

# Rapport de présentation de la cartographie des risques d'inondations sur le TRI de Saint-Pierre/Le Tampon

## 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<sup>er</sup> 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 2<sup>nd</sup> 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<sup>ème</sup> 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-Pierre/Le Tampon 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**

Le territoire à risque important recouvre deux communes, Le Tampon (72 000 habitants) et Saint-Pierre (77 000 habitants). Le secteur, d'une superficie d'environ 139 km<sup>2</sup>, est traversé par trois grandes ravines parallèles d'orientation nord-est, sud-ouest (Ravine des Cabris, Rivière d'Abord et Ravine Blanche). L'existence d'un substratum basaltique construit par superposition de coulées volcaniques récentes conduit aux caractéristiques suivantes :

- un réseau hydrographique peu marqué conduisant à de nombreuses diffuences en période de crues, rendant les écoulements peu prévisibles et renforçant la vulnérabilité de l'ensemble de la zone,
- un sol particulièrement hétérogène et fracturé permettant une infiltration aux caractéristiques quantitatives proches de celle de massifs karstiques. De ce fait, l'eau peut traverser occasionnellement en profondeur les vides offerts par l'ensemble gratois, alluvions, marmites de géant, diaclases ou tunnels laviques.
- De manière plus ponctuelle, des risques d'embâcles importants existent sur des ouvrages de franchissement faiblement dimensionnés.

### La ravine des Cabris

La ravine des Cabris draine un bassin versant de 38 km<sup>2</sup> avec un linéaire de 21 km environ. Elle reçoit les apports principaux du Bras d'Antoine en rive droite et de la ravine Trois Mares juste en amont de la RN1. Elle s'écoule depuis les abords du piton Manuel sur la plaine des cafres, commune du Tampon, parcourt l'essentiel de la plaine du Tampon - Saint-Pierre (secteurs urbanisés des 23ème km, 17ème km, 14ème km et 12ème km, les quatre-cents, ravine des Cabris, Bois d'olive) pour se rejeter dans l'océan à l'Ouest de l'aéroport de Pierrefonds.

A noter : l'aménagement de l'intercepteur amont du quartier Bois d'olives à St-Pierre assure la dérivation de la Ravine Trois-Mares vers le Bras de la plaine en aval du pont de l'Entre-Deux. La Ravine des cabris s'écoule sur des terrains basaltiques jeunes (voire très jeunes à l'échelle géologique), sur une plaine peu pentue et uniforme. Les lits naturels sont peu creusés et facilitent le basculement des écoulements vers les thalwegs et ravines voisines, comme la ravine Blanche via le Bras de douane.

### La ravine Blanche

La ravine Blanche draine un bassin versant de 36,3 km<sup>2</sup> pour un linéaire de 26 km. Elle reçoit les apports principaux du Bras de douane en rive droite. La ravine Blanche est la plus importante ravine drainant la plaine des Cabris. Son lit unique sur la partie amont se divise en plusieurs bras entre le piton de la ravine Blanche et le bourg du Bras creux où elle présente un caractère de divagation important favorisant des diffuences vers d'autres bassins versants (la Rivière d'abord, le Bras creux) et vers la ravine Don Juan (affluent de rive droite de la ravine Blanche). Des aménagements ont été réalisés dans leur lit ; nous pouvons citer :

- le radier de franchissement du CD38 a été remplacé par un pont au début des années 90 ;
- la ravine Don Juan qui conflue auparavant avec le Bras de douane a été dérivée dans la ravine Blanche au niveau du quartier de la châtoire à 500 m NGR en 1996.

