L'évaluation préliminaire des risques d'inondation 2011

BASSIN RÉUNION

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat
Développement durable
Prévention des risques
Infrastructures, transports et mer

Présent pour l'avenir

Introduction....5

Présentation du district....11

Géographie....13

Topographie et occupation du sol....15

Principaux cours d'eau, bassins hydrographiques et zones littorales....16

Types d'inondations sur le district....18

Nature des principaux enjeux....20

Politique de gestion des inondations conduite à la Réunion....21

Historique de la politique de gestion des inondations....21

Principaux axes de gestion du risque inondation....24

Évaluation des conséquences négatives des inondations....27

Objectifs et principes généraux de l'évaluation....29

Principaux évènements marquants d'inondation....31

Le cyclone de janvier 1948....32

La dépression tropicale Hyacinthe (1980)....33

Le cyclone Firinga (1989)....35

Le cyclone Gamède (2007)....38

La houle de mai 2007....41

Impacts potentiels des inondations futures....43

Évaluation des zones concernées par les phénomènes de débordement de cours d'eau, submersions marines et remontées de nappes....43

Évaluation des impacts potentiels....46

ANNEXES....55

Table des illustrations et des tableaux....57

Liste des illustrations....57

Liste des tableaux....58

Historique des versions du document....59

Version....59

Affaire suivie par....59

Sommaire

Introduction

De 1998 à 2002, l'Europe a subi plus de 100 inondations graves, dont celles du Danube et de l'Elbe en 2002. Globalement, sur cette même période, les inondations ont causé en Europe la mort de 700 personnes et au moins 25 milliards d'euros de pertes économiques. Face à ce constat, la Commission Européenne s'est mobilisée en adoptant en 2007 la directive 2007/60/CE relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, dite « directive inondation ».

Cette directive propose une méthode de travail qui vise à permettre aux territoires exposés au risque d'inondation, qu'il s'agisse de débordements de cours d'eau, de submersions marines, de remontées de nappes ou de ruissellements, d'en réduire les conséquences négatives. En cohérence avec la politique de l'eau, l'échelle de travail retenue est le district hydrographique, ici le bassin de la Réunion. La démarche proposée pour atteindre les objectifs de réduction des dommages liés aux inondations, fixés par chaque État, est progressive. Enfin, les politiques de gestion du risque d'inondation doivent être élaborées dans le cadre d'une concertation élargie.

La France dispose déjà d'outils de prévention performants (PPR :Plans de prévention des risques, PAPI : Programmes d'action de prévention des inondations, Plans Grands Fleuves,...), qui sont aujourd'hui mobilisables pour mettre en œuvre la directive inondation. Cette directive constitue une opportunité de faire avancer la politique actuelle, de l'organiser et de la hiérarchiser davantage, tout en responsabilisant ses différents intervenants et en donnant une place de premier plan aux collectivités territoriales.

In fine, l'ambition pour l'État et les parties prenantes, forts du cadre fixé par la directive inondation, est de parvenir à mener une politique intégrée de gestion des risques d'inondation sur chaque territoire, partagée par l'ensemble des acteurs.

L'objectif de « choix partagé »

Vouloir réduire les conséquences négatives des inondations conduit à s'interroger sur l'aménagement de l'espace et sur la façon dont les citoyens l'occupent. Les modes d'urbanisation et le fonctionnement social et économique d'un territoire participent, en effet, à sa vulnérabilité aux inondations ou au contraire à sa capacité de réduire les impacts puis de se relever plus ou moins vite d'un traumatisme. L'implication des collectivités territoriales dans la gestion des inondations est donc essentielle.

Par ailleurs, les mesures de réduction des conséquences négatives des inondations, telles que la réduction de la vulnérabilité, une meilleure organisation pour gérer la crise, des mesures de protection des populations et du patrimoine ou un développement économique adapté aux risques doivent être adaptées aux spécificités de chaque territoire, gage de la participation de tous.

En France, le concept de « choix partagé », mis en avant dans la transposition en droit français de la directive, vise à développer une compréhension partagée des risques d'inondation et une vision commune en matière de gestion de ces risques, entre l'État et les collectivités territoriales, et ce à une échelle appropriée. Ainsi, dans la loi de transposition de la directive inondation est inscrite la réalisation concertée d'une stratégie nationale de gestion des risques d'inondation (SNGRI).

La définition et la mise en œuvre de cette stratégie nécessitent une connaissance des risques fondée sur une vision homogène des vulnérabilités à l'échelle nationale et à l'échelle de chaque district, ainsi qu'une gouvernance appropriée à ces mêmes échelles.

Une gouvernance adaptée à une large association des acteurs

A l'échelle nationale, afin de permettre aux parties prenantes associées aux côtés de l'État, au premier rang desquelles les collectivités locales et les acteurs de l'eau, de décider ensemble de cette stratégie et d'encadrer la politique de gestion des risques sur tout le territoire, la Ministre du développement durable a souhaité mettre en place une gouvernance nationale pour la gestion des risques d'inondation, par l'installation le 12 juillet 2011 d'une Commission mixte inondation (CMi), émanant des structures de gouvernance existantes dans les domaines de l'eau et de la prévention des risques naturels : le Comité national de l'eau et le Conseil d'orientation pour la prévention des risques naturels majeurs.

Introduction

Sur chaque district hydrographique, en tenant compte des spécificités et pratiques de chaque territoire, de nouveaux modes de gouvernance se mettent en place, en lien étroit avec le Comité de bassin.

La Réunion constituant à elle seule un bassin hydrographique, l'étroitesse du territoire limite les parties prenantes et il a été décidé d'associer le Comité de Bassin et le Conseil Départemental de la Sécurité Civile et des Risques Naturels Majeurs (CDSCRNM). Sont regroupés au sein de ces institutions l'ensemble des acteurs du développement de l'île, comme les collectivités locales, le Conseil Régional, le Conseil Général, les chambres consulaires, les associations, les assureurs, les notaires, l'Office de l'eau et plus généralement, tout intervenant concerné par la problématique aménagement et inondation sur La Réunion.

Les acteurs réunis au sein de ces instances de gouvernance auront donc la responsabilité de définir une politique globale de gestion des risques d'inondation et de fixer des priorités d'intervention sur les territoires les plus exposés.

L'EPRI, évaluation préliminaire des risques d'inondation : un premier état des lieux homogène et partagé

L'EPRI est fondée sur les mêmes principes et réalisée avec les mêmes méthodes dans chaque district hydrographique. Elle constitue la première étape de la mise en œuvre de la directive inondation qui en compte 4 (cf. tableau 1). Cet état des lieux qu'est l'EPRI permettra ensuite d'identifier les territoires sur lesquels l'effort public pour la réduction des conséquences négatives des inondations sera porté en priorité, notamment via le plan de gestion des risques d'inondation (PGRI, cf. encadré 1) élaboré à l'échelle du district, décliné ensuite dans des stratégies locales.

L'ambition de l'EPRI est double :

- fournir à l'ensemble des acteurs une base technique permettant d'évaluer les impacts des différents types d'inondations sur la santé humaine, l'environnement, le patrimoine et l'activité économique ; cette étape est instruite par les services de l'État ;
- initier une co-construction, par les acteurs territoriaux, des indicateurs de risque pouvant enrichir l'identification des Territoires à Risque Important. Cette étape mobilise l'ensemble des parties prenantes aux côtés des services de l'État.

Compte-tenu de son contenu et de son échelle d'élaboration, l'EPRI n'a pas vocation à être un élément constitutif du porter à connaissance de l'État, mais plutôt un document préparatoire dont l'objectif premier est de permettre de fixer des priorités et des objectifs partagés par tous. Elle est publique, et donne à chacun une vision d'ensemble des conséquences négatives des inondations à l'échelle du district.

Une EPRI nationale fera a posteriori la synthèse de l'ensemble des EPRI des districts, mettant en valeur les événements d'impact national voire européen. Elle alimentera la stratégie nationale de gestion des risques d'inondation.

Calendrier 2011-2015	Une méthode progressive en 4 étapes	
2011	**1. État des lieux :** Évaluation Préliminaire du Risque sur le district	Une révision tous les 6 ans
mi 2012	**2. Définition des priorités :** Identification des Territoires à Risque Important	
2013	**3. Approfondissement des connaissances sur ces priorités :** Cartographie des risques sur les Territoires à Risque Important	
2015	**4. Définition d'une politique d'intervention sur le district :** Élaboration d'un plan de gestion du risque d'inondation sur le district, intégrant des stratégies locales de gestion du risque d'inondation sur les territoires à risque important	

Tableau 1: Les étapes de la mise en œuvre de la directive inondation

Un Plan de Gestion du Risque Inondation en 2015

En encadrant et optimisant les outils actuels existants (PPRi, PAPI, Plans grands fleuves, schéma directeur de la prévision des crues,...), le plan de gestion retenu donnera une vision stratégique des actions à conjuguer pour réduire les conséquences négatives des inondations sur un territoire donné.

Au service de territoires rendus ainsi plus durables, ce plan à l'échelle de chaque grand bassin orchestrera toutes les composantes de la gestion des risques d'inondations : information préventive, connaissance, surveillance, prévision, prévention, réduction de la vulnérabilité, protection, organisation du territoire, gestion de crise, retour d'expérience.

Contenu et présentation de l'EPRI

L'EPRI présente les grandes caractéristiques du district vis-à-vis du risque d'inondation, et évalue les conséquences négatives que pourraient avoir les inondations sur le territoire en analysant les événements du passé et en estimant les impacts potentiels des inondations futures. Les informations sur les principaux événements du passé nous renseignent sur la sensibilité de notre territoire à ces événements majeurs, qui peuvent se reproduire aujourd'hui dans un contexte de vulnérabilité accrue. Pour compléter ces enseignements, une analyse des enjeux actuels potentiellement exposés est réalisée afin d'avoir une vision objective, homogène et systématique.

Présentation du district

Géographie

Située dans l'Océan Indien, la Réunion (voir illustration 1) est une île d'origine volcanique, apparue il y a environ 3 millions d'années, d'une superficie de 2 512 km², présentant des reliefs très marqués (sommet du Piton des Neiges situé à 3 071 mètres d'altitude).

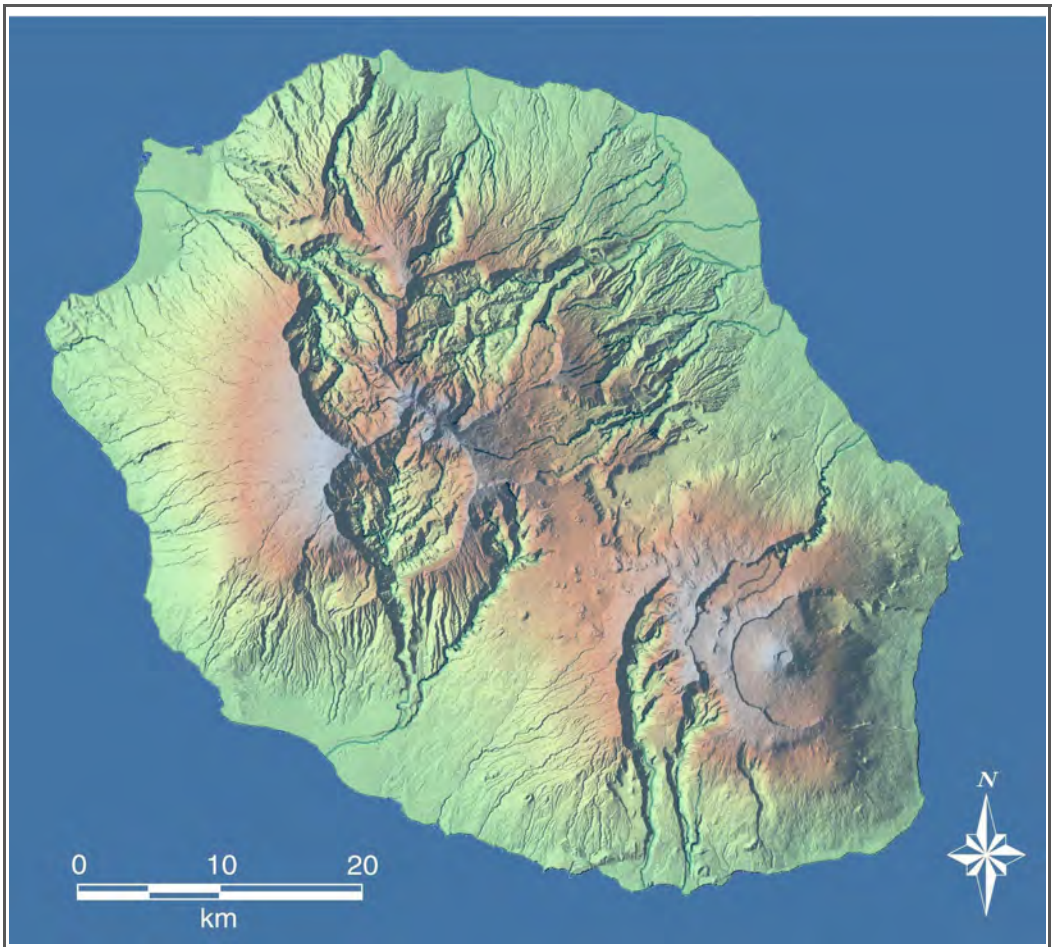


Illustration 1: Carte topographique de la Réunion

Au niveau climatique, l'île de La Réunion est soumise à un régime tropical humide, dont les caractéristiques géographiques sont induites par l'existence de ce relief et d'un régime d'alizé en provenance du Nord-Est : la côte au vent (Est et Nord), où les précipitations annuelles moyennes sont comprises entre 2000 mm/an et 6000 mm/an, et la côte sous le vent (Sud et Ouest), où la pluviométrie moyenne est de l'ordre de 1000 mm/an à 2000 mm/an (voir illustration 2).

