

# Rapport de présentation de la cartographie des risques d'inondations sur le TRI de St-Denis/Ste-Marie

## 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-Denis/Ste-Marie.

Les cartographies présentées dans ce rapport sur le TRI de St-Denis/Ste-Marie 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 Saint-Denis

La rivière Saint-Denis traverse du sud au nord la partie ouest de la commune qu'elle scinde en deux parties et se jette au niveau de la petite Baie, connue également sous le nom d'anse du Barachois. L'aval est fortement urbanisé. On parle des quartiers du Bas de la Rivière.

Vers l'amont, la rivière, progressivement encaissée, perd ses attributs urbains pour s'offrir à un paysage naturel grandiose, porte d'entrée du parc naturel Régional pour le nord de l'Île.

Le hameau de la colline, constitué dans sa partie aval d'habitations, peut se retrouver isolé lors d'événements pluvieux importants. Les habitations situées plus en amont, toujours dans le lit majeur de la rivière, ne semble occupées que temporairement, dans le cadre d'activités agricoles.

Son bassin versant, très allongé, culmine à une altitude de 1962 m NGR et s'étend sur la réserve naturelle de la Roche écrite, pour une longueur de cheminement de 16,7 Km à son exutoire dans l'océan indien. Sa superficie est d'environ 30 km<sup>2</sup>.

Les deux principaux affluents de la rivière Saint-Denis sont :

- Le bras Guillaume en rive gauche, issu de la plaine d'Affouche
- Le Grand Bras en rive droite prend sa source au nord de la Plaine des Chicots

La partie aval, à compter de la passerelle d'accès au hameau de la colline, présente un caractère endigué avec des ouvrages de protection des rives (digues et murs) bâtis sur des alluvions, et des ouvrages de franchissements (3 ponts et passerelle) soumis ponctuellement à des affouillements au niveau de leur pied. Le système d'endiguement réalisé assure une protection contre les crues de retour 100 ans.

### La ravine Gentille

La Ravine gentille prend sa source sur le plateau de la montagne et présente un bassin versant de 1.2Km<sup>2</sup> de superficie à l'exutoire. Elle est partiellement canalisée le long de Boulevard U2 et se jette dans l'océan à l'aval de la caserne Lambert.

### La ravine du Butor

Si les hauteurs du bassin sont très boisées, très vite à l'approche du centre-ville de Saint-Denis, le sol s'imperméabilise du fait de l'urbanisation. Du côté Ouest à une altitude de 450m environ, on va trouver les quartiers du Brûlé, de Bellepierre puis de la source et du côté Est, à une altitude de 650m environ, Saint-François puis Montgaillard et la Providence.

Par la suite, le bassin est traversé par le boulevard sud et se trouve entièrement urbanisé. La ravine du Butor est entièrement canalisée à partir du quartier de la Providence tout comme la Ravine de la glacière. De même le Ruisseau des noirs se trouve par endroit couvert par l'urbanisation. La ravine Laverdure a aussi subi des aménagements de berges mais moins conséquents.

Aujourd'hui le canal du Butor assure la protection des quartiers mais ne garantit pas en tous points la même protection.

### La ravine de Patates à Durand

La ravine Patates à Durand, qui n'est pas une rivière pérenne, prend sa source sur la planèze de la Roche écrite au niveau de la plaine des chicots. Elle draine un bassin versant de l'ordre de 13 km<sup>2</sup> dont le point haut culmine à 1944 m NGR, avec une médiane de plus de 1000 m NGR. Le bassin est très allongé, avec une partie amont entièrement comprise dans le massif de la Roche écrite, donc très boisée avec une végétation dense, jusqu'à une altitude de 650 m où apparaissent les premières

habitations du quartier de Saint-François. Le lit de la ravine devient plus encaissé à sa confluence avec la ravine camp Ménard en rive gauche. Par la suite, la ravine des Patates à Durand reçoit les apports de la ravine Blanche en rive droite puis de la ravine Moufia en rive gauche.

Les hauteurs du bassin s'urbanisent de plus en plus en rentrant dans les quartiers hauts de la commune de Saint-Denis. Toutefois, cette imperméabilisation des sols est toute relative, étant donné que la largeur du bassin devient de plus en plus étroite, seulement 750 m, avant d'être entièrement canalisée lors de sa traversée des zones les plus habitées, jusqu'à son exutoire.

La partie aval est endiguée ; les ouvrages réalisés par tronçon entre 1975 et 1980 comprennent une fosse de piégeage des matériaux charriés par la ravine, située en amont, et un canal en U de 1,7 km composé de piédroits et d'un radier en béton.

#### La ravine du Chaudron

la ravine du Chaudron prend sa source au niveau de la plaine des chicots et draine un bassin versant de plus de 19 km<sup>2</sup> dont le point culminant se trouve à 2026 m d'altitude ; la ravine du Chaudron court sur presque 16 km. Le bassin est étroit puisque sa largeur moyenne est d'environ 1,5km pour une longueur de plus de 13km.

La ravine du Chaudron reçoit les apports de trois affluents mineurs sur sa rive droite que sont la Ravine Cateau, le Bras Benjoin, la ravine Fond de Paul. Le bassin se découpe en deux zones : la première, la partie amont du bassin est très végétalisée, puisque située dans la forêt départementale de la Roche écrite ; la seconde zone, la partie basse du bassin en aval de la cascade du chaudron qui présente un cassé vertigineux de plus de 400 m, est de plus en plus imperméabilisée en entrant dans les quartiers hauts de Saint-Denis.

La partie aval de la ravine, sur un peu plus de 2 km, est endiguée avant de se jeter dans l'océan.

#### La rivière des Pluies

La rivière des Pluies est une des rivières pérennes de l'île. Orientée principalement sud-nord, elle prend sa source dans le massif de la Roche écrite, espace boisé correspondant à 75 % de la surface totale du bassin. C'est l'un des cours d'eau majeurs de l'île de la Réunion du fait non seulement de la superficie de son bassin versant mais aussi du très fort transport solide qu'elle présente et des fortes crues auxquelles elle est soumise. Le lit de la rivière se trouve très vite encaissé sur la première moitié des 18 km de son linéaire, et présente un important cirque d'effondrement (le grand éboulis). La présence d'habitations proches de la rivière est très limitée dans la partie amont du bassin versant, toutefois, quelques îlets se sont développés dans la partie médiane (îlet la pluie ou encore îlet quinquina). C'est au niveau de l'îlet quinquina qu'elle reçoit les apports de la ravine Montauban venue du haut des Remparts du bassin, qui se trouvent être un peu plus urbanisés juste en amont de cette confluence. Par la suite, à son arrivée dans les zones les plus urbanisées des communes de Saint-Denis et de Sainte-Marie, elle reçoit en rive droite les apports de la ravine Sèche, ce qui accroît fortement la superficie de son bassin versant.

Dans sa partie basse, ce cours d'eau est caractérisé par des écoulements en tresse avec de nombreux chenaux à forte divagation sur son cours aval (cône de déjection). Elle reçoit les apports en période de précipitations de la ravine Cadet en rive gauche à 2,5km de son exutoire dans l'océan.

L'exutoire accueille, en rive droite, l'aéroport Gillot Roland-Garros qui a fait l'objet de protection par épis en 1966. Pour mémoire, les pluies intenses sur le bassin versant de la Rivière de pluies les 17 et 18 février 2006 (tempête tropicale modérée DIWA) et les 5 et 6 mars 2006 ont provoqué des dégâts importants aux berges des rives droite et gauche du cours d'eau avec destruction de plusieurs habitations et mise en péril d'autres logements.

### **3 - Caractérisation des crues**

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. Le bassin versant du TRI constitue une zone pluvieuse intermédiaire représentative du nord de l'île. On y distingue deux zones :

- la plaine des Fougères et la plaine d'affouches. Les précipitations y varient entre 2,2 et 3 m par an
- les hauts de Saint-Denis. Il y pleut entre 1,2 et 2,2 m par an.

Le temps de réponse du bassin versant de la rivière des pluies est très court lorsque les sols sont saturés (2 h dans la cadre de l'exemple relevé lors des fortes pluies du 30 janvier 2011). Le débit est

passé de 80m<sup>3</sup>/s à 264m<sup>3</sup>/s en quelques heures. Parallèlement la décrue est immédiate, moins de 1heure suite à l'arrêt de la pluie.

## **4 - Historique des crues et des études sur la rivière des Pluies**

Des débits énormes

Le bassin versant de la Loire est 2500 fois plus étendu que celui de la rivière des pluies, 3500 fois plus que celui de la Rivière Saint-Denis, 7000 fois plus que celui du Butor ou 9000 fois plus que celui de Patates à Durand. Malgré cet écart de surface des bassins, la crue moyenne de la rivière des Pluies est équivalente au débit moyen hivernal de La Loire. Plus remarquable, le débit de la crue historique de La Loire de 1999 est équivalent à 4 fois celui de la crue moyenne de la rivière des Pluies, 8 fois celle de la rivière Saint-Denis et 20 fois celle des ravines Butor et Patates à Durand.

Des crues très violentes

Alors que La Loire présente des vitesses d'écoulement de 2 à 3m/s en crue, les ravines et rivières traversants Saint-Denis ont un écoulement torrentiel en crue. Les vitesses d'écoulement peuvent être de 6 m/s pour la rivière des Pluies ou la rivière Saint-Denis et de 14m/s (en centennale) pour les parties endiguées des Ravines du Butor ou de Patates à Durand.

En traversées des zones urbaines, les risques d'affouillement ou d'érosion sont autant à craindre que les débordements.

Le rapport sur le TRI de St-Denis/Ste-Marie établi en 2013 recense les dernières crues historiques de la rivière des Pluies, des ravines Patates à Durand et Butor. Il fait état des études antérieures sur la zone complétée par le projet de PPR sur la commune de Ste-Marie d'avril 2019.

## **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). Sur ce TRI ont été prises en considération l'étude de sécurité et de sûreté des ouvrages hydrauliques de la ravine du Butor de juin 2015, l'étude de dangers des ouvrages hydrauliques de la ravine Patates à Durand d'avril 2014 et celle des digues de protection de la rivière des Pluies.

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 (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 ;
- 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 ouvrages d'endiguement ont été pris en compte comme suit :

-pour les crues fréquentes : rivière Saint Denis, Ravine du Butor, Ravine de Patates à Durand, Ravine du chaudron, rivière des Pluies, ravine la Verdure, ravine Bancoul, ravine Finette et ravine Moufia, ravine Gentille

-pour les crues d'occurrence moyenne : rivière Saint Denis, ravine de Patates à Durand, ravine du Chaudron, rivière des Pluies, ravine Bancoul, ravine Finette et ravine Moufia.

Tous les ouvrages sont considérés effacés pour la crue extrême, soit qu'ils seraient 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 repose sur les données de débits issues du rapport 2013 sur le TRI.

### **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 ».*

La cartographie repose sur les données de débits issues du rapport 2013 sur le TRI.

Outre ces données de modélisation, la cohérence avec l'enveloppe de la cartographie du plan de prévention des risques approuvé des 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 repose sur les données de débits issues du rapport 2013 sur le TRI.

### **Incertitude des résultats**

Au-delà des incertitudes relatives à la période de retour, notamment liées à la très forte disparité spatiale de la pluie qui peut être à l'origine de fortes crues sur les bassins versants du TRI, 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 des rivières et des ravines de la commune de St-Denis entre la rivière Saint-Denis et la Rivière des pluies traverse des zones à forts enjeux urbanisés.

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 et études**

Le rapport du BRGM « Caractérisation et cartographie des aléas côtiers pour l'élaboration du Plan de Prévention des Risques Littoraux des communes du Nord-Est de La Réunion » recense les phénomènes historiques du secteur pour le secteur Nord de l'île et il constitue l'étude la plus aboutie et à jour sur ce type de phénomène pour la commune de Saint-Denis.

## **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'évènement 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'évènement 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-Denis, 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'évènement 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'évènement. Ces résultats ont été ensuite confrontés à la fois à la géomorphologie du site (pente et altimétrie), au recensement des impacts des évènements historiques et à la cartographie de l'aléa submersion marine dans le cadre de l'élaboration du 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. C'est le phénomène de la houle cyclonique de DINA (avec une hauteur de houle plus élevée) qui a été pris comme aléa de référence sur la zone de Saint-Denis/Sainte-Marie.

### **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-Denis/Sainte-Marie, 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.**