eau : cet aléa se superpose à l'aléa faible inondation par débordement de cours d'eau ou ravines et concerne la quasi-totalité du secteur expertisé avec une prédominance pour le terre-plein Sud.
- Aléa submersion marine d'origine cyclonique : l'ensemble du secteur est concerné par un aléa moyen. Un aléa fort est localisé au niveau de la rivière Majimbini et dans la partie centrale de la partie Ouest du terre-plein.

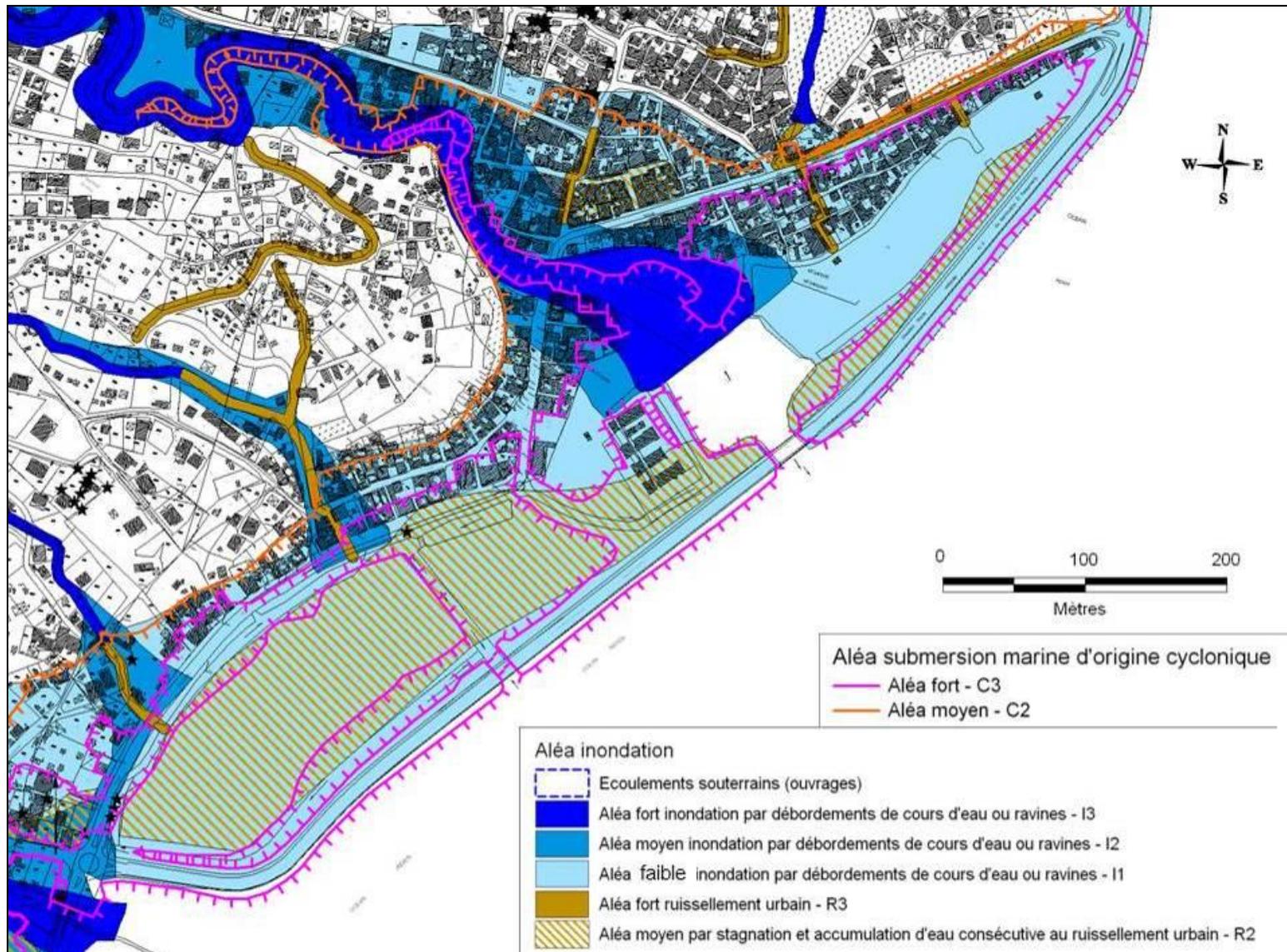


Figure 5 – Extrait de la cartographie de l'aléa inondation et submersion marine du PPR de la commune de Mamoudzou

## 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. 2.2). A défaut d'éléments précis sur la concomitance entre les aléas inondation et submersion marine, il est convenu de retenir les couples hauteur d'eau/ vitesse d'écoulement les plus pénalisant au droit du secteur d'étude quel que soit le scénario modélisé. 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.

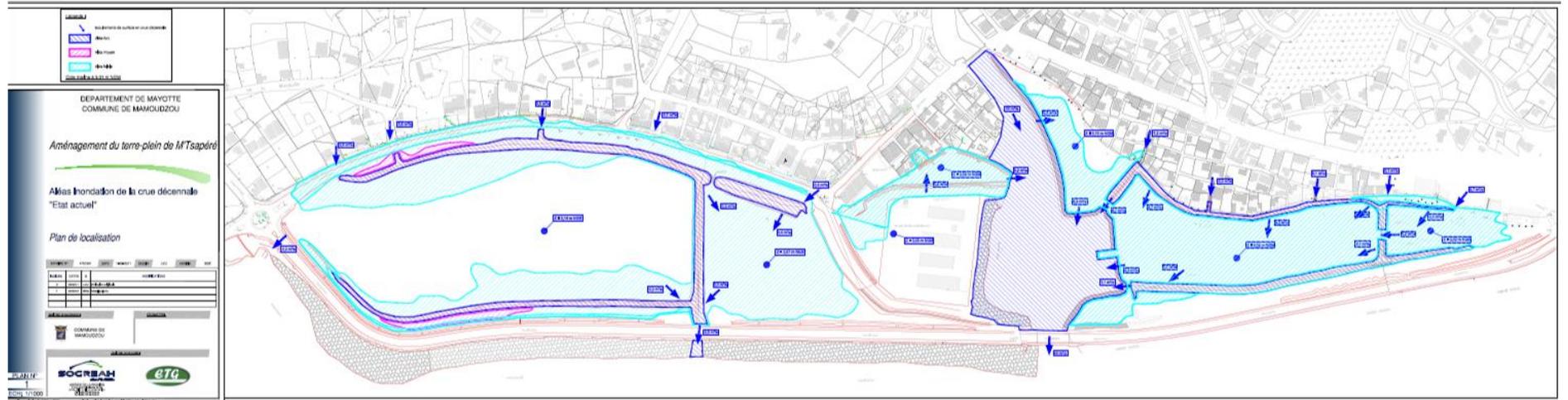
La cartographie de l'aléa inondation d'ETG (cf. Figure 6) se base sur la grille de classification de l'aléa inondation par débordements de cours d'eau ou ravine issue des PPR (cf. Figure 2) qui exprime des hauteurs d'eau en fonction de vitesses.

Cependant, le secteur de M'tsapéré est également dans un contexte de ruissellement urbain, le risque d'inondation étant défini par des pentés et des hauteurs d'eau. Cet aléa de ruissellement urbain a été conservé tel quel pour les zones ayant une hauteur d'eau quelle qu'elle soit, en revanche l'aléa a été levé pour les zones identifiées à hauteur d'eau nulle.

Les zones cartographiées par ETG (cf. Figure 6) à partir des résultats des modélisations suivant les deux scénarios exposés au 2.2, ont été combinées pour redéfinir la cartographie du 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.

Il est constaté une bande d'aléa fort inondation sur la bordure Ouest du terre-plein. Celle-ci correspond aux axes d'écoulement existants permettant l'évacuation des eaux pluviales qui leur confèrent de fortes vitesses et des hauteurs d'eau supérieur à 50 cm.

Avis concernant le projet d'aménagement du terre-plein de M'tsapéré, précision de l'aléa inondation



Aléa fort      Aléa faible      Aléa moyen

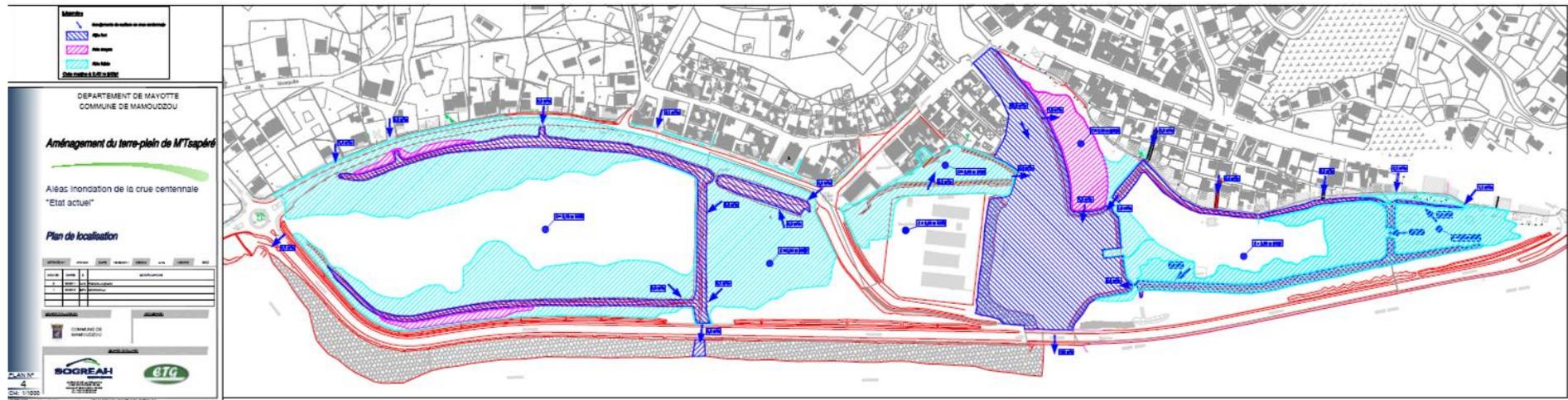


Figure 6 – Cartographie d'ETG avant-projet selon leur modélisation hydraulique, en haut pour un Q10, en bas pour un Q100. Données ETG.

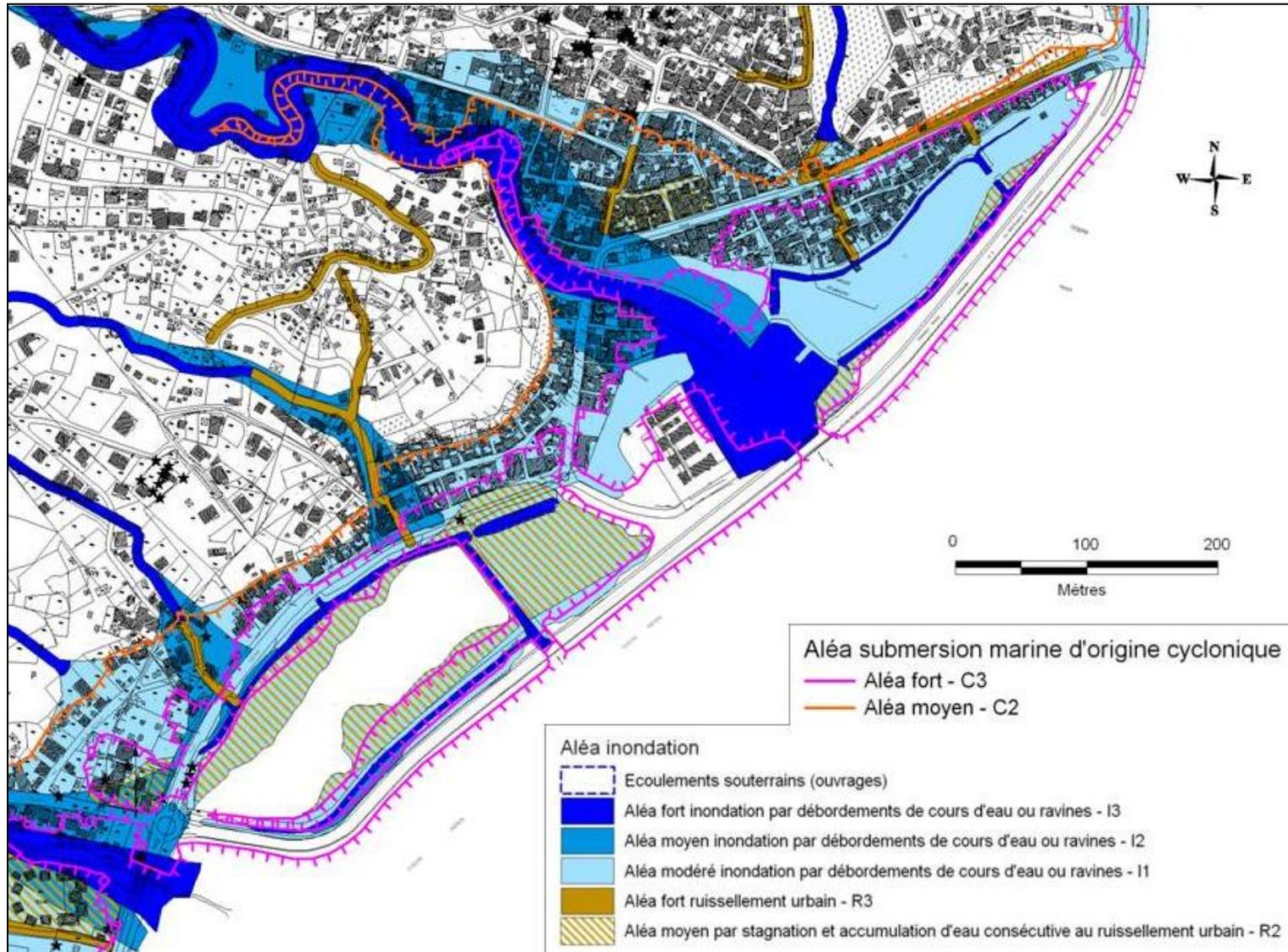


Figure 7 – Cartographie de l'aléa inondation retenu d'après le présent avis. Situation avant-projet (données Fond cadastral).

## 4.2. SITUATION APRES PROJET

Deux scénarios d'aménagement ont été proposés et modélisés par ETG :

- **Scénario 1** : maintien de la topographie actuelle sur les terre-pleins *nord* et *sud*. Quelques bâtiments munis d'un rez-de-chaussée sont supposés surélevés afin de les caler hors d'eau. Les autres bâtiments, majoritaires, sont prévus sur pilotis donc hors d'eau : seuls les parkings implantés au terrain naturel sont susceptibles d'être inondés. Les plans fournis en annexe localisent les différents types de bâtiment envisagés (cf. Figure 9) ;
- **Scénario 2** : maintien de la topographie sur le terre-plein *nord* et remblaiement du terre-plein *sud* à la cote 3,70 m NGM (cf. Figure 10).

Les ouvrages hydrauliques prévus dans la situation après-projet ont été dimensionnés pour des débits de crues d'occurrence centennale comme prescrits dans les PPR.

Le scénario 1 n'a que très peu d'impact sur l'expansion des zones inondables contrairement au scénario 2 qui permet une réduction des inondations du terre-plein Sud. Il serait par conséquent préférable d'opter pour le scénario 2 qui permettrait de limiter l'exposition des usagers des nouvelles constructions à l'aléa inondation.

Le BRGM regrette que les aménagements projetés ne permettent pas de diminuer de manière plus conséquente le risque inondation sur l'ensemble du secteur d'après la modélisation par casier. En revanche, les deux scénarios n'engendrent pas un état aggravé de la situation actuelle, les modèles indiquant une augmentation de hauteur d'eau par casier moyenne de 1 cm avec un maximum de 4 cm pour le stade après-projet (lié à l'imperméabilisation des sols).

**Le BRGM signale que d'après le rapport ETG, des aménagements sont prévus pour des zones comportant un aléa fort submersion marine (cf. Figure 8). Le BRGM souligne que pour ces zones en aléa fort, ainsi que pour les zones en aléa moyen submersion marine, il faudra prendre en compte les instructions du règlement PPR. Seul le remblaiement du terre-plein sud à la cote 3,70 m selon le scénario 2 permettra de déclasser ce secteur en aléa moyen submersion marine. Le règlement stipule en particulier qu'en aléa fort submersion marine, tous les projets nouveaux sont interdits.**



Figure 8 – Schéma de la situation après-projet du terre-plein de M'tsapéré. Donnée ETG.

Avis concernant le projet d'aménagement du terre-plein de M'tsapéré, précision de l'aléa inondation

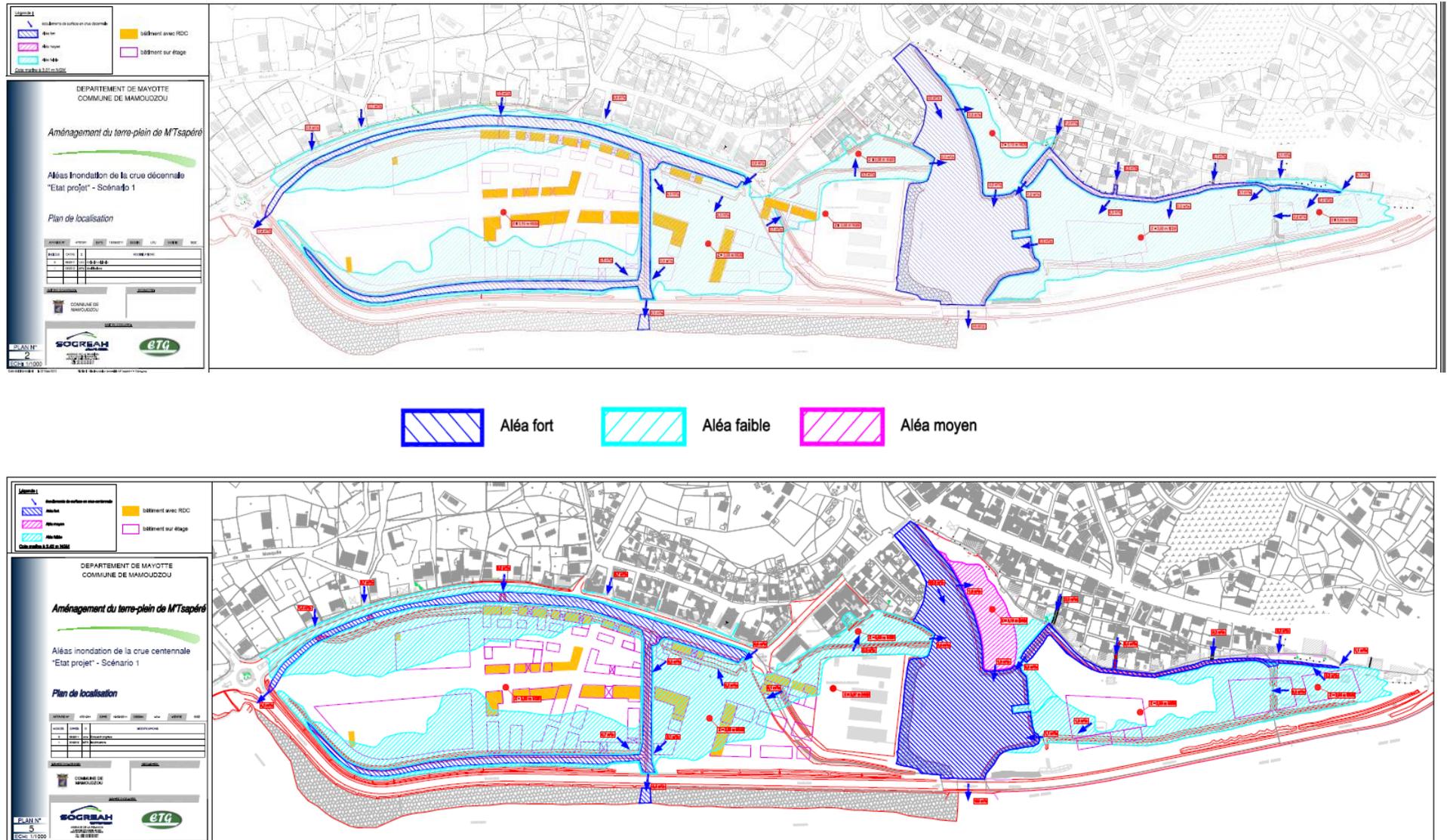


Figure 9 - Cartographie d'ETG pour la phase Après-projet pour le scénario 1. En haut, pour un Q10, en bas pour un Q100. Données ETG

Avis concernant le projet d'aménagement du terre-plein de M'tsapéré, précision de l'aléa inondation

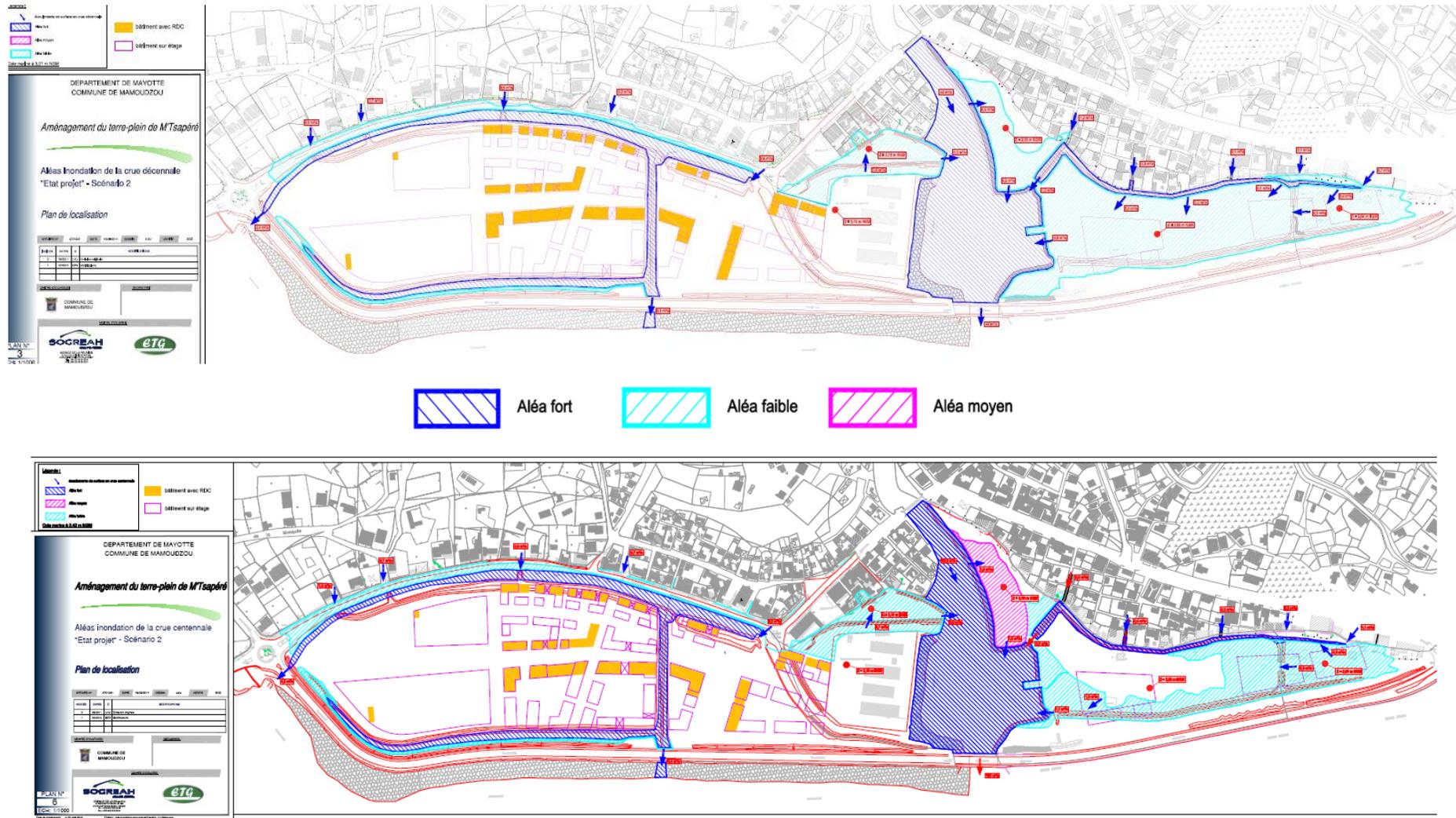


Figure 10 - Cartographie d'ETG pour la phase Après-projet pour le scénario 2. En haut, pour un Q10, en bas pour un Q100. Données ETG

## 5. Conclusion et recommandations

Les résultats de la modélisation par casier proposée par ETG **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 du terre-plein de M'tsapéré. Les zones cartographiées 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**.

Les principales modifications et remarques sur le zonage retenu sont les suivantes :

- les zones ne comportant pas de hauteurs d'eau d'après les résultats de l'étude ETG ont été déclassées en aléa nul pour l'inondation par débordement de cours d'eau ou ravines et par ruissellement urbain ;
- l'aléa ruissellement urbain a été conservé au droit des secteurs comportant des hauteurs d'eau non nulles ;
- un aléa fort borde la limite Ouest du terre-plein correspondant aux fossés existants où l'eau s'accumule.

La situation après projet, suivant le scénario 2 (exposé au 4.2) modélisé par ETG, montre que les aménagements prévus permettront de limiter le risque inondation pour la partie centrale et Sud du terre-plein. Cependant, il serait avisé de prévoir des aménagements pour limiter le risque de manière plus considérable sur l'ensemble du terre-plein et plus particulièrement pour les parties qui feront l'objet d'habitats. Il serait par conséquent nécessaire de prévoir une meilleure évacuation des eaux pluviales. En effet, un risque résiduel de débordement existe en cas de comblement des fossés si celles-ci viennent à s'accumuler en amont du terre-plein.

**Le BRGM souligne que cet avis a pour but de préciser la cartographie de l'aléa inondation pour la situation actuelle. Les constructions futures devront tenir compte de la réglementation en vigueur (PPR) pour cet aléa mais aussi pour l'aléa submersion marine d'origine cyclonique qui concerne l'intégralité du secteur d'étude.**

Dans le cadre du projet, le BRGM recommande :

1. De mettre en œuvre le scénario 2 de situation après-projet ;
2. D'effectuer un entretien régulier des ouvrages hydrauliques afin d'assurer leur pérennité ;
3. D'envisager la mise en place d'ouvrages hydrauliques supplémentaires ou tout autre aménagement permettant de minimiser le risque de débordement des eaux au droit des futures zones construites.





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