En complément de cette disparité spatiale, la pluviométrie de la Réunion est marquée par deux saisons distinctes:

- l'hiver austral ou saison sèche de mai à novembre marqué par des températures plutôt fraîches et des pluies peu fréquentes
- l'été austral ou saison humide, de décembre à avril, nettement plus chaud et pluvieux avec des précipitations extrêmes et des phénomènes cycloniques.

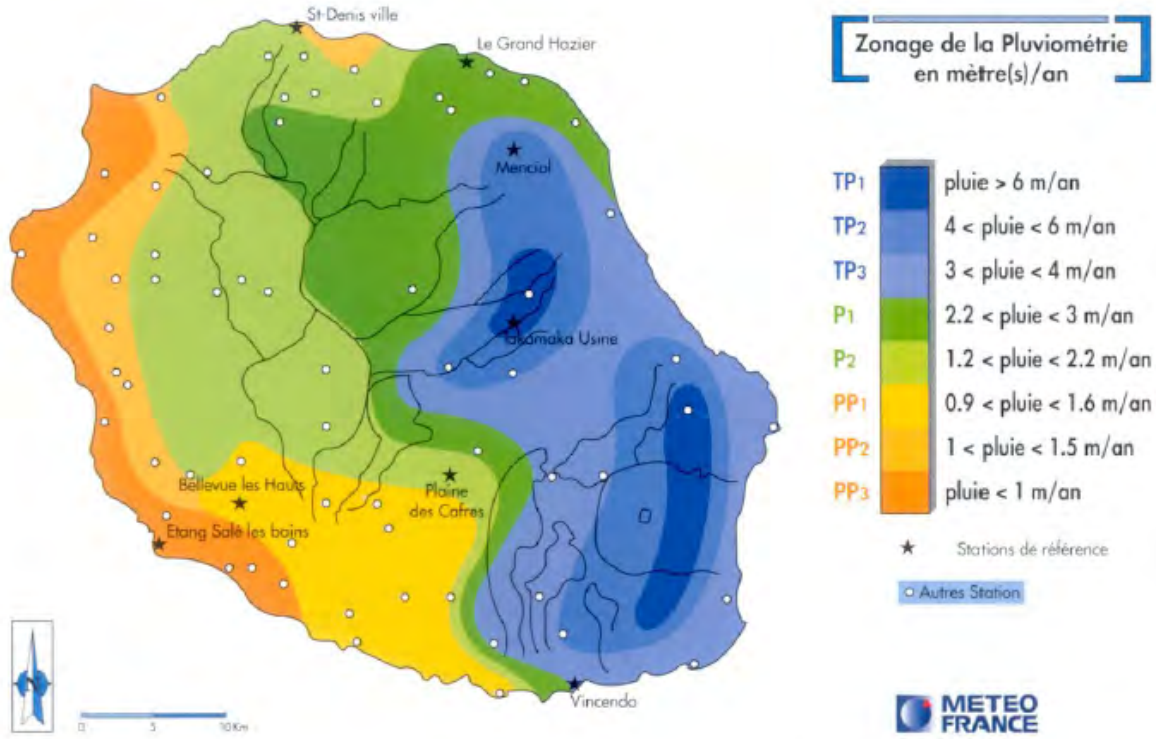


Illustration 2: Pluviométrie annuelle moyenne à La Réunion. Météo France

Ces cyclones sont à l'origine de nombreuses inondations, soit par la forte pluviométrie qu'ils peuvent déverser sur la Réunion, soit du fait des submersions marines qui les accompagnent. Des phénomènes pluvieux, localement intenses, peuvent également entrainer des inondations : averses orageuses, lignes de grain…

La conjugaison des phénomènes cycloniques avec l'existence de sommets élevés susceptibles de bloquer les masses nuageuses, expliquent que la Réunion détienne les records mondiaux d'intensité de pluie pour les périodes comprises entre 12h et 15 jours :

Durée	Lieu	Événement	Pluviométrie enregistrée en mm
12 Heures	Foc-Foc	Denise (1966)	1144
24 Heures	Foc-Foc	Denise (1966)	1825
48 Heures	Aurère	Cyclone 1958	2467
72 Heures	Commerson	Gamède (2007)	3929
4 jours	Commerson	Gamède (2007)	4869
5 jours	Commerson	Gamède (2007)	4979
6 jours	Commerson	Gamède (2007)	5075
7 jours	Commerson	Gamède (2007)	5400
8 jours	Commerson	Gamède (2007)	5510

Durée	Lieu	Événement	Pluviométrie enregistrée en mm
9 jours	Commerson	Gamède (2007)	5512
10 jours	Commerson	Hyacinthe (1980)	5678
11 jours	Commerson	Hyacinthe (1980)	5949
12 jours	Commerson	Hyacinthe (1980)	6051
15 jours	Commerson	Hyacinthe (1980)	6083

Tableau 2: Intensité de pluie pour les périodes comprises entre 12h et 15 jours

Topographie et occupation du sol

La Réunion s'est constituée sur la base de deux édifices volcaniques, l'un ancien (le Piton des Neiges) et l'autre plus récent et toujours actif (le Piton de la Fournaise). Ces deux édifices structurent le territoire de la manière suivante :

Sur la partie Nord, l'activité érosive liée au démantèlement de l'édifice du Piton des Neiges a conduit à la création des 3 cirques de Mafate, Cilaos et Salazie. A partir des remparts surplombant ces cirques se développent des planèzes aux pentes fortes (de l'ordre de 8 à 12°[1]), striées par le réseau hydrographique, qui rejoignent l'océan ou de petites plaines littorales.

La partie Sud, centrée sur le Piton de la Fournaise, est caractérisée par l'existence d'une vaste caldeira rejoignant directement l'Océan, les coulées volcaniques s'épandant préférentiellement dans cet espace. De larges rivières entaillent cet espace sur ses flancs (Rivière de l'Est, Rivière des Remparts, Rivière Langevin).

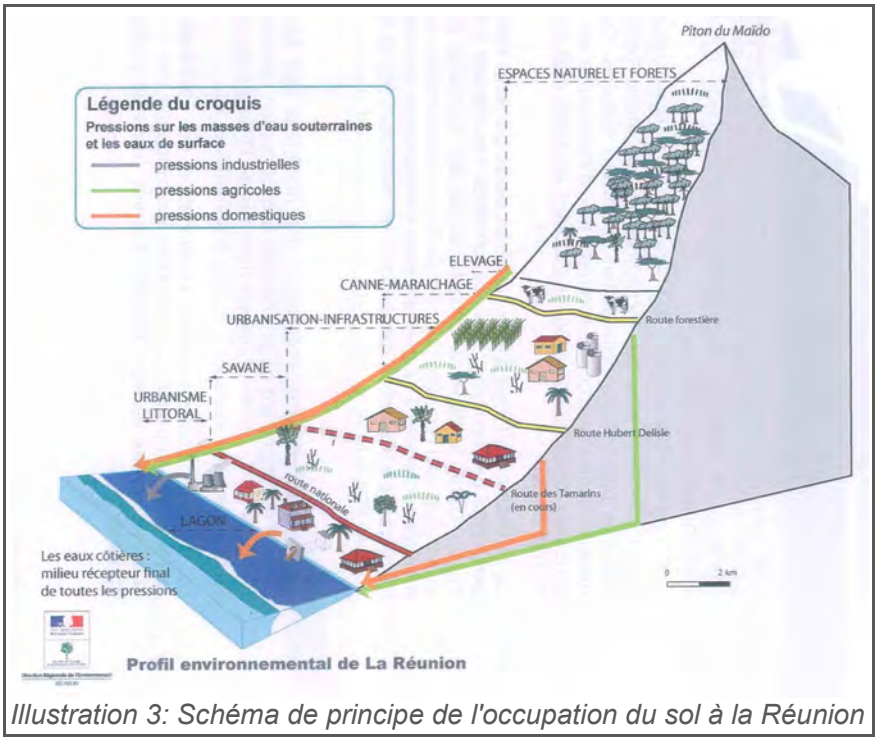


Illustration 3: Schéma de principe de l'occupation du sol à la Réunion

1 Defos du Rau – Le relief de l'île de La Réunion, Thèse, Bordeaux, 1959

Si la population de l'île est de 833 000 habitants[2] pour une superficie est de 2 512 km2, soit une densité de l'ordre de 330 hab/km² (contre environ 110 hab/km² en métropole), cette valeur cache toutefois de fortes disparités entre une frange littorale fortement peuplée (80 % de la population se situant dans la bande 0-400 mètres) et les hauts où l'habitat est plus diffus. Ce découpage se traduit également par une structuration des planèzes selon un schéma général superposant, du sommet des montagnes au battant des lames, des espaces naturels et forestiers, des espaces agricoles progressivement marqués par un habitat diffus, puis une urbanisation qui se densifie jusqu'à la zone littorale, l'essentiel des infrastructures de transport se situant dans cette zone littorale.

Principaux cours d'eau, bassins hydrographiques et zones littorales

Le réseau hydrologique de la Réunion est caractérisé par une structure essentiellement radiale, particulièrement dense, conduisant à l'existence de plus de 30 000 km de ravines marquées par une forte variation saisonnière des écoulements (la plupart de ces ravines étant sèches la majeure partie de l'année). Ainsi, seulement 1 800 km de ravines disposent d'un écoulement permanent et sont donc identifiées comme cours d'eau par l'arrêté préfectoral du 26 décembre 2006 relatif à l'identification et à la gestion du domaine public fluvial. A titre d'exemple, et pour illustrer les variations de débits, sur la Rivière des Galets, le débit d'étiage est de l'ordre de quelques m^3/s alors que le débit de crue centennale est de l'ordre de 2 500 m^3/s (soit l'équivalent de la Seine à Paris, pendant la crue de 1910).

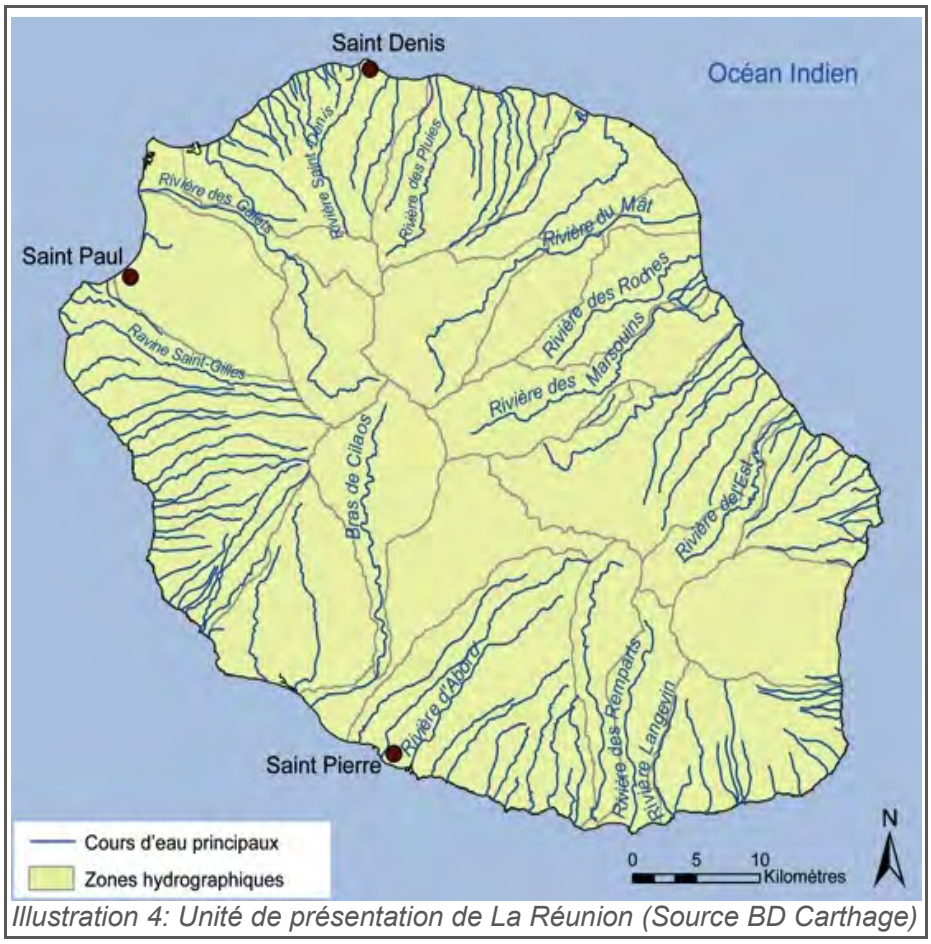


Illustration 4: Unité de présentation de La Réunion (Source BD Carthage)

2 Statistique INSEE au 1er janvier 2010

Sur ce réseau hydrographique, on peut dresser différentes typologies :

- Les rivières à écoulement permanent originaires des cirques de Mafate (Rivière des Galets), Cilaos (Rivière Saint-Étienne) et Salazie (Rivière du Mât) : ces cours d'eau présentent les bassins versants les plus vastes (supérieurs à 110 km²) et drainent les zones les plus touchées par les mouvements de terrain. La conjugaison de ces éléments amène à un transport solide extrêmement important en cas de crue, comme en atteste les larges cônes alluviaux à leur embouchure.
- Les ravines situées dans l'Est et le Nord peuvent présenter des caractéristiques proches de celles des rivières évoquées ci-dessus, la taille plus modeste des bassins versants conduisant toutefois à des cônes alluviaux plus restreints (généralement concentrés par des protections longitudinales). A titre d'exemple, on peut citer la Rivière des Marsouins, la Rivière des Pluies ou la ravine Patate à Durand.
- Les ravines situées dans l'Ouest ou le Sud, où les écoulements sont en général intermittents, et le transport solide plus réduit (à l'exception notable des Rivières des Galets et Saint Étienne précédemment évoquées). Dans le secteur de la planèze du Piton de la Fournaise (du Tampon-Saint-Pierre à Sainte Rose), la structure géologique confère trois caractéristiques particulières :
  - un réseau hydrographique fortement influencé par les évènements volcaniques (formation de la Rivière des Remparts, Rivière Langevin),
  - des phénomènes d'infiltration importants (80 % de l'eau est infiltrée sur certains secteurs [3]),
  - des phénomènes de diffluence liés à des coulées volcaniques récentes et à l'absence d'un réseau hydrographique suffisamment ancien et marqué.

Ces ravines se caractérisent par des temps de concentration faibles (maximum : 4h), ce qui réduit considérablement les délais d'alerte et de prévision des crues.

En ce qui concerne les inondations par submersion marine, leurs caractéristiques morphologiques ont été précisées par Cazes-Duvas et Paskoff (2004) avec les systèmes côtiers rocheux (43 %), alluviaux (32 %), coralliens (7%) et artificialisés (18 %). Les zones basses exposées à ces phénomènes sont essentiellement concentrées sur la frange Ouest de l'île (de Saint-Paul à Saint-Pierre), des submersions plus ponctuelles pouvant toutefois se produire sur la partie Nord-Est compte tenu de l'intensité des houles cycloniques.

3 Barcelo A. (1996). Analyse des mécanismes hydrologiques en domaine volcanique insulaire tropical à relief jeune. Apports à la connaissance du bilan hydrique. Massif du Piton de la Fournaise île de La Réunion), Thèse, USTL Montpellier II

Types d'inondations sur le district

A la Réunion, les principales inondations sont liées à une pluviométrie abondante, pouvant être d'origine cyclonique.

- Les inondations « fluviales », par débordement de cours d'eau.

  A La Réunion, ce type d'inondation se manifeste essentiellement par des crues torrentielles, liées aux pentes généralement fortes des cours d'eau. Ces crues torrentielles charrient régulièrement des matériaux issus de l'érosion et de l'arrachement de la végétation le long des berges. Ces crues torrentielles peuvent s'accompagner localement d'érosions de berges ou d'évolutions rapides du fond du lit selon la section concernée (engraissement ou creusement).

- Les inondations pluviales, par ruissellement

  Selon la définition retenue par le MEDDTL, les inondations pluviales correspondent à l'ensemble des phénomènes d'écoulement superficiels hors cours d'eau. A la Réunion, compte tenu du réseau hydrographique (et l'existence de multiples ravines sèches), ce type de phénomènes est particulièrement présent. L'insuffisance des réseaux, ainsi que l'intensité des phénomènes pluviométriques, sont susceptibles de renforcer ce genre de phénomène.

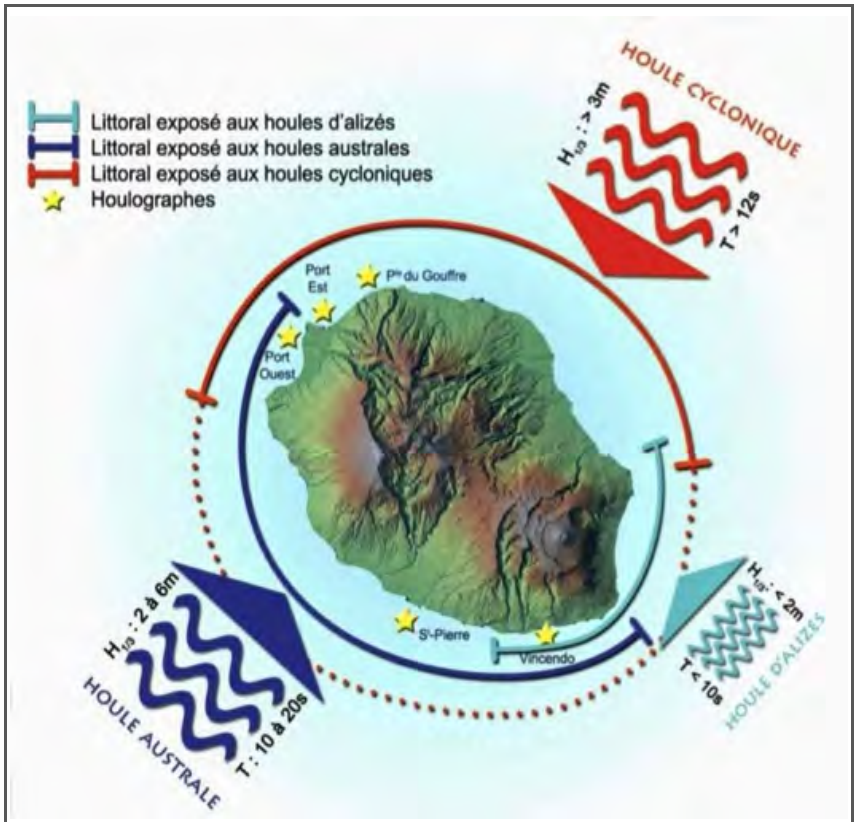


Illustration 5: Type de houle pouvant affecter le littoral Réunionnais. Météo France

- Les inondations par submersion marine

  A La Réunion, les submersions marines peuvent être liées à différents types de phénomènes : les houles cycloniques (liées à la présence plus ou moins proche d'un cyclone), les houles australes liées à la présence d'une forte dépression dans une zone situé entre 40 et 50° de latitude sud, d'orientation sud-ouest/nord-est. Les côtes réunionnaises présentent de fortes variations de vulnérabilité face à ces différents types de phénomènes : les côtes Nord et Est sont plus exposées aux houles cycloniques, alors que le Sud et l'Ouest sont particulièrement exposés aux houles polaires,

Type d'inondations	Événement	Lieu	Date
Généralisée	Hyacinthe	Toute l'île	18 au 29 Janvier 1980
Généralisée	Firinga	Essentiellement la partie sud	29 Janvier 1989
Généralisée	Cyclone de 1948	Toute La Réunion	1948
Submersion (houle australe)		Côte Sud et Ouest	Mai 2007
Submersion (houle cyclonique)	Gamède	Côte Nord et Est	Février 2007

La carte suivante permet de localiser ces événements majeurs dans le district:

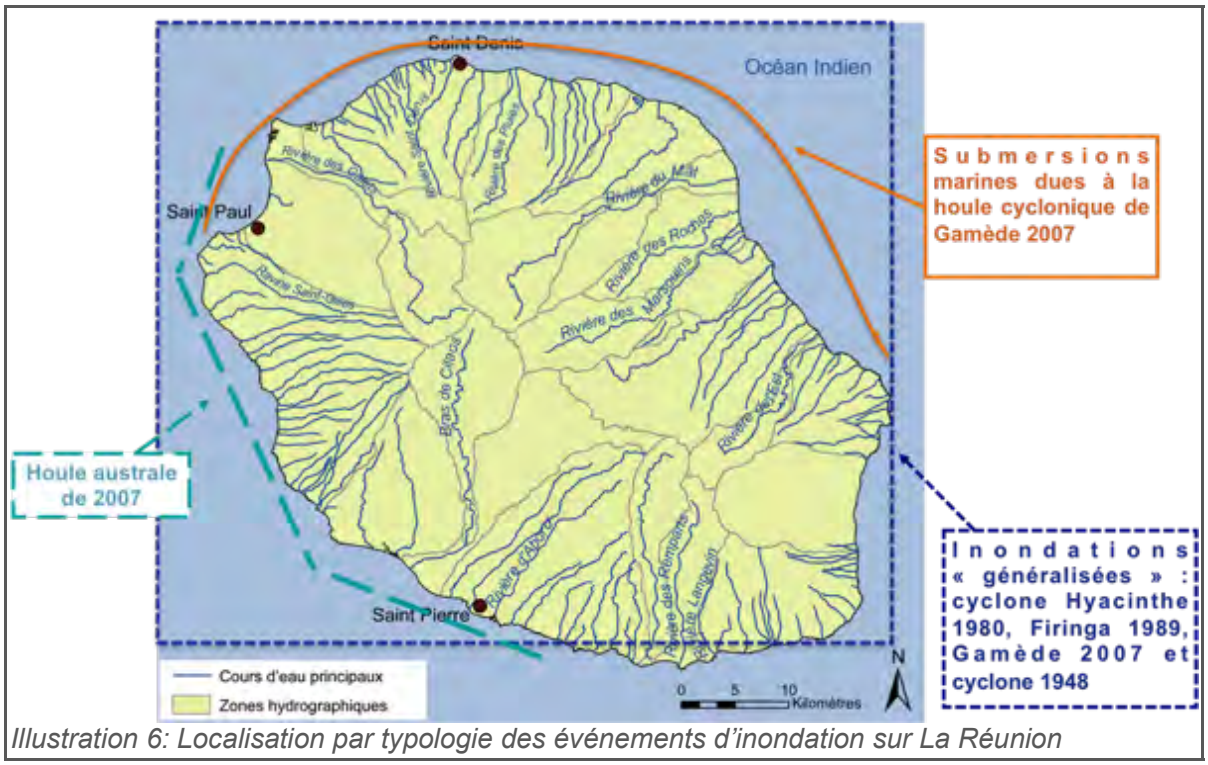


Illustration 6: Localisation par typologie des événements d'inondation sur La Réunion

Nature des principaux enjeux

Au regard des caractéristiques topographiques de l'île, les principaux enjeux susceptibles d'être exposés aux risques d'inondation sont les suivants :

- L'habitat est généralement l'élément le plus touché par les phénomènes cycloniques, même s'il semble difficile de distinguer clairement les conséquences liées aux inondations et au vent. La subsistance d'un habitat précaire (estimé par l'Agorah à 6 % du parc de logement en 2010), implanté généralement dans des zones à faible valeur foncière (donc souvent des zones à risques), implique une vulnérabilité accrue de l'habitat face au risque inondation.
- Le réseau routier est fortement contraint par la structure radiale du réseau hydrographique de la Réunion, et les différents ouvrages destinés à franchir ces « obstacles » sont exposés aux risques de submersions (radiers) ou d'érosion/transport solide (cf. rivière Saint Étienne en 2007). Sur ce réseau routier, une vulnérabilité particulière existe sur les sections sans itinéraires alternatifs (et notamment ceux permettant d'accéder aux cirques de Mafate, Cilaos et Salazie).
- Les ports et aéroports de l'île constituent des éléments fondamentaux dans l'économie réunionnaise. Aussi, la vulnérabilité de ces espaces apparaît comme importante, non pas en raison d'une exposition plus forte aux aléas, mais par l'enjeu que leur maintien en l'état représente.
- Les réseaux (électriques, eau potable, …) sont généralement exposés aux risques inondation, pour des motifs qui peuvent être liés soit à l'exposition des structures (centrales, réseau de distribution, captages), soit à la turbidité de l'eau (rendant impropre la consommation de l'eau courante pendant quelques jours).

Politique de gestion des inondations conduite à la Réunion

Historique de la politique de gestion des inondations

Depuis sa première occupation humaine au cours du XVIIème siècle et jusqu'en 1848, la Réunion s'est organisée selon un schéma classique de maisons de maître autour desquels étaient implantés les logements des esclaves et autres employés. Bien que le territoire soit régulièrement soumis à des phénomènes cycloniques, les dégâts occasionnés par ces phénomènes sont généralement ceux liées à des ruptures de liaison routière ou à des ravages de cultures, les habitations étant généralement situées sur des espaces moins exposés.

La fin de l'esclavage, combinée aux les crises économiques successives du XIXème siècle, imposent la recherche de nouveaux espaces à occuper. Bien souvent, cet exil a mené les populations vers les Hauts ou les espaces délaissés des zones littorales (cônes alluviaux, terrasses alluviales,...) entrainant progressivement une augmentation de la vulnérabilité sur des terres à risques, l'habitat généralement précaire renforçant d'ailleurs cette exposition.

A partir de 1946, et de la départementalisation de la Réunion, le rattrapage social par rapport à la métropole passe nécessairement par la résorption progressive des bidonvilles. L'ampleur des espaces à traiter, la dynamique démographique et l'absence de localisation alternative conduisent les acteurs publics à mettre en œuvre un programme centré sur deux objectifs : l'amélioration de l'habitat et la protection des zones urbanisées par la réalisation d'endiguement généralisés sur les cônes alluviaux. Ce sont ces principes qui jalonnent la politique de gestion du risque inondation sur la période 1946-1980, les cyclones intervenant au cours de cette période (1948, 1962, 1966) venant ponctuellement renforcer le rythme de ces travaux.

Secteur Est de Saint-Denis (1950)

Secteur Est de Saint-Denis (2008)

On constate que les cônes de déjection des rivières ont été fortement urbanisés, des travaux visant à canaliser les eaux ont été réalisés sur la plupart des cours d'eau traversant la ville

La politique d'endiguement généralisé évoquée ci-dessus a induit par ailleurs un retard certain dans l'intégration des risques d'inondation dans les POS, les parades techniques étant généralement considérées comme la solution pour se soustraire au risque inondation. Il faudra attendre la sortie progressive des STPC (cf. infra) à partir de 1990 pour disposer d'une cartographie du risque.

Le programme pluriannuel d'endiguement des ravines 1980-2006

Au cours de la décennie 1970-1980, marquée par l'absence de dépressions tropicales majeures sur la Réunion, le montant annuel consacré aux travaux d'endiguement s'établissait aux environs de 3 MF. Suite au passage de la dépression Hyacinthe en 1980, et les dégâts très importants occasionnés sur la partie Nord de l'île, un comité interministériel adoptait en novembre 1980 un programme d'intervention financière de l'État auprès des communes pour la réalisation d'ouvrages visant la protection des personnes et des biens. Ce programme pluriannuel d'endiguement des ravines (P.P.E.R.) est initialement destiné aux secteurs particulièrement touchés par Hyacinthe, à savoir :

- Ravine Patates à Durand (Saint Denis)
- Ravine du Chaudron (Saint Denis)
- Ravine du Butor (Saint Denis)
- Ravine Grand Étang (Saint Leu)
- Rivière des Galets (Le Port)

Le dispositif est intégré à partir de 1984 au IXème contrat de plan État-Région, avec la désignation, au préalable, de 9 secteurs éligibles à cette mesure. Suite à la mission interministérielle de février 1988 (« Rapport sur la politique de réduction des dommages dus aux dépressions tropicales sur l'île de La Réunion »), et compte tenu des dégâts occasionnés par Clotilda (1987) et Firinga (1989), le bénéfice des actions du PPER menées dans le cadre du Xème plan (1989-1993) a été étendu à l'ensemble des cours d'eau et des communes, avec une dotation bien supérieure à celle des exercices précédents (intégrant désormais des dotations européennes). Les priorités affichées pour le PPER sont les suivantes :

- La réalisation systématique de schémas techniques de protection contre les crues (STPC) incluant un diagnostic hydrologique complet sur chaque commune, ainsi qu'un programme de travaux destiné à résorber les points noirs identifiés
- La poursuite des aides spécifiques aux opérations de protection des lieux effectivement urbains
- La contribution à l'effort régional de recherche et de récupération de terrain à des fins d'urbanisation

La mise en œuvre de ce PPER est marquée par la loi sur l'eau de décembre 1992, celle-ci définissant, dans son article 2, les principes de gestion équilibrée visant à concilier les exigences de la « conservation et le libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations » face auxquels la protection d'espaces à des fins d'ouverture à l'urbanisation telle que prévu par le STPC semblait contradictoire, entrainant une inflexion du dispositif à compter de 1994 (orientation des protections vers les zones urbanisées). La réalisation progressive des STPC a par ailleurs été une avancée importante dans l'intégration des risques d'inondation dans l'aménagement, puisqu'il s'agissait de la première cartographie de l'aléa inondation.

La période 1994-1999 (XIème plan) concrétise cette inflexion en recentrant les critères d'éligibilité sur les quartiers urbains et fortement exposés avec pour seul objectif de limiter les risques humains liés aux débordement de rivière (ref. chapitre 62-20 article 20 de la loi sur l'eau), excluant les travaux de gestion des eaux pluviales et de protection contre l'érosion de berges. De tels travaux ne devaient plus constituer un prétexte, pour les collectivités, pour exonder des terrains à des fins d'urbanisation.

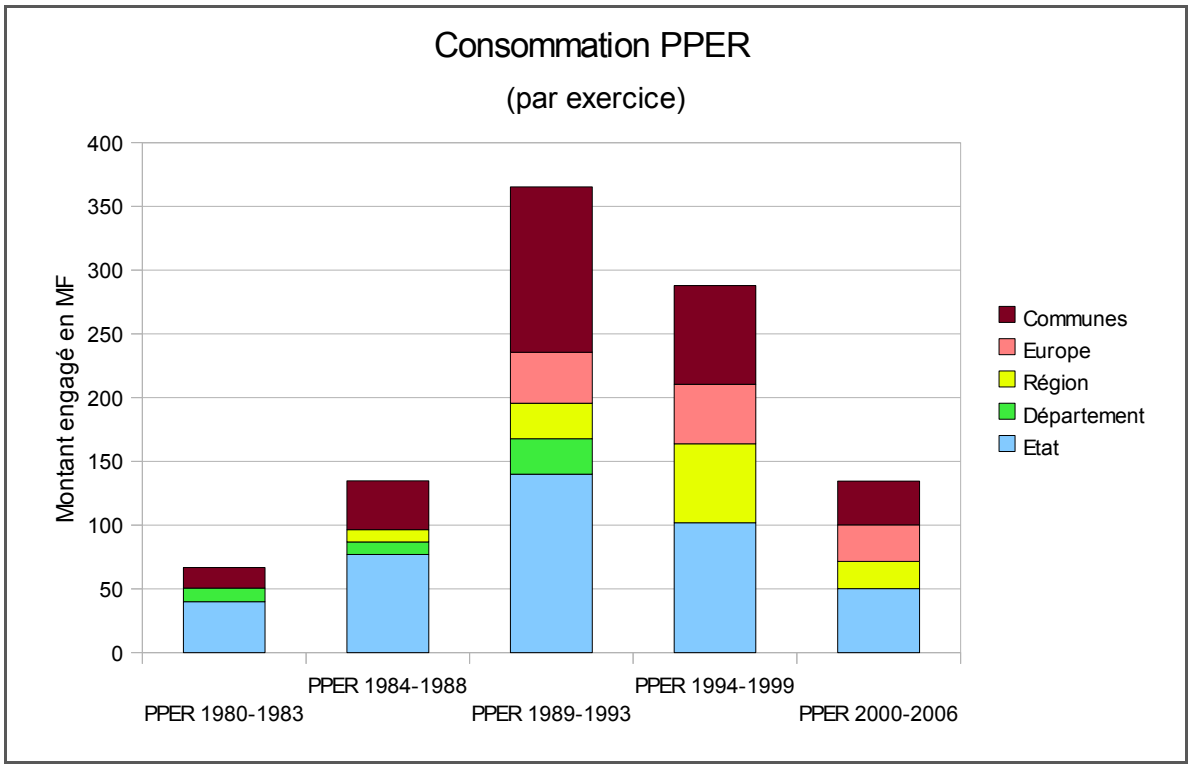
Le PPER 2000-2006 (XIIème plan) reprend les critères établis définis pour le plan précédent, en les détaillant de la manière suivante :

- Identification de l'opération au STPC,
- Nombre de bâtis protégés supérieur ou égal à 10,
- Aléa fort ou moyen (fortement exposés)
- Superficie du bassin versant à l'origine des problèmes d'inondations supérieure ou égale à 25 ha

Une modulation de la subvention est également retenue en fonction du ratio coût par bâti de l'opération de protection.

En parallèle à ce dispositif, sont lancés sur la plupart des communes de l'île des procédures d'élaboration de plans de prévention des risques d'inondation (PPRi), destinées à intégrer plus fortement les risques d'inondations dans les procédures d'urbanisme.

Synthèse des PPER



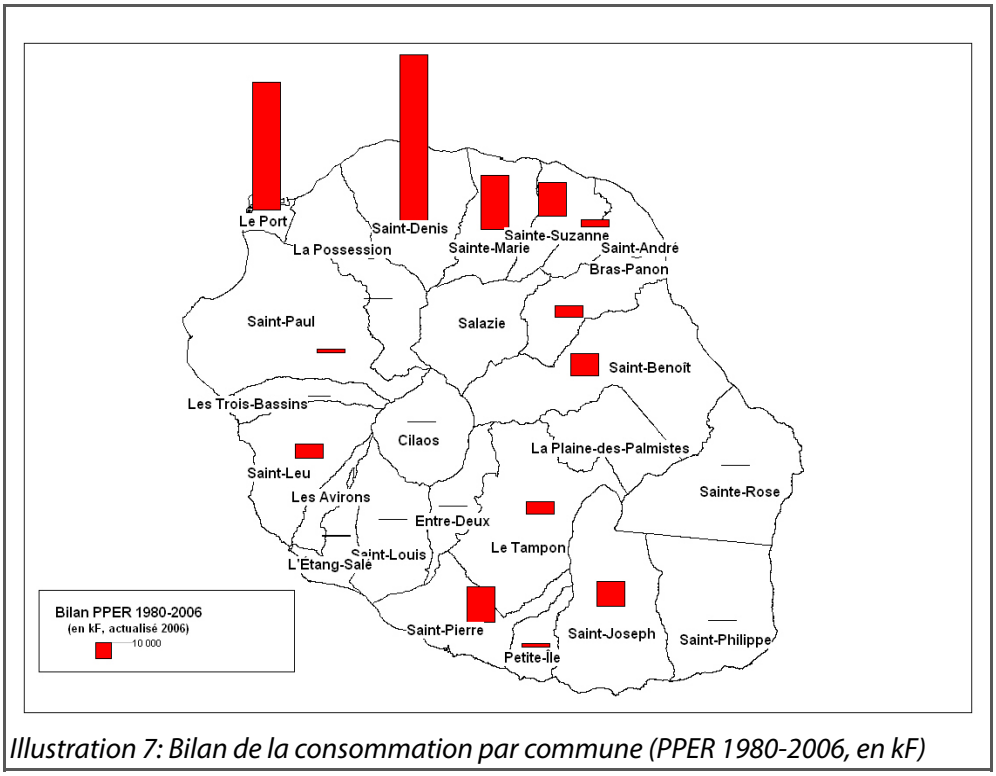


Illustration 7: Bilan de la consommation par commune (PPER 1980-2006, en kF)

Principaux axes de gestion du risque inondation

Sans être exhaustif, les paragraphes suivants détaillent les actions mises en œuvre sur le district hydrographique de la Réunion pour gérer le risque inondation.

Le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE)

Le SDAGE de la Réunion 2010-2015, approuvé par arrêté préfectoral le 7 décembre 2009, définit les grandes orientations pour un gestion équilibrée de la ressource en eau ainsi que les objectifs de qualité et de quantité à atteindre pour chaque bassin. Ces orientations reprennent l'ensemble des thématiques relatives à l'eau, et sont ensuite déclinées en dispositions et mesures destinées à assurer l'atteinte des objectifs fixés à l'horizon 2015.

Ce SDAGE intègre une orientation fondamentale visant à « réduire les risques liés aux inondations ». Cette orientation est détaillée selon les axes suivants :

- Développer la culture du risque
- Réduire l'aléa inondation
- Réduire la vulnérabilité face au risque inondations
- Améliorer l'efficacité des interventions publiques dans le domaine des risques
- Organiser la stratégie de gestion de crise

Le suivi de la mise en œuvre de ce SDAGE est confié au Comité de Bassin en application de l'article L.212-1. Sur les sous-bassins peuvent être élaborés des SAGE afin de préciser les orientations à mettre en oeuvre sur ces territoires.

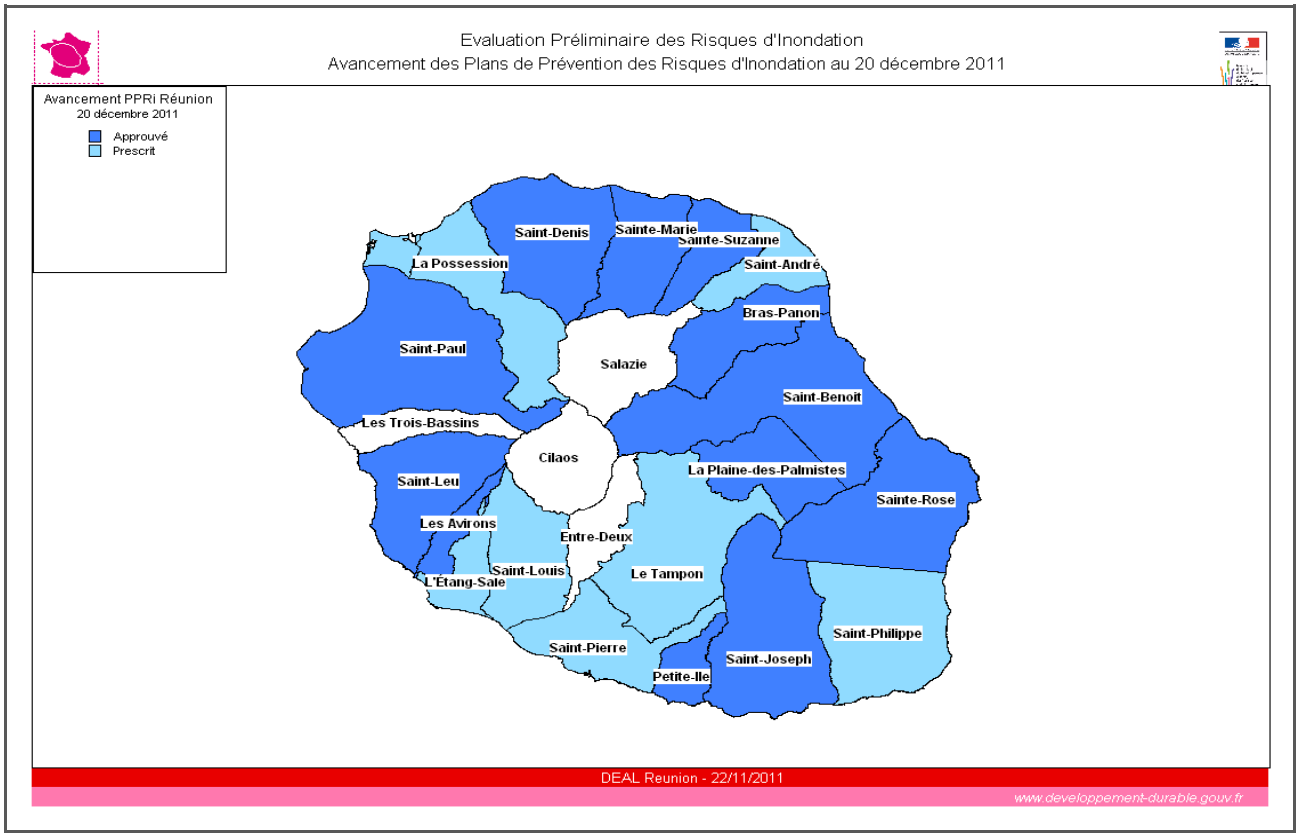
Les plans de prévention des risques d'inondation

Conformément aux dispositions de l'article L.562-1 du code de l'environnement, l'Etat élabore des plans de prévention des risques d'inondation ayant pour objet :

- de délimiter les zones exposées aux risques ou pouvant l'aggraver, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru,
- de réglementer dans ces zones tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement, d'exploitation,
- de définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones exposées ou pouvant aggraver les risques

Dans un contexte de forte dynamique démographie et d'exposition importante aux risques d'inondation, il importe que l'ensemble des communes de l'île soient couvertes par un PPRi, le SDAGE ayant fixé comme échéance 2015 pour cette couverture complète.

A ce jour, le niveau d'avancement des PPRi est le suivant :



Le programme de gestion du risque inondation 2007-2013

Le rapport d'inspection CGPC-IGE-CGAAER d'avril 2006 « EXPERTISE RELATIVE À LA PRÉVENTION DES INONDATIONS SUR L'ÎLE DE LA RÉUNION ET À LA PROGRAMMATION DES TRAVAUX DE PROTECTION » a dressé le bilan du dispositif PPER, marqué notamment par les éléments suivants :

- Une sous-consommation chronique des crédits dédiés.
- Une vision restreinte centrée sur la protection lourde et localisée.
- Un dispositif qui n'a pas permis d'avancer significativement sur les autres axes de la gestion du risque inondation (plan de prévention des risques, gestion de crise, information des populations...).

Pour ces motifs, la mission a proposé de mettre en place un dispositif intitulé PGRI « Programme de gestion du risque inondation » inscrit au POE FEDER et dont les principes sont les suivants :

- Identification des bassins versants prioritaires.
- Étude générale du risque inondation sur le bassin versant (intégrant l'hydrologie, l'érosion des berges et le transport solide), permettant l'identification des actions à engager pour gérer le risque inondation (hiérarchisation des interventions, analyse coût/avantage).
- Contractualisation des actions à engager sur le bassin versant, en y intégrant les 4 piliers suivants : prévention des risques, information des populations, prévision des inondation et protection.

Évaluation des conséquences négatives des inondations

(principaux résultats à l'échelle du district)

Objectifs et principes généraux de l'évaluation

L'évaluation préliminaire des risques d'inondation, mise en œuvre pour chacun des districts hydrographiques, a pour objectif d'évaluer les risques potentiels des inondations sur la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique. Elle s'appuie sur les informations disponibles et en particulier sur les informations sur les inondations du passé.

L'EPRI constitue le premier état des lieux de l'exposition au risque inondation réalisé sur l'ensemble du territoire français. Il s'agit avant tout de partager un diagnostic commun à l'ensemble du territoire, visant les conséquences potentielles des phénomènes extrêmes. L'approche retenue vise à identifier les enjeux potentiellement exposés à ces phénomènes. Ces enjeux sont rarement appréhendés comme des indicateurs d'impacts dans notre politique de gestion des risques qui, jusqu'alors, s'intéresse davantage à la réduction de l'aléa qu'à l'évaluation de ses conséquences.

Cette évaluation, sur laquelle se basera la stratégie nationale de gestion du risque inondation, se doit d'être homogène à l'échelle nationale.

Les conséquences potentielles des inondations, objet du présent chapitre, sont appréciées à travers différents types d'informations :

- l'analyse des évènements du passé et de leurs conséquences :

  Les évènements d'inondation passés significatifs en terme d'impacts ont été identifiés à partir des informations disponibles au sein des services de l'État. Certains de ces évènements ont été choisis pour illustrer les types de phénomènes et d'impacts, la liste des évènements identifiés et leurs caractéristiques étant reportée en Annexe.

  En parallèle de l'élaboration de l'EPRI, une base de données nationale regroupant l'ensemble de la documentation sur ces évènements est en cours de constitution et sera progressivement renseignée pour approfondir et capitaliser la connaissance des évènements passés.

- l'évaluation des impacts potentiels des inondations futures :

  Cette évaluation est mise en œuvre de manière systématique pour les débordements de cours d'eau (y compris les petits cours d'eau et les cours d'eau intermittents) et les submersions marines.

  Afin d'assurer l'homogénéité de l'évaluation de ces impacts, le principe de la construction d'un socle national d'indicateurs d'impacts a été retenu, sur la base de deux critères :

  - disponibilité d'informations les plus complètes et homogènes que possible au niveau national. Ainsi, certaines bases de données disponibles au niveau local n'ont pas été reprises dans le socle national ; elles pourront cependant être valorisées pour un apport complémentaire d'informations qualitatives.
  - pertinence de l'indicateur pour illustrer l'exposition au risque de l'une des quatre catégories d'enjeux (santé humaine, environnement, patrimoine culturel et activité économique).

  Ce tronc commun de l'évaluation de l'impact potentiel des inondations, constitué majoritairement d'indicateurs quantitatifs, est complété par la connaissance locale qui permet de rendre compte des spécificités de certains enjeux ou phénomènes, et d'intégrer des analyses qualitatives et expertes.

L'objectif d'homogénéité de l'approche a conduit à utiliser des méthodes simplifiées. Les indicateurs du socle national sont ainsi calculés selon le principe suivant :

- caractérisation d'une emprise potentielle des évènements extrêmes avec des méthodes simplifiées : l'enveloppe approchée des inondations potentielles (EAIP),
- comptage des enjeux de différentes natures dans cette emprise.

Cette évaluation des impacts directs des évènements extrêmes ne peut ainsi être considérée que comme une première approche simplifiée de la vulnérabilité du territoire examiné :

- les caractéristiques de l'aléa (intensité, cinétique, probabilité d'atteinte) ne sont pas prises en compte,
- les indicateurs proposés ne prennent en compte ni la vulnérabilité intrinsèque des enjeux, ni leur évolution dans les décennies à venir,
- les impacts indirects ne sont pas quantifiés.

Pour les types d'inondations pour lesquels il n'est pas possible à ce stade de fournir une enveloppe des inondations potentielles, tels que les ruissellements en versant ou les ruptures de barrages par exemple, ces indicateurs ne sont pas calculés. Seule la connaissance disponible est prise en compte.

Les méthodes employées et les résultats obtenus comportent certaines limites qui sont clairement explicitées dans les paragraphes suivants. Ils constituent cependant l'analyse la plus complète et la plus détaillée du risque inondation à l'échelle nationale qui ait été réalisée à ce jour.

Le présent chapitre présente une synthèse des résultats de cette évaluation à l'échelle du bassin de La Réunion.

Principaux évènements marquants d'inondation

Dans cette partie seront présentés quelques phénomènes historiques marquants pour la Réunion. Il ne s'agit pas ici d'être exhaustif, mais de présenter en quelques exemples les principaux types de phénomènes rencontrés à la Réunion. Les phénomènes détaillés ont volontairement été retenus sur la période récente (postérieure à 1948), afin de pouvoir disposer d'éléments précis. Si ces phénomènes semblent particulièrement violents, l'absence de références historiques précises et documentées limitent leur mise en perspective par rapport aux phénomènes plus anciens (par exemple 1904/1905,1932, 1948,...).

Généralement, les inondations les plus importantes sont liées au passage de cyclones, mais de nombreux paramètres complémentaires entrent en ligne de compte quant il s'agit de mesurer l'impact de ces météores :

- La pluie engendrée par le phénomène : la dénomination de cyclone est liée à l'intensité du vent; par conséquent, les inondations potentielles liées au passage d'un cyclone ne peuvent pas être déduites par la lecture de l'intensité de ce phénomène. Ainsi les fortes précipitations ne sont pas forcément liées à un système dépressionnaire ou cyclonique.
- Par ailleurs, l'intensité du phénomène est à étudier sur les différents pas de temps, certains phénomènes se caractérisant par une intensité forte sur quelques heures (par exemple Firinga), d'autres sur quelques jours, voire quelques semaines (2 à 3 semaines pour Hyacinthe)
- La trajectoire (et la durée) de l'évènement : l'impact potentiel des inondations peut être largement augmenté lorsque la durée de l'évènement pluvieux augmente, la saturation progressive des sols entrainant en corollaire une augmentation des débits provoqués par l'évènement.

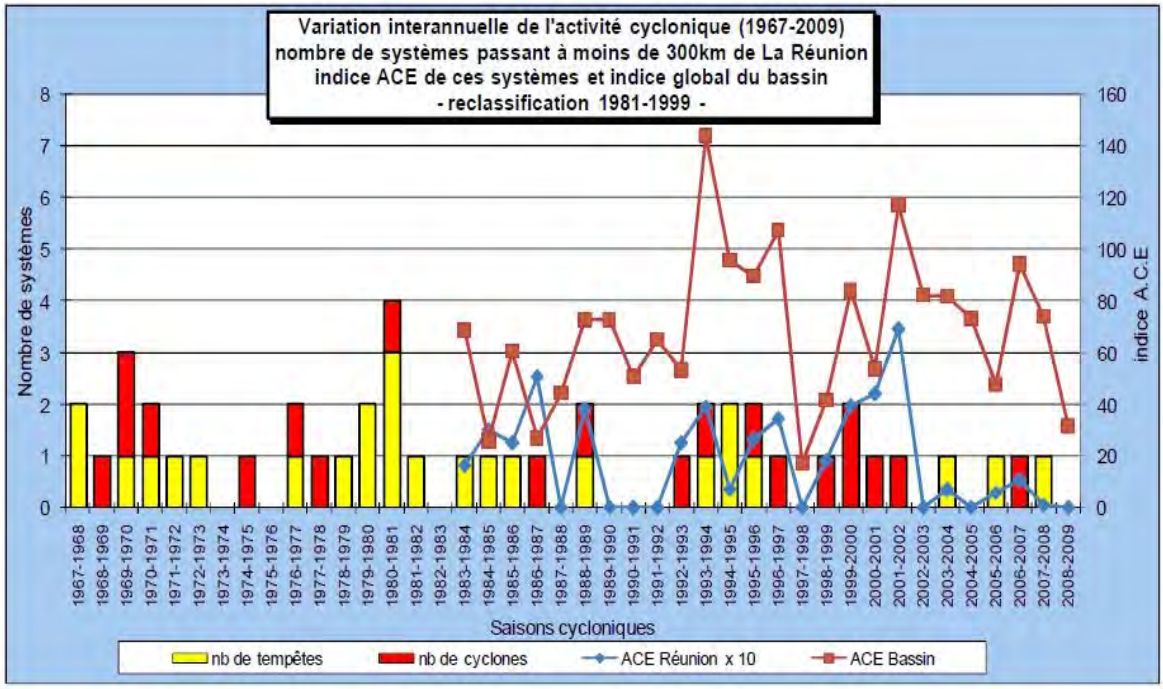


Illustration 8: Nombre de systèmes tropicaux par saisons cycloniques de 1967 à 2009, à moins de 300 km des côtes de La Réunion et indices ACE calculés pour ces systèmes (x10) et calculés pour l'ensemble du bassin de 1983 à 2009, Météo-France, 2010

Les conditions marines : le transport solide engendré par ces inondations généralisées, conjugué à une houle cyclonique importante peut provoquer, sur certains endroits, la formation de cordons dunaires bloquant l'évacuation des eaux continentales et l'inondation des zones basses littorales. Dans le cas de cyclones présentant des pressions très basses, le niveau de la mer peut également remonter fortement (environ 1cm par hPa), et inonder les zones basses littorales.

La durée des évènements constitue un facteur fondamental dans l'ampleur des dégâts constatés, et à ce titre, la saison cyclonique 1992-1993 démontre cette analyse puisque 3 phénomènes successifs (chacun d'ampleur limitée) sur une période de 2 mois ont occasionné au final des inondations catastrophiques. La figure ci-dessous détaille l'activité cyclonique à proximité de la Réunion, ainsi qu'un indice intitulé « Accumulated Cyclone Energy » qui permet de retranscrire l'intensité de l'ensemble des systèmes dépressionnaires qui ont concerné l'île – l'indice ACE Bassin retranscrit l'intensité globale des systèmes dépressionnaires sur la totalité de la zone « Océan Indien ».

Les événements historiques de référence (5 à 10 max.) ont été retenus en deux phases. Dans un premier temps, un inventaire des inondations importantes survenues dans le passé est réalisé (cf. en annexe la liste des inondations), à partir des informations recueillies dans les sources documentaires. Cet inventaire recense les inondations remarquables soit au sens de l'aléa soit au sens des impacts. En général les inondations dont la période de retour est inférieure à cinq ans ne sont pas prises en compte, sauf à défaut de connaissance ou dans le cas d'impacts exceptionnels.

A partir de cette liste on identifie dans un deuxième temps les événements historiques les plus marquants ou les plus caractéristiques de l'unité de présentation. Plusieurs critères sont retenus :

- L'hydrologie. Il s'agit de prendre en compte les événements de forte intensité (cotes , débits maximaux, hauteur de houle). Les caractéristiques du cyclone Hyacinte de 1980 constituent un record mondial de précipitations pour des cumuls entre 12 heures et 15 jours.
- L'extension spatiale. Les inondations s'étendent à quelques bassins ou sont relatives à des phénomènes météorologiques de grande ampleur.
- La typologie. On soulignera ici la spécificité du phénomène de houle australe (cf. 2007) par rapport aux événements cycloniques.
- Les conséquences socio-économiques. Les dommages (pertes humaines, dommages matériels, économiques, environnementaux, etc.) causés par les crues peuvent être importants, comme se fut la cas pour les événements de 1948, 1980, 1989 et 2007.
- Le choix d'événements référence retenus dans les documents réglementaires (PPR, AZI). C'est le cas par exemple des hauteurs atteintes lors du cyclone Gamède en 2007 et lors de la houle australe de 2007.
- La dernière crue majeure encore en mémoire, comme celle de février ou de mai 2007 par exemple.

Le cyclone de janvier 1948

Les 26 et 27 janvier 1948, un important cyclone frappe l'île de la Réunion. En provenance de l'est, sa trajectoire bifurque à 90° vers le sud et descend vers la Réunion en la frôlant à l'ouest. Le 26 janvier à 21 heures, les vents atteignent 140 km/h. Ils battent ensuite tous les records. Les anémomètres de la météo ne résistent pas, ni l'antenne TSF, installée au barachois à Saint-Denis et prévue pour supporter des rafales de 300 km/h. Le passage du "Cyclone de 48" est apparemment rapide et violent.

Le vent n'est pas la seule caractéristique importante de cet événement. Les pluies sont extraordinaires : 1129 mm pour la seule journée du 27 janvier à Grand-Bassin. Ces abats d'eau sont à l'origine d'inondations remarquables sur la plupart des ravines de l'île.

L'ouest a été plus particulièrement impacté. Au total, on dénombre 165 morts, dont 58 à Saint-Paul. La majorité des victimes est décédée du fait des eaux et non du vent, emportées soit par le raz-de-marée, soit par les ravines en crue, soit encore par les coulées de boue, comme cela se produit à l'hôpital de Saint-Paul (12 décès). A Saint-Leu, 16 morts sont recensés et 80% des habitations de la commune sont détruites. Dans le cirque de Mafate, très isolé, le bilan - 20 morts et de nombreux dégâts matériels - n'est connu que plusieurs jours après. Le bilan total des dégâts matériels s'élève à environ 3 milliards de francs CFA.

Particularité hydro-météo (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
Cyclone	Nombreuses zones inondées par les ravines en crue ou les submersions marines (particulièrement à l'ouest)	Impacts importants dans l'ensemble de l'île : 165 morts, 3 milliards de francs CFA de dégâts

La dépression tropicale Hyacinthe (1980)

Entre le 18 et le 27 janvier 1980, la Réunion s'est retrouvée trois fois sous l'emprise des pluies provoquées par Hyacinthe. Si ce phénomène n'a pas été particulièrement violent en terme de vents générés (niveau 2 sur l'échelle de Saffir Simpson, soit des vents inférieurs à 177 km/h, conduisant à le classer en dépression tropicale), c'est l'effet de ces passages successifs et des pluies les accompagnant qui a provoqué les dégâts observés.

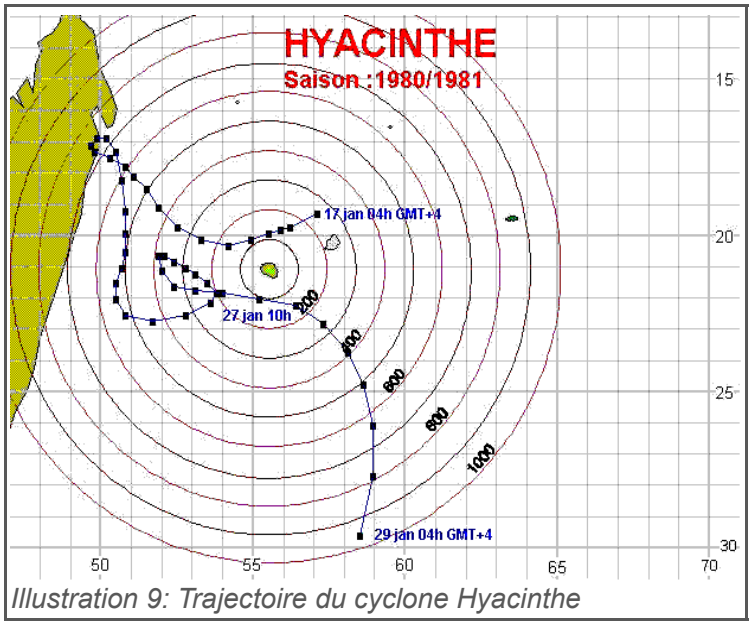


Illustration 9: Trajectoire du cyclone Hyacinthe

La pluviométrie enregistrée durant cette période a été exceptionnelle sur la majorité de l'île : 1 742 mm en 24 h à Grand Ilet ou 1 090 mm à Commerson. Les précipitations les plus importantes dépassent cinq à six mètres sur 11 jours et seule une étroite bande côtière, reliant le Port à Saint-Pierre, reçoit moins d'un mètre d'eau au cours de cette période. En dehors du littoral, les pluies sont rapidement supérieures à deux mètres et augmentent vers l'intérieur des terres. Les noyaux les plus importants sont la région de Commerson (6 401 mm) et celle de Grand Ilet (5 237 mm) situés dans les hauteurs de l'île. D'une manière générale, on remarque que la côte est et la zone centrale sont les plus arrosées.

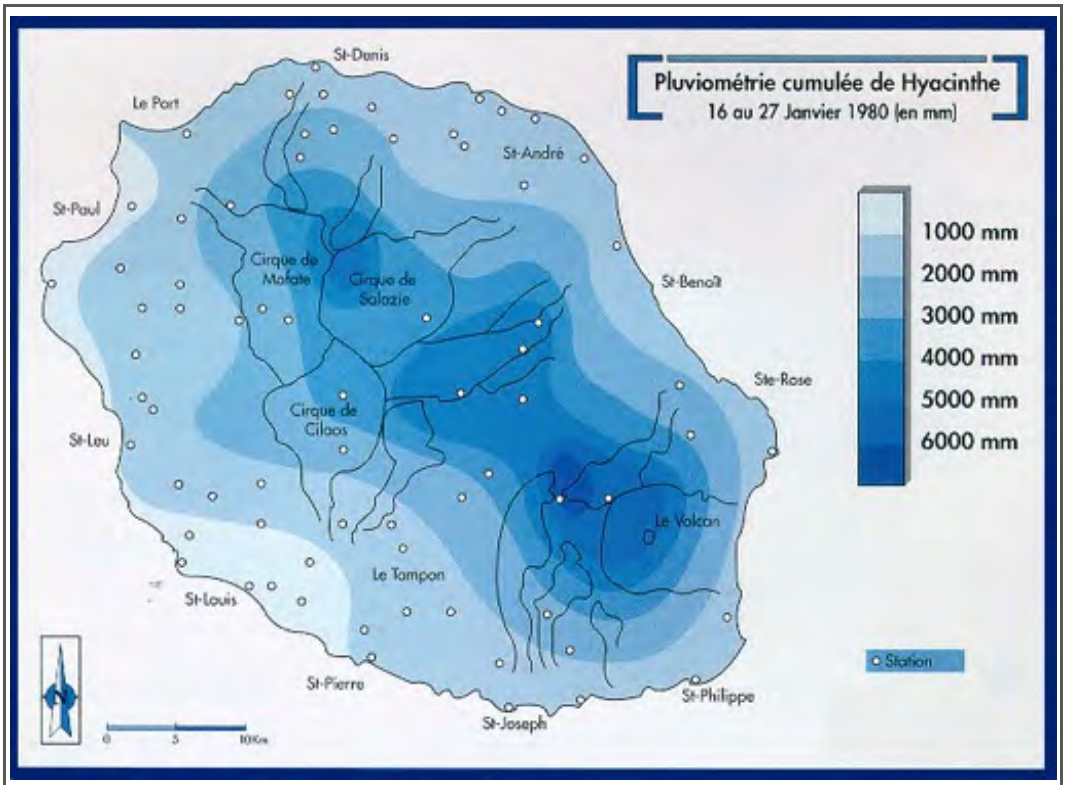


Illustration 10: Pluviométrie enregistrée lors du passage de Hyacinthe. Rapport DDE

Cette pluviométrie élevée est à l'origine de nombreuses inondations sur le territoire réunionnais. De nombreux ruissellements sont observés, les sols étant fortement saturés. De même, les ravines de l'île se remplissent, engendrant par endroit d'importantes inondations. Par ailleurs, les mouvements de terrains causés par la pluviométrie abondante sont à l'origine de nombreux dégâts (maisons emportées, coupure d'axes de circulation,...).

Cours d'eau	Superficie BV (km^2)	Débit (m^3/s)	Débit spécifique ($m^3/s/km^2$)
Rivière des Pluies	46	630 (Tr = 100 ans)	13,7
Rivière Saint-Denis	31	400 (Tr = 100 ans)	13
Rivière du Mât	159	2 500	15,7
Rivière des Roches	69	700	10,1
Rivière des Marsouins	109	540	5
Rivière des Remparts	66	450	6,8
Bras de Cilaos	1080	95,5 (à Aloes..)	11,3

Tableau 3: Débits maximum enregistrés lors du passage de Hyacinthe (DDE 1980)

Suite aux passages du cyclone Hyacinthe, on dénombre ainsi 25 morts emportés par les eaux et 8 000 sinistrés du fait de l'inondation des habitations. Environ 288 habitations sont détruites et 1712 sont endommagées. Des dommages sur les réseaux et les cultures sont également à noter. Une estimation en 1980 fait état de 676 millions de francs de dégâts.

Illustration 11: Destruction du radier de Gillot, sur la Rivière des Pluies

Particularité hydro-météo (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
Intense cyclone avec une trajectoire singulière (3 passages sur La Réunion)	L'ensemble des ravines de l'île ont débordé	Impacts très importants : 25 morts, 8 000 sinistrés, 676 millions de francs de dégâts

Le cyclone Firinga (1989)

A partir du 28 janvier 1989, le cyclone tropical Firinga menace l'île de la Réunion. Firinga a suivi une trajectoire Nord-Est – Sud-Ouest et a principalement affecté le Sud de l'île (Plaine des Cafres, Tampon, Saint-Pierre, Saint Joseph). La partie Sud de l'île est restée paralysée pendant une à quatre semaines, tandis que dans la partie Nord, les activités ont repris pratiquement normalement le 30 janvier, ce qui est relativement court pour un cyclone de cette intensité. Le cyclone Firinga est passé seulement deux jours sur l'île de La Réunion.

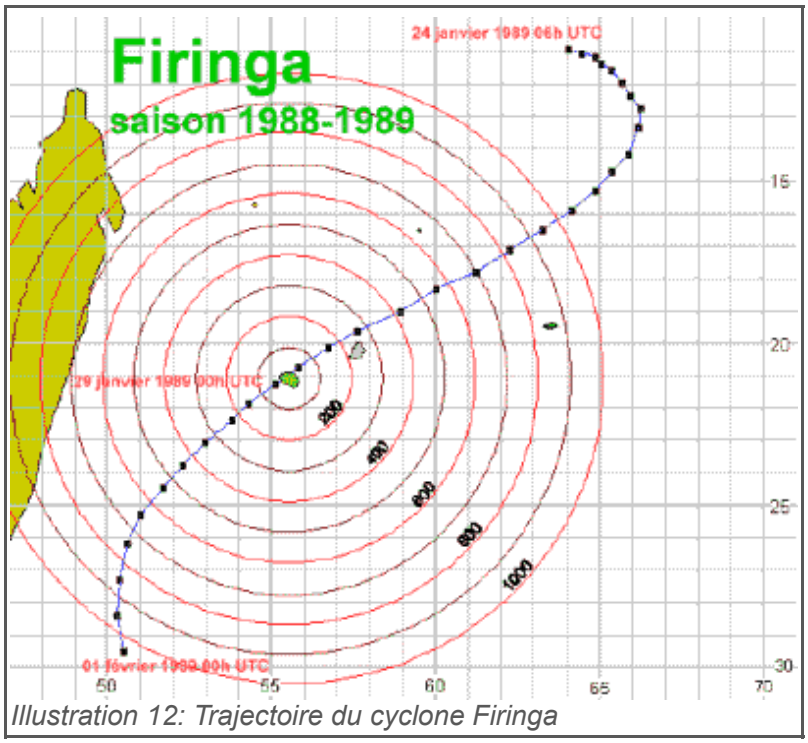


Illustration 12: Trajectoire du cyclone Firinga

Si les vents enregistrés durant le passage de Firinga sont très violents, surtout au Sud, c'est l'intensité des précipitations qui est importante. Elles sont surtout localisées dans la partie sud de l'île. Lors des crues du cyclone Firinga, les embâcles au niveau des ponts maçonnés et des radiers surélevés, furent à l'origine de nombreuses inondations. Les rivières du Sud de l'île sont les plus actives, les débits observés dans certaines d'entre elles sont supérieurs à ceux liés au cyclone Hyacinthe. De nombreux phénomènes de ruissellement sont également observés sur les pentes de l'île, dans un périmètre qui se circonscrit entre la Plaine des Cafres, le Bras de la Plaine et la rivière Langerin concernant principalement les communes du Tampon, de Saint-Pierre, de Petite Ile et de Saint-Joseph.

Cours d'eau	Superficie BV (km^2)	Débit (m^3/s)	Lieu Observation
Rivière des Pluies	46	220	Pont Desbassins, Domenjod
Rivière Patates à Durand	13	24	Le long du canal d'endiguement
Rivière du Mât	159	450	Pont de l'escalier, crue normale
Rivières des Roches	69	350	Abondance, Tr = 10 ans
Ravine Bernica		70	Tan rouge (CD3)
Ravine Blanche		130	Grande Ferme, Tr = sup. 50 ans
Rivière Langevin	55	900	Au niveau de la passerelle, Tr = sup. 50 ans

Cours d'eau	Superficie BV (km^2)	Débit (m^3/s)	Lieu Observation
Ravine d'Abord	63	560	Rn1
Ravine Petite Ile		200	RN1
Rivière des Galets		300	
Rivière des Remparts	66	1 100	

Tableau 4: Débits maximum mesurés lors du passage de Firinga en 1989. DDAF

Le bilan s'élève à quatre personnes décédées dans la commune du Tampon et 61 autres blessées. On estime également à 6 000 le nombre de personnes sinistrées liées à des habitations inondées ou détruites.

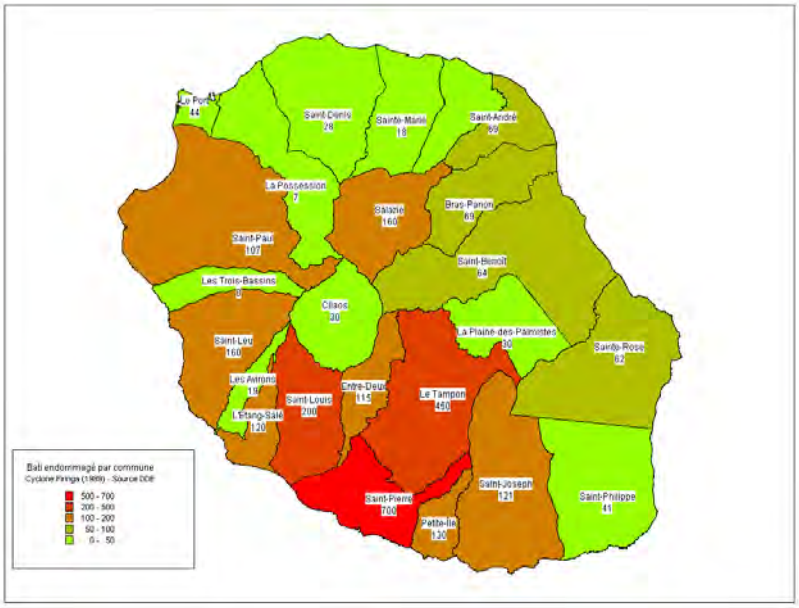


Illustration 13: Localisation des habitations endommagées lors de Firinga (source : presse régionale)

Les importantes précipitations du cyclone Firinga ont engendré de nombreux glissements de terrains (32 recensés), dont deux de grande ampleur sur la commune de la Plaine des Palmistes et au Tampon. De nombreux axes de communication sont coupés suites aux inondations et aux glissements de terrains.

Une première estimation (février 1989) fait état d'un milliard de francs de dégâts. Parmi les causes du haut niveau des pertes, certains dénoncent les nouvelles formes d'occupation du territoire, en particulier la multiplication des habitations dans les zones fortement exposées comme les bordures voire même le lit des ravines.

Particularité hydro-météo (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
Cyclone avec des précipitations localisées	Ce sont en majorité les ravines du sud de l'île qui ont débordé	Impacts importants dans le sud-est de l'île : quatre morts, 6 000 sinistrés, un milliard de francs de dégâts, nombreux glissements de terrain

Le cyclone Gamède (2007)

Du 24 au 28 février 2007, l'île de La Réunion est soumise à l'influence du cyclone Gamède. Comparé à des cyclones précédents et malgré les dégâts occasionnés, il n'aura pas été un des cyclones les plus violents en matière de vents et de pluie, pour La Réunion qui est toujours restée en dehors de la masse active. Si la pluviométrie enregistrée suite au passage du météore Gamède est très importante et à l'origine de nombreuses crues, c'est essentiellement par la sévérité de l'agitation marine qui a concerné les côtes nord et nord-ouest de l'île que le phénomène s'est distingué.

Les hauteurs de la mer maximales enregistrées lors du passage de Gamède sont les plus fortes observées à la Réunion, il n'y a pas d'équivalents observé depuis 50 ans. Ces hauteurs d'eau représentent les hauteurs de référence pour les PPR liés au risque de submersion marine. Des valeurs moyennes de creux entre 5 et 8 m sont enregistrées par les houlographes, avec des hauteurs maximales de vagues de plus de 10 m. Les vents supérieurs à 110 km/h durant toute la perturbation associés à la proximité (à moins de 400 km pendant 4 jours) des côtes de La Réunion, sont à l'origine de cette houle cyclonique particulièrement importante.

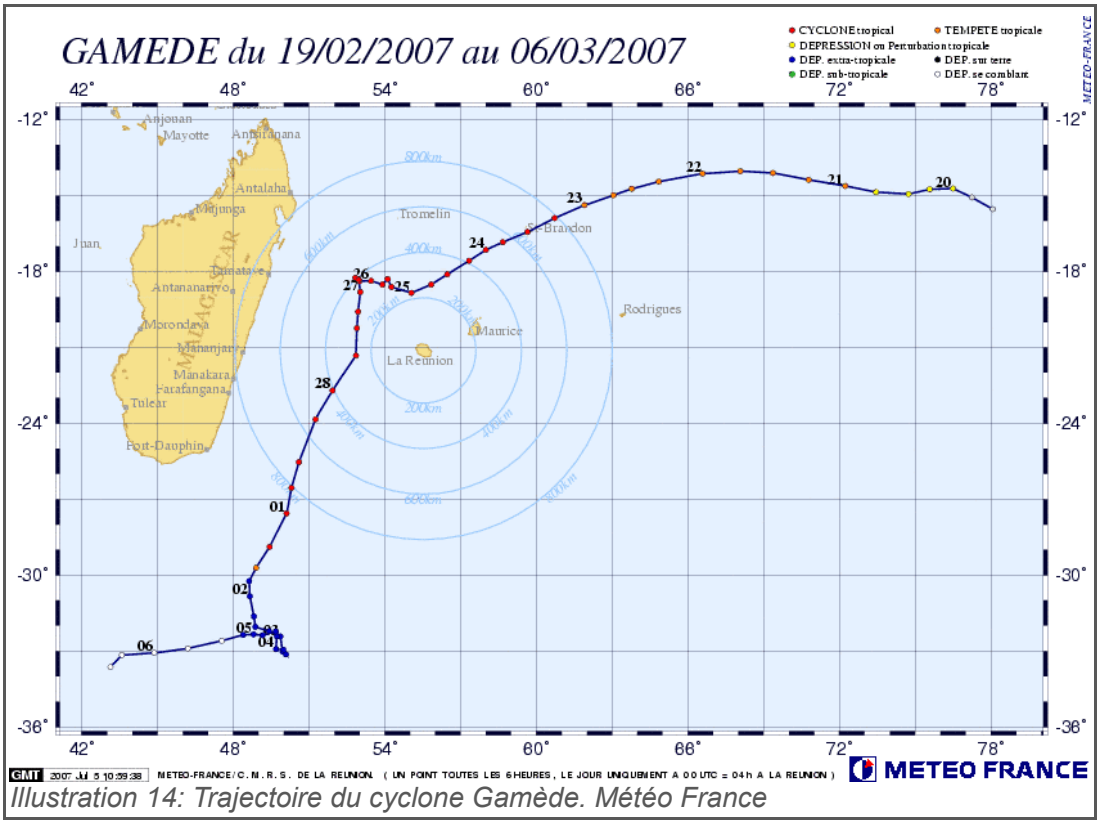


Illustration 14: Trajectoire du cyclone Gamède. Météo France

Les hauteurs maximales enregistrées par les houlographes sont les suivantes : 11.7 m à la Pointe du Gouffre, 10.9 m à la Baie de la Possession et 8.9 m à la Rivière des Galets.

Lors du premier passage au plus près de La Réunion de GAMEDE, c'est la houle en provenance de l'est- nord-est qui a frappé les côtes est et nord de Saint-Philippe jusqu'au Port. Dans la journée du 25 et surtout celle du 26, la houle s'est orientée petit à petit vers le nord tout en demeurant très importante avec toujours des creux de 6 à 8 mètres. Il est probable que la houle ait commencé à toucher la Baie de Saint-Paul dans la nuit du 25 au 26, (les courbes se rapprochent pour se confondre le 26) tandis qu'elle devenait moins sensible au sud de Sainte-Rose. La houle de provenance nord a atteint son maximum dans la soirée du 27 avec 11.7 mètres mesurés sur le houlographe de la Pointe du Gouffre, 10.9 mètres à Port-Est et 8.9 mètres à Port-Ouest. Toute la côte nord, et notamment la Baie de Saint-Paul, a subi alors l'assaut des vagues de plein fouet.

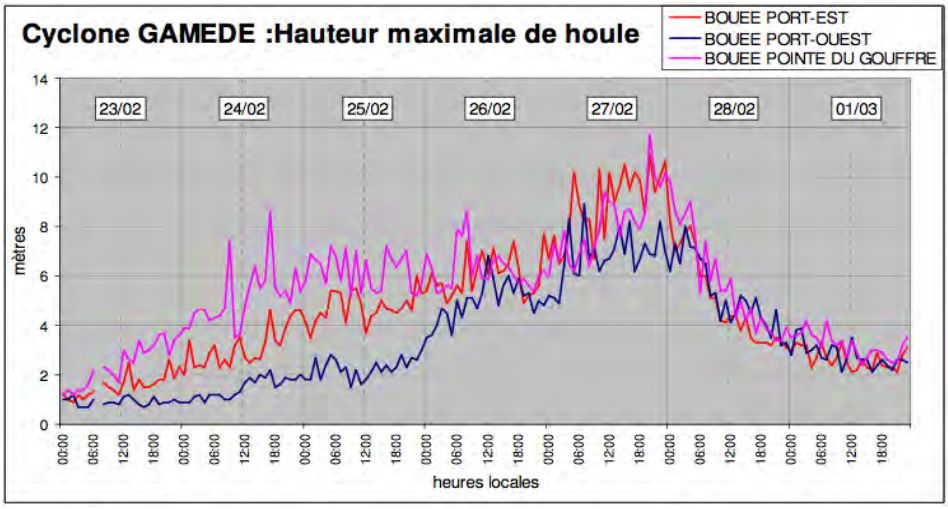


Illustration 15: Hauteurs de houle enregistrées lors de l'épisode Gamède

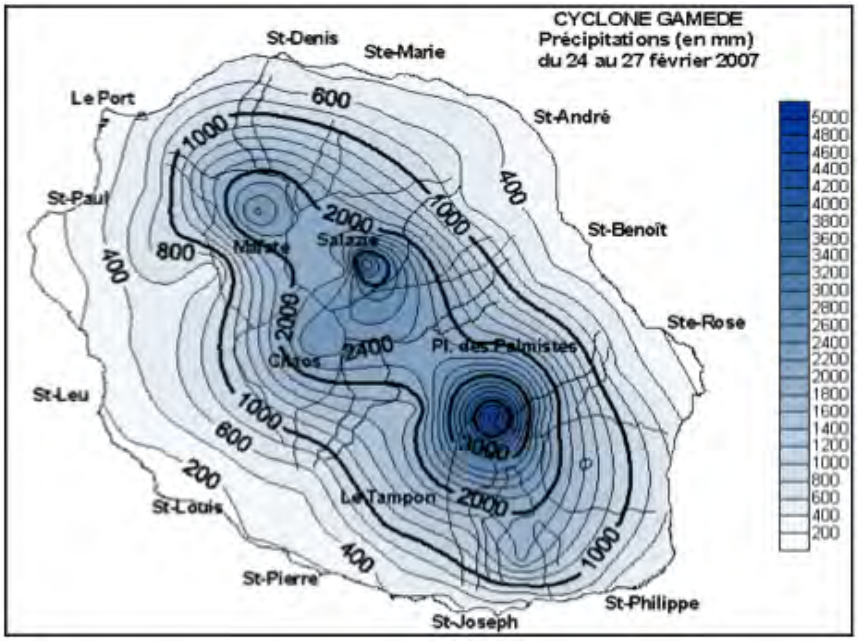


Illustration 16: Précipitations enregistrées lors du passage de Gamède. Météo France

Cours d'eau	Superficie BV (km^2)	Débit de pointe mesuré (m^3/s)	Débit spécifique ($m^3/s/km^2$)
Rivière des Pluies	46	222	4,8
Rivière Patates à Durand	13	37	2,8
Rivière Saint-Denis	31	142	4,5
Rivière des Marsouins	109	935	8,5

Tableau 5: Débits de pointes mesurés suite à l'épisode Gamède en 2007. Source DDE

Les inondations liées au passage du cyclone Gamède sur La Réunion ont provoqué de nombreux dégâts. Plus de 100 000 foyers furent privés d'électricité et autant d'eau. Le pont de la Rivière Saint-Etienne, dans le sud de l'île, fut détruit, paralysant fortement le retour à la normale dans cette partie de l'île. Les dégâts sont estimés à plus de 165 M€ (effets directs uniquement). Le littoral fut fortement affecté.

Illustration 17: Dégâts dus à la houle cyclonique de Gamède. Sogreah

Illustration 18: Pont Saint-Etienne détruit suite aux fortes crues. Source : DEAL

Particularité hydro-météo (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
Cyclone et forte houle (supérieure à dix mètres) entraînant d'importantes submersions marines	Ravines en crue et zone littorale	100 000 foyers privés d'électricité (pour 800 000 habitants), 100 millions d'euros de dégâts

La houle de mai 2007

Du 12 mai 2007 à 12h au 14 mai 2007 à 00h, un phénomène de Houle australe (ou polaire) affecte l'île de La Réunion. Si ce type de phénomène est courant, celui de mai 2007 fut particulièrement intense, avec une hauteur de vague maximale de 11,3 m, observée le 12 mai à 19h. Cet épisode de houle australe sert de référence dans les PPR liés aux risques de submersion marine pour les communes de Saint-Leu, Saint-Paul et Etang-Salé. Cet événement est exceptionnel, en se référant uniquement aux cas de houle australe.

Cette houle australe a pour origine une tempête qui s'est développée entre le 11 et le 13 mai au sud-est des Iles Kerguelen. La tempête a généré un fort flux de sud-ouest, favorable à la formation de fortes houles de sud-ouest capables de remonter jusqu'aux Mascareignes.

L'épisode a fait deux morts à proximité du port de Saint-Pierre et occasionné d'importants dégâts sur l'ensemble de la côte sud de La Réunion, essentiellement sur les ports de Saint-Pierre, Saint-Gilles et Saint-Leu. De nombreuses habitations sont également endommagées, ainsi que des équipements d'activités touristiques. A Saint-Paul, le camping des Finances est entièrement submergé. On recense plus de 300 constructions endommagées le long du littoral sud de l'île. De même, un grand nombre de bateaux a subi des dégâts.

Illustration 19: Habitation endommagée suite à Grand Fond. Sogreah

Nom	Hmax (m)	Tmax (s)
Baie de la Possession (Port Est)	1	5,7
Rivière des Galets (Port Ouest)	7	13,6
Pointe du Gouffre	3	17,6
Saint-Pierre	11	16,1

Tableau 6: Hauteurs de vagues maximales observées lors de l'événement de mai 2007

Particularité hydro-météo (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
Houle australe	Très forte houle entraînant d'importantes submersions marines	Nombreux impacts dans la zone sud et ouest de l'île : deux morts, 300 constructions endommagées, dégâts sur de nombreux bateau

Impacts potentiels des inondations futures

Évaluation des zones concernées par les phénomènes de débordement de cours d'eau, submersions marines et remontées de nappes

Constitution des EAIP « cours d'eau » et « submersion marine »

Objectifs, principes généraux et limites

L'objectif poursuivi est de pouvoir calculer les indicateurs d'impacts sur l'emprise potentielle des évènements extrêmes, cette notion d'extrême n'étant pas reliée à une période de retour donnée. Il s'agit donc d'abord d'approcher le contour de ces évènements en mobilisant en premier lieu l'information immédiatement disponible (atlas, cartes d'aléas des PPR, etc.), et en la complétant si nécessaire par des études complémentaires.

La seule connaissance disponible portant sur des évènements centennaux ou inférieurs, un complément d'information a été apporté par des méthodes simplifiées basées sur l'analyse de la géologie et de la topographie.

Deux enveloppes approchées des inondations potentielles (EAIP) ont ainsi été élaborées sur l'ensemble du territoire national :

- EAIPce pour les inondations par débordements de cours d'eau, y compris les débordements des petits cours d'eau à réaction rapide (thalwegs secs), les inondations des cours d'eau intermittents et les inondations des torrents de montagne (à partir d'une superficie de bassin versant de quelques km2),
- EAIPsm pour les inondations par submersions marines.

Pour élaborer les EAIPce et EAIPsm, l'effet des ouvrages hydrauliques (barrages et digues de protection) n'est pas considéré (on considère les ouvrages comme transparents). Ainsi ces deux EAIP intègrent également les inondations potentielles par rupture de digues de protection. Les EAIPce et EAIPsm intègrent les zones inondées presque permanentes comme les lits mineurs, estuaires, lacs, étangs...

Avertissements et limites :

La méthode employée génère des incertitudes qui peuvent être, selon les secteurs, relativement importantes (surestimation des emprises, ou au contraire à sous estimation). Les EAIP, qui fusionnent des sources d'information d'échelle et de précision variables, doivent être considérées avec précaution. Les EAIP ne constituent pas une cartographie de zones inondables au sens administratif ou réglementaire et sont donc à ne pas confondre avec les documents suivants :

- les plans de prévention des risques naturels prévisibles d'inondations ou littoraux,
- les atlas des zones inondables ou submersibles,
- la cartographie des surfaces submersibles et des risques d'inondation qui devront être réalisées dans la seconde étape de la mise en œuvre de la directive inondation.

Les EAIP ne peuvent donc pas être utilisées dans les procédures administratives ou réglementaires. En outre, étant données les échelles des données mobilisées, les EAIP ne doivent pas être utilisées à une échelle supérieure au 1/100 000.

Par ailleurs, ces enveloppes ne permettent pas de qualifier l'intensité des phénomènes potentiels. Or les conséquences des phénomènes peuvent être très différentes selon en particulier la cinétique des évènements (délai d'alerte) et leur intensité (hauteurs, vitesses de submersion par exemple).

En prenant en compte ces limites, les EAIP constituent aujourd'hui la donnée la plus complète pour évaluer à l'échelle des bassins et à l'échelle nationale les conséquences potentielles des inondations extrêmes.

Phénomènes considérés, données et hypothèses mobilisées pour l'EAIP « cours d'eau »

L'EAIP « cours d'eau » représente l'emprise potentielle des débordements de cours d'eau, y compris les petits cours d'eau à réaction rapide, les cours d'eau intermittents et les thalwegs secs, ainsi que les torrents de montagne. On peut également faire l'approximation que l'emprise obtenue contient les emprises potentielles des inondations suite à des ruptures de digues de protection contre les inondations.

L'EAIP cours d'eau ne prend pas en compte les ruissellements en versant (coulées de boues et ruissellements localisés en dehors des thalwegs) ainsi que les phénomènes spécifiques liés à la saturation locale des réseaux d'assainissement en milieu urbain. Néanmoins, la méthodologie proposée permet de tenir compte de certaines de ces inondations urbaines, dès lors qu'elles sont associées à des thalwegs fortement urbanisés, qu'ils soient ou non drainés par un système d'assainissement ou de gestion des eaux pluviales.

L'enveloppe approchée des inondations potentielles pour le débordement de cours d'eau est construite en fusionnant les informations suivantes pour dessiner une emprise :

- la synthèse de l'ensemble de la connaissance cartographique disponible au format SIG concernant les zones inondables au sein des services de l'Etat (AZI, PPRi, autres données locales : données historiques, études diverses...),
- des informations qui ont permis de compléter les données existantes, soit pour en combler les manques (cours d'eau pour lesquels aucune connaissance n'est disponible), soit pour prendre en compte des évènements plus importants que ceux connus (cas où la seule connaissance disponible est inférieure ou égale à un évènement centennal). Ces compléments sont constitués :
  - d'une part des informations disponibles sur la géologie : la couche des alluvions récentes donne dans la plupart des cas des indices intéressants d'inondabilité pour les cours d'eau importants ;
  - d'autre part de l'évaluation des zones basses hydrographiques, résultat de l'application d'une méthode à grand rendement géographique : la méthode EXZECO (extraction des zones d'écoulement – application développée par le CETE Méditerranée et mise en œuvre conjointement avec le CETMEF). Cette méthode permet de compléter l'information principalement pour les têtes de bassin non couvertes par la connaissance actuelle, pour lesquelles les cartes géologiques fournissent peu ou pas d'information. Basée sur une approche topographique, elle permet d'identifier les thalwegs drainant une superficie supérieure à un seuil donné.

Les digues de protection contre les inondations ont été considérées comme transparentes pour l'élaboration de l'EAIP. Ce scénario permet de considérer également les zones qui, bien que protégées pour certaines catégories d'évènements, pourraient être submergées en cas de défaillance des ouvrages ou d'évènement extrême supérieur à l'objectif de protection. L'approximation faite est que le potentiel sur-aléa causé par la rupture d'une digue de protection est contenu dans l'emprise de l'EAIP. L'EAIP considérant ces ouvrages transparents englobe donc autant que possible les effets d'une potentielle rupture d'ouvrage de protection.

Les impacts potentiels du changement climatique sur les inondations par débordement de cours d'eau ne sont pas pris en compte dans la constitution de l'EAIP cours d'eau, étant donné qu'aucune tendance claire ne se dégage (cf Annexe – référence [4]).

Une fois l'ensemble des informations recueillies au niveau du bassin, une analyse critique a été réalisée par la DEAL avec l'appui du réseau des CETE pour constituer l'enveloppe approchée des inondations potentielles. Les couches géologiques, ou des zones fournies par Exzeco en particulier ont été écartées si les connaissances existantes montraient que ces enveloppes sont bien supérieures aux évènements extrêmes.

Phénomènes considérés, données et hypothèses mobilisées pour l'EAIP « submersion marine » :

L'EAIP « submersions marines » représente l'emprise potentielle des inondations par submersions marines et rupture d'ouvrages de protection contre les submersions marines.

L'EAIP ne prend pas en compte les tsunamis, ni l'érosion du trait de côte en particulier sur les côtes rocheuses, qui peut entraîner d'autres types de risques.

L'enveloppe approchée des inondations potentielles « submersions marines » assemble les trois types d'informations ci-dessous pour dessiner une emprise :

- la synthèse de l'ensemble de la connaissance cartographique disponible au format SIG concernant les zones inondables par submersions marines au sein des services de l'Etat (AZI, PPRN submersions marines et assimilés, autres données locales : données historiques, études diverses...),
- l'étude de référence au niveau national « Vulnérabilité du Territoire National aux Risques Littoraux », qui a cartographié les zones topographiques du littoral situées sous un niveau donné, constitué du niveau marin centennal auquel est ajouté un mètre pour la prise en compte des effets du changement climatique. Pour la constitution de ces zones basses littorales, les ouvrages de protection et les protections naturelles de zones basses (cordons dunaires par exemple) ne sont pas pris en considération. Cette approche peut de fait conduire à sur-estimer l'extension des zones concernées. Par ailleurs elle ne fournit ni hauteurs de submersion ni vitesses d'écoulement ;
- des informations sur la géologie (couche des alluvions maritimes récentes) disponibles sur le littoral.

Les ouvrages de protection et les protections naturelles de zones basses (cordons dunaires par exemple) n'ont d'une manière générale pas été pris en considération. Toutefois, dans certaines parties aval des fleuves ou de leurs affluents, des barrages ou des écluses ont été édifiés pour soustraire ces cours d'eau aux intrusions marines et permettre une régulation des zones amont (soutien d'étiage, évacuation des crues continentales). Dans certains cas, ces ouvrages assurant une très forte protection sur des territoires situés en amont, ces territoires ont été soustraits de l'enveloppe.

L'impact du changement climatique a été pris en compte dans les résultats de l'étude Vulnérabilité du Territoire National aux Risques Littoraux, en considérant une rehausse du niveau de la mer d'un mètre pour l'ensemble des côtes, Outre-Mer et Méditerranée inclus, en cohérence avec l'hypothèse extrême du GIECC à l'horizon 2100.

4 Une partie des annexes sur les méthodologies portera spécifiquement sur la prise en compte du changement climatique.

Une fois l'ensemble de ces informations recueillies au niveau du bassin, une analyse critique a été réalisée en DEAL pour constituer l'enveloppe approchée des inondations potentielles. Les zones basses littorales en particulier ont pu être écartées ou amendées, pour prendre en compte des données topographiques plus précises ou des niveaux extrêmes différents, ainsi que les couches géologiques (ou une partie de ces couches) si les connaissances existantes montraient qu'elles sont bien supérieures aux évènements extrêmes.

Résultats obtenus :

La carte ci-contre montre l'étendue des EAIP « cours d'eau » et « submersions marines ».

Ces enveloppes se superposent à l'embouchure des cours d'eau. Certains secteurs sont effectivement soumis aux inondations par débordement de cours d'eau et par submersion marine. Il peut néanmoins arriver que l'attribution de la submersion aux deux origines soit le fait des méthodes employées (basées sur l'observation de la topographie et de la géologie, et non des phénomènes), et ne reflète pas la réalité.

L'identification de l'origine précise de la submersion étant cependant quelquefois difficile, une analyse basée sur la connaissance du terrain et des phénomènes pourra être faite si cela s'avère nécessaire lors de l'étape de cartographie.

Évaluation des impacts potentiels

Objectifs, principes généraux et limites

Le socle national d'indicateurs :

Pour garantir l'homogénéité de l'analyse, un tronc commun d'indicateurs au niveau national a été proposé. Les indicateurs s'appuient donc sur les bases de données disponibles à l'échelle nationale (la plupart des indicateurs est calculée à partir de la BD TOPO® de l'IGN).

Il n'existe pas de base de données rendant compte de la vulnérabilité des différentes cibles de la directive aux risques d'inondation. En revanche des bases de données sur les enjeux existent : bâti, population, routes,… Pour la construction d'indicateurs, il a été considéré que la simple présence d'un enjeu dans l'EAIP est représentative d'une vulnérabilité, ce qui constitue une approximation plus ou moins fiable selon les critères considérés : sur un nombre important d'enjeux (la population par exemple), on peut considérer l'indicateur comme pertinent. En revanche sur des enjeux très ponctuels (les musées par exemple), le résultat est plus discutable.

Bien que des enjeux hors des EAIP puissent être impactés (effets dominos dus par exemple aux impacts sur les réseaux), aucune méthode simple n'existe aujourd'hui pour les qualifier. L'analyse se limite à l'EAIP uniquement et aux enjeux directement impactés.

Enfin, l'évolution prévisible de l'implantation des enjeux en zone inondable dans les prochaines décennies n'est pas prise en compte dans le calcul de ces indicateurs. Elle est appréciée localement en complément des résultats obtenus.

Cette évaluation présente donc certaines limites, la première étant que les indicateurs communs peuvent ne pas refléter au mieux certaines situations locales. En outre, les indicateurs proposés ne permettent qu'une évaluation sommaire de la vulnérabilité des enjeux comptabilisés. Il s'agit par ailleurs d'une analyse de la situation actuelle, sans étude prospective sur les décennies à venir.

Toutefois, les résultats de ces indicateurs constituent la donnée la plus complète à l'échelle nationale pour l'évaluation des impacts potentiels des inondations extrêmes, nécessaire à la vision d'ensemble homogène recherchée pour l'EPRI.

Échelle de calcul des indicateurs :

Si, en métropole, les indicateurs sont généralement évalués à l'échelle de la commune, cette échelle doit sans doute être adaptée pour la Réunion. A ce stade, il est donc proposé un calcul des indicateurs à l'échelle de la zone hydrographique. Cette zone hydrographique correspond au découpage en bassin versants élémentaires, selon la BD Cartage. Elle assure une plus grande cohérence avec la nature des phénomènes. Lors de la sélection des territoires à risques importants (mi-2012), une analyse comparative sera réalisée afin de déterminer si une échelle plus adaptée est envisageable.

Impacts potentiels sur la santé humaine

Les impacts des inondations sur la santé humaine peuvent être très différents selon les phénomènes d'inondation, et selon leur intensité et leur cinétique.

Les premiers effets des inondations sur la santé comprennent le décès par noyade mais également les accidents liés à la situation de crise (chutes, électrocution, etc.). Ces risques de décès ou de blessures sont d'autant plus importants que les hauteurs et les vitesses de submersion sont importantes, et que les phénomènes se produisent rapidement. Les phénomènes plus lents et aux hauteurs de submersion moins élevées induisent certes un risque de mortalité plus faible, mais peuvent cependant présenter des risques pour la santé humaine, au niveau physique (problème d'approvisionnement en eau potable…) mais aussi psychologique, notamment du fait de la durée pendant lesquels les logements sont rendus inhabitables, des ruptures d'activités pouvant entraîner des pertes d'emplois, etc.

En outre, les inondations peuvent avoir des conséquences indirectes sur la santé humaine par le biais du dysfonctionnement des services publics tels que la santé, la prise en charge sociale, l'éducation, qui peuvent être impactés en cas d'évènement majeur.

Les impacts potentiels des inondations sur la santé humaine ont été évalués à partir des indicateurs suivants, qui prennent seulement en compte la population directement impactée (en nombre, en densité, en proportion, en type d'habitat, en accès aux soins), sans distinction selon la gravité des phