

Rapport de présentation de la cartographie des risques d'inondations sur le TRI de Saint-Benoît

1 - Introduction

La directive européenne du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, dite Directive Inondation (DI), impose l'élaboration des cartes des surfaces inondables et des cartes des risques d'inondation dans les TRI (Territoires à Risque Important d'inondation).

L'objectif premier de la cartographie est de contribuer à la connaissance de l'exposition des enjeux aux inondations pour éclairer notamment la mise à jour des plans de gestion des risques d'inondation.

Les objectifs devant guider l'utilisation des cartes élaborées par l'État sont les suivants:

- guider et encadrer les choix d'aménagement du territoire afin d'assurer la sécurité et la salubrité publique ;
- limiter le coût des dommages liés aux inondations et d'une manière générale ne pas aggraver et même réduire la vulnérabilité du territoire ;
- assurer l'information de la population ;
- participer à la préparation et à la gestion de l'événement d'inondation, notamment en évitant, par les choix d'aménagement ;
- compliquer exagérément la gestion de la crise.

Dans le district de La Réunion, 6 TRI ont été sélectionnés :

- Zones urbanisées des communes de Saint-Denis et de Sainte-Marie concernées par les bassins versants de la Rivière des Pluies, du Chaudron et de la Rivière Saint-Denis,
- Zones urbanisées des communes de Saint-Pierre et du Tampon concernées par les bassins versants de la Ravine Blanche, la Rivière d'Abord et la Ravine des Cabris,
- Zones urbanisées de la commune de Saint-Benoît concernées par le bassin versant de la Rivière des Marsouins,
- Zones urbanisées de la commune de Saint-Paul concernées par le Réseau hydrographique de l'Étang Saint-Paul et Saline Ermitage,
- Zones urbanisées des communes de Sainte-Suzanne et de Saint-André concernées par le bassin versant de la Grande Rivière Saint Jean et la rivière Sainte-Suzanne et
- Zone urbanisée de la commune de Saint-Joseph concernée par le bassin versant de la Rivière des Remparts.

Le 1^{er} cycle de la DI (période 2011-2016) a permis la réalisation des cartes d'inondation relatives à l'aléa débordement de cours d'eau. Pour ce 2nd cycle (2016-2021), il a été proposé de :

- conserver les 6 TRI afin de poursuivre le travail déjà initié ;
- compléter la cartographie des risques d'inondation sur les 6 TRI avec l'aléa submersion marine ;
- mettre à jour les cartographies des risques par débordement de cours d'eau en intégrant les cartes d'aléa des Plans de Prévention des Risques (PPR) réalisées après 2013 ainsi que les nouveaux enjeux des 6 TRI.

La méthodologie utilisée pour la réalisation de la cartographie repose principalement sur les éléments suivants :

- la circulaire du 16 juillet 2012 produite par le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie relative à la phase cartographique pour l'évaluation et la gestion du risque inondation,
- la note méthodologique relative à la mise en œuvre de la phase cartographique des TRI du 2^{ème} cycle de la directive inondation datant du 26 décembre 2018 produite par la direction générale de la prévention des risques.

Afin d'éclairer la connaissance des inondations dans les TRI, la cartographie est déclinée, pour les **2 natures d'aléas, à travers 3 scénarios** :

- les événements fréquents (période de retour de l'ordre de 10-30 ans),
- les événements d'occurrence moyenne (période de retour de l'ordre de 100-300 ans),
- les événements exceptionnels (période de retour supérieure à 1 000 ans).

C'est l'objet des cartographies présentées dans ce rapport sur le TRI du secteur de St-Benoît.

Les cartographies présentées dans ce rapport sur le TRI de St-Benoît ont été arrêtées par Monsieur le Préfet de La Réunion le 19 décembre 2019 (arrêté n° 3873/SG/DRCL/BU).

2 - Présentation générale du TRI

La rivière des Marsouins draine un bassin versant qui s'étend sur 114 km² sur le flanc Est du massif du piton des Neiges. Elle coule en limite des 2 massifs volcaniques du piton des Neiges au Nord et de la Fournaise au Sud. Son périmètre est de 65 km. De nombreux affluents entaillent le relief tourmenté de ce bassin versant, tant sur sa partie amont dans la forêt de Bébour que sur sa partie terminale (Bras Mussard et Bras Canot). Elle incise profondément les pentes de Saint-Benoît depuis sa naissance à la Plaine des Palmistes, et sert ainsi d'exutoire aux eaux pluviales. C'est un bassin très arrosé avec des précipitations annuelles supérieures à 4 m de par son exposition face "au vent" et des précipitations journalières maximales exceptionnelles (1 m constaté en 1993 lors du passage du cyclone Finella).

En matière d'occupation des sols, on observe sur les bassins "moyens" une végétation arbustive dense quasiment forestière, notamment au niveau de Takamaka et Bébour avec des paysages grandioses. Sur les derniers kilomètres aval, on trouve des champs cultivés (canne à sucre) sur les sols alluvionnaires. Hors la ville de Saint-Benoît située sur la zone littorale, le bassin versant est très peu urbanisé.

À noter les aménagements hydroélectriques d'EDF sur ce cours d'eau (usines Takamaka 1 et 2). Les barrages étant "au fil de l'eau" avec une faible capacité de stockage, ils n'ont pratiquement pas d'impact sur le régime hydrologique de crue en aval.

Principaux affluents

Bras Mussard

Le bassin versant du Bras Mussard a une superficie de 13 km² au droit de l'ouvrage de la RD 54 avec un talweg de 7.25 km de long et une pente moyenne atteignant 13%. La RD 54 est submersible.

Autour du Bras Canot

Le chemin Bras Madeleine est submersible sur la partie prolongée à l'aval. Les habitations situées au carrefour du chemin camalon - RD 54 sont exposées au risque d'inondation.

3 - Caractérisation des crues de la Rivière des Marsouins

La zone est très pluvieuse

Il y pleut énormément, plus de 10 m de précipitations moyennes annuelles en certains endroits ce qui représente 5 fois plus d'eau que les maximums moyens de métropole. Sur le bassin versant du TRI, l'amont (Takamaka) est un des foyers les plus intenses de La Réunion (+ 6 m d'eau par an).

Le temps de réponse du bassin versant de la rivière des Marsouins est très court (2h dans la cadre de l'exemple relevé lors du passage de Bejisa). Le débit est passé de 400 m³/s à 900 m³/s en 2 heures.

Parallèlement, la décrue est également très rapide.

Des débits énormes

Le bassin versant du Rhône est 1 000 fois plus étendu que celui de la rivière des Marsouins. Pourtant, le débit de la crue historique du Rhône de 2003 (11 500 m³/s) n'est que 4 fois plus importante que celui de la crue moyenne de la rivière des Marsouins.

Des crues très violentes

Alors que le Rhône présente des vitesses d'écoulement de 2 à 3 m/s en crue, la rivière des Marsouins est torrentielle. Les vitesses d'écoulement entre les 2 ponts sont très élevées jusqu'à 8 m/s et provoquent localement des érosions importantes.

Au centre-ville, dans le secteur compris entre les deux ponts, les risques d'affouillement sont autant à craindre que les débordements.

4 - Historique des crues et des études sur la Rivière des Marsouins

Les principales crues se produisent en période cyclonique. Les crues recensées sont celles ayant causées des dégâts humains ou matériels aux infrastructures et aux habitations.

Depuis 1844, ce phénomène de crue dévastatrice détruit les aménagements de la rivière qui sont régulièrement reconstruits.

Les observations relatives aux crues et dégâts occasionnés sont assez hétérogènes.

Le rapport sur le TRI de St-Benoît établi en 2013 recense les dernières crues historiques de la rivière. La note de présentation du plan de prévention des risques naturels de Saint-Benoît, approuvé en 2017, fait état des études antérieures sur la zone.

5 - Qualification des scénarios de débordement de cours d'eau

Les données utilisées ont pour origine :

- les couches des zones inondables TRI 2013 (issues de l'outil Cartino PC) réalisées par le CETE Méditerranée ;
- les nouveaux PPR approuvés dans chaque TRI, intégrant l'aléa inondation par débordement de cours d'eau ;
- les résultats des Études De Dangers (EDD) des digues présentes dans chaque TRI : les scénarios de défaillance (intégration des modélisations des études de dangers notamment).

L'impact morphogène de ce type d'événement (érosion, modification de lits) n'a pas été traité pour la cartographie des surfaces inondables.

Le mode de représentation retenu pour la cartographie est en classes de hauteurs d'eau (0-0.5m, 0.5-1m, 1 à 2m et supérieur à 2m). Une vectorisation, un lissage des petites surfaces (100m²) et une simplification de géométrie sont ensuite effectués pour un rendu au 1/25 000 ème .

Les résultats du croisement entre les données PPR et les anciennes cartes TRI ont été établis à partir de 2 principales hypothèses :

- la cartographie de l'aléa du PPR sert de référence pour tous les scénarios TRI ;
- le respect du principe d'augmentation de l'enveloppe de l'aléa suivant l'ordre décroissant des probabilités d'occurrence des scénarios.

Ouvrages pris en compte

Les digues "endiguement du Bras Mussard", "ouvrage de protection Bras Canot", "mur canal de décharge - Rue Bouvet - Riv marsouins - Rd" et "endiguement - Rg - Riv des Marsouins - entre Rn2 e - Rg du complexe médical – aval Rue Georges" sont considérées comme résistantes pour des crues de type fréquentes et moyennes, mais transparentes pour des crues extrêmes.

Cartographie de l'événement extrême

« L'aléa de faible probabilité, dénommé événement extrême, est un phénomène d'inondation exceptionnel touchant toute la surface alluviale fonctionnelle (...). À titre indicatif, une période de retour d'au moins 1 000 ans sera recherchée. »

Pour élaborer la cartographie de cet événement extrême, l'intercepteur n'a pas été modélisé. Il a été considéré que les écoulements le traversaient et allaient vers Bras Fusil jusqu'à la ravine Sèche.

Un débit pour la rivière des Marsouins de 4 700m³/s à l'exutoire a été pris en compte, soit 1.8 fois le débit moyen.

La route nationale RN2 est en remblai et forme un barrage à l'écoulement naturel du cours d'eau. Un profil en travers a été positionné le long de cet axe sans géométrie précise de franchissement de l'ouvrage.

Aucune distinction entre le lit mineur et le lit majeur n'a été faite.

Au-delà des incertitudes concernant la faible description du lit mineur décrites dans la note CARTINO PC, la jonction entre le Bras Mussard et la rivière des Marsouins n'a pas pu être représentée en modèle 1D du fait de la présence des chutes. Par ailleurs, le débit capable de la ravine Bras Canot est considéré de l'ordre de la fréquente. La ravine Bras Castor est alors alimentée par la ravine Bras Canot au-delà de la crue fréquente.

Cartographie de l'événement moyen

« *L'aléa de probabilité moyenne est un événement ayant une période de retour comprise entre 100 et 300 ans qui correspond à l'aléa de référence du PPRI* ».

Les résultats CARTINO ont été fusionnés avec les données de l'étude de danger (EDD) réalisée dans le cadre de l'aménagement de la rivière des Marsouins. Les résultats issus du modèle CARTINO se situent de l'amont de la rivière des Marsouins jusqu'à la RN2. Les données issues de l'étude de danger EDD (débit Q50) ont été retenues de la RN2 jusqu'à la mer. L'intercepteur n'a pas été modélisé.

Le débit pris en compte est de 2 610m³/s à l'exutoire.

Outre ces données de modélisation, la cohérence avec l'enveloppe de la cartographie du plan de prévention des risques approuvé de la commune a été strictement respectée.

Cartographie de l'événement fréquent

« *L'aléa de forte probabilité est un événement provoquant les premiers dommages conséquents, correspondant à un temps de retour de 10 ans* ».

La cartographie de cet événement est issue des résultats du modèle 1D CARTINO.

Le débit pris en compte est de 1 355m³/s à l'exutoire.

Incertitude des résultats

Au-delà des incertitudes relatives à la période de retour difficiles à caractériser, notamment liées à la très forte disparité spatiale de la pluie qui peut être à l'origine de fortes crues sur le bassin versant des Marsouins, la limite est conditionnée par le référentiel topographique « Rge alti ign » qui présente un pas de 5 m ; la précision est de 20 cm en altimétrie et 50 cm en planimétrie.

Qualification des enjeux et sources de données utilisées

La carte d'exposition aux risques reprend la synthèse des aléas d'inondation complétée avec les différents enjeux présents dans les zones inondables.

Issus majoritairement de la BD-Topo 2018, les enjeux reportés sont :

- la population et les emplois concernés
- les bâtiments
- le patrimoine naturel
- les zones d'activités
- les installations, classées au titre de la directive IED, sont des industries qui émettent des pollutions pouvant induire des risques chroniques,
- les stations d'épuration
- les points de ressources en eau potable
- le réseau routier structurant
- les ouvrages de protection contre les crues

Le cours aval de la rivière des Marsouins traverse des zones à forts enjeux, notamment au niveau des secteurs habités de l'îlet Coco et du centre-ville de Saint Benoît.

Les cartographies font état des enjeux impactés par cet aléa.

6 - Caractérisation des submersions marines et Études antérieures

Afin de caractériser les différents scénarios pour cet aléa, différents types de données ont été utilisées et valorisées :

- les données utilisées pour l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Littoraux de chaque TRI (couches de l'aléa submersion marine et couches précisant l'impact des événements historiques)
- les bases de données de caractéristiques des houles obtenues dans le cadre du projet HOULREU (Pedreros et al., 2009) et du projet ANR SPICY (<http://spicy.brgm.fr/fr>).

7 - Historique des submersions marines

Approuvé en 2017, le Plan de Prévention des Risques Littoraux de Saint-Benoît présente dans son annexe n°3 l'ensemble des données historiques de l'aléa submersion marine.

8 - Qualification des scénarios de submersion marine

La modélisation numérique a été utilisée pour permettre d'intégrer les spécificités du littoral de l'île. Les simulations de propagation de la houle sont réalisées à partir du couplage du modèle spectral mis en place pour l'étude HOULREU (Pedreros et al., 2009) avec un modèle dit « vague à vague ». L'ensemble du littoral a été traité avec des modèles 1D (profils).

La méthode présentée ci-dessous concerne principalement le scénario de forte probabilité compte-tenu du fait que ceux de moyenne et faible probabilités sont issus des résultats cartographiques des Plans de Prévention des Risques Littoraux (<http://www.reunion.gouv.fr/plans-de-prevention-des-risques-naturels-pprn-r84.html>).

Cartographie de l'événement fréquent (occurrence 10-30 ans ou forte probabilité)

La Réunion est exposée à deux régimes de houles qui peuvent générer des phénomènes de submersion marine : les houles australes et les houles cycloniques. Les houles d'alizés, bien que dominantes sur les façades Nord et Est, ne sont pas les plus impactantes (Pedreros et al., 2009). Pour déterminer les caractéristiques de l'événement fréquent, une analyse a été menée pour chaque TRI afin de définir le type de houle qui sera utilisé. Si l'ensemble de La Réunion peut être impactée par des houles cycloniques, les façades Sud et Ouest restent exposées en premier lieu aux houles australes. Il apparaît donc important de découper La Réunion en deux zones.

Saint-Benoît, Façade Nord

Sur la base des données utilisées, le cyclone tropical GAMEDE survenu entre le 20 février et le 6 mars 2007 est apparu être l'événement le plus adapté. En effet, les hauteurs significatives de la houle générée lors du passage de GAMEDE sont estimées autour de 10 ans.

Pour chaque TRI, plusieurs profils 1D ont été positionnés afin de représenter au mieux les différentes morphologies du littoral et ainsi caractériser le phénomène de submersion marine sur les différents secteurs. Les simulations, compte-tenu des incertitudes et afin de simplifier la démarche, ont été menées directement à partir des houles de référence publiées par Lecacheux et al. (2012) suite à l'étude HOULREU.

Une analyse des différents résultats obtenus le long des profils 1D a été menée afin de caractériser l'emprise maximale de la submersion marine ainsi que les classes de hauteur d'eau générée au cours de l'événement. Ces résultats ont été ensuite confrontés à la fois à la géomorphologie du site (pente et altimétrie), au recensement des impacts des événements historiques et à la cartographie de l'aléa submersion marine dans le cadre des PPRL.

L'ensemble des résultats sur ces différents TRI concernant la submersion marine pour un scénario de forte probabilité tel que le cyclone GAMEDE sont relativement cohérents à l'échelle de la façade Nord.

Cartographie de l'événement moyen (occurrence 100-300 ans ou moyenne probabilité)

Les cartographies des classes de hauteur d'eau sont directement issues des cartographies de l'aléa submersion marine de référence intégrant une surélévation du niveau de la mer de 20 cm réalisées dans le cadre du Porter-à-connaissance lié à la procédure d'élaboration du Plan de Prévention des

Risques Littoraux. Dans ce cadre, c'est la houle cyclonique de DINA pour Saint-Benoit dont la hauteur du pic de la houle a été rehaussée pour atteindre une période de retour centennale.

Cartographie de l'événement extrême (occurrence supérieure à 1 000 ans ou faible probabilité)

Aucun événement connu ou documenté d'un tel niveau d'occurrence n'a été relevé sur le territoire. Aussi, les cartographies des classes de hauteur d'eau sont directement issues des cartographies de l'aléa submersion marine à échéance 2100, intégrant une surélévation du niveau de la mer de 60 cm réalisées dans le cadre des Plans de Prévention des Risques Littoraux.

Qualification des enjeux et sources de données utilisées

La carte d'exposition aux risques reprend la synthèse des aléas d'inondation complétée avec les différents enjeux présents dans les zones inondables.

Les cartographies font état des enjeux impactés par cet aléa.

Les présentes cartes et l'analyse correspondante vont permettre de compléter les objectifs de la Stratégie Locale de Gestion du Risque Inondation (SLGRI) pour le TRI. Pour Saint-Benoît, la SLGRI conduite par les collectivités locales, avec l'État, aura pour objectif de réduire au mieux la vulnérabilité des enjeux diagnostiqués dans le présent rapport.