Les secteurs urbanisés sur les berges de la Ravine Blanche et de ses affluents sont les suivants :

- l'agglomération du Tampon sur près de 5 km entre le Bourg du Bras creux et la ligne des 400, et sur la commune de St-Pierre ; il ne concerne réellement que la ZI n°1 à l'Ouest du centre-ville ;
- la commune de St Pierre, principalement une zone d'habitat à la ligne paradis, à l'amont immédiat du CD38 (entre 160 et 120 m NGR) et la ZI 1 à St Pierre vers 50 m NGR. Sur l'ensemble de son linéaire, le thalweg est peu marqué.

- la ravine Don Juan traverse la zone urbaine de l'agglomération du Tampon puis rejoint la ravine Blanche grâce à une dérivation réalisée en 1966.
- la ravine Concession est totalement urbanisée au centre-ville du Tampon. La ravine s'individualise à la sortie de l'agglomération du Tampon vers 470 m NGR. Son lit est assez bien marqué jusqu'au niveau du CD28 au sein du quartier de la ligne des bambous. En deçà et jusqu'au niveau du CD38, les écoulements traversent des champs de canne sans thalweg réellement marqué. Enfin à l'aval, jusqu'à la RN3, le thalweg a été rétabli le long de la RN1 jusqu'à la Ravine Blanche avec laquelle il conflue à l'amont immédiat de la ZI 1.

#### La rivière d'Abord

La rivière d'Abord draine un bassin versant de 63 km<sup>2</sup> environ pour un linéaire de 20 km environ. La rivière d'Abord reçoit les apports du Bras creux en rive droite et en rive gauche du Bras Rouge, du Bras cochon, de la Ravine Jean Payet et du Bras martin. Sur l'amont du bassin versant, la majeure partie de la surface est constituée de zones de pâturage. Les zones plus urbanisées concernent la partie Nord du bassin en limite avec la ravine Blanche comme la zone du Tampon ou du petit Tampon sur les rives du Bras cochon. A l'exutoire, le bassin est plus urbanisé mais le cours d'eau se trouve plus encaissé, épargnant les habitations des crues les plus fréquentes. Toutefois, divers documents (thèse et revue de presse) montrent une vulnérabilité particulière du quartier Bassin plat, à la défluence du cours d'eau au droit d'un extradors d'un coude à 90°. La rivière d'Abord se jette dans l'océan au droit du port de St-Pierre.

### 3 - Caractérisation des crues

La zone est très pluvieuse

A l'amont sur la Plaine des Cafres, il pleut environ 2 m de précipitations moyennes annuelles. A l'aval de la zone urbaine du Tampon il est enregistré 1,5 mètres par an, mais les épisodes pluvieux peuvent être importants en hiver (50 à 70 m).

Le temps de réponse du bassin versant de la ravine Blanche est atypique. En début d'événement compte tenu des capacités d'infiltration de territoire, les écoulements enregistrés à l'aval sont nuls malgré des pluies significatives sur la Plaine des Cafres.

Par contre, dès saturation des sols le temps de réponse est très court (2h dans le cadre de l'exemple relevé lors du passage du cyclone Tropical Felleng). La station a enregistré une vague de 32m<sup>3</sup>/s pendant 3 heures, puis la décrue a été immédiate.

Les crues sur le bassin versant

Les bassins versant de la Planète Tampon/Saint-Pierre (bassins versants de la Ravine des Cabris, de la ravine Blanche et de la Rivière d'Abord) présentent un profil relativement atypique en raison notamment des 3 caractéristiques suivantes :

- Un bassin versant très urbanisé (au total environ 140 000 personnes),
- Un réseau hydrographique naturel très dense et un nombre très important de défluences et bras multiples constituant le bassin (essentiellement sur les parties amont et intermédiaire situées sur la commune du Tampon) qui implique un fonctionnement complexe au-delà d'une récurrence de ruissellement exceptionnelle,
- La nature géologique de cette planète est constituée d'un substratum basaltique très peu altéré. Compte tenu de ces éléments, les crues sont caractérisées par des écoulements souvent en régime critique à torrentiel, en nappe et concentration dans les rues et dans des talwegs secondaires. Elles sont relativement rapides (quelques heures) et le front (montée de la crue) brutal.

Les phénomènes d'infiltration mis en jeu sur la Planète, mal connus, influencent fortement l'impact des crues. Enfin, le développement de l'urbanisation sur le bassin versant tend à accroître les risques d'inondation en augmentant les volumes d'eau qui ruissellent et en diminuant les temps de réponse des cours d'eau.

### 4 - Historique des crues et des études

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.

Les observations relatives aux crues et dégâts occasionnés sont assez hétérogènes. Cependant les événements liés au passage du cyclone Firinga (29 janvier 1989) font référence. Les crues, qui ont généré de nombreux désordres (débordements et érosion, etc...), sont apparentées à des phénomènes de période de retour centennale.

Le rapport sur le TRI de Le Tampon/St-Pierre établi en 2013 recense les dernières crues historiques de la rivière.

Les notes de présentation des plans de prévention des risques naturels de Saint-Pierre et du Tampon, respectivement approuvés en 2016 et en 2017, recensent les 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.

Il n'y a pas d'étude de dangers pour les digues présentes sur ce TRI.

L'impact du transport solide dans les lits (érosions, divagation...) n'a pas été traité pour la cartographie des surfaces inondables. L'impact de l'infiltration sur le bassin a été estimé, mais mériterait une caractérisation plus fine.

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 (100m<sup>2</sup>) et une simplification de géométrie sont ensuite effectués pour un rendu au 1/25 000<sup>ème</sup>.

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 et
- 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

L'ensemble des digues ou aménagements par déroctage réalisés sur le territoire a été pris en compte pour des crues de type fréquentes et moyennes. Pour des crues extrêmes, elles ont toutes été considérées comme transparentes. Ce qui signifie que les ouvrages sont considérés comme inefficaces soit qu'ils sont submergés, soit qu'ils seraient détruits.

### 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. »*

La cartographie de cet événement extrême est issue de la méthode CARTINO modèle 1 et le débit pris en compte est de 1.8 fois le débit moyen caractérisé par l'étude générale de 2009.

### 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 ».*

Outre les résultats de modélisation de Cartino, la cohérence avec l'enveloppe de la cartographie des plans de prévention des risques approuvés sur les communes 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.

## **Incertitude des résultats**

Au-delà des incertitudes relatives à la période de retour, notamment liées à la très forte disparité spatiale de la pluie ou à la qualification des capacités d'infiltration de la planèze, la précision des zones cartographiées est conditionnée par le référentiel topographique utilisé pour l'étude.

La précision est de 30 à 50 cm en altimétrie et 1 m 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

Les ravines traversent des zones à forts enjeux, notamment au niveau des secteurs habités du centre-ville du Tampon, des zones aménagées de St-Pierre à l'amont de la nationale et du centre-ville de Saint-Pierre.

Les cartographies font état des enjeux impactés par cet aléa.

## **6 - Caractérisation des submersions marines et Études antérieures**

L'aléa submersion marine n'a été étudié que sur la commune de St-Pierre.

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 2018, le Plan de Prévention des Risques Littoraux de Saint-Pierre présente en annexe 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-Pierre, Façade Sud**

L'analyse des événements historiques ainsi que l'estimation des périodes de retours associées conduit à choisir les caractéristiques de la houle australe survenue entre le 31/07/2003 et le 03/08/2003. En effet, les caractéristiques de la houle pour cet événement ont une période de retour légèrement supérieure à 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. Pour les simulations, compte-tenu des incertitudes et afin de simplifier la démarche, les simulations 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 les houles australes de 2003 sont relativement cohérents à l'échelle de la façade Sud.

### **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 Plan de Prévention des Risques Littoraux. C'est la houle cyclonique de HOLLANDA pour Saint-Pierre avec une hauteur du pic de houle rehaussée qui a permis d'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-Pierre/Le Tampon, 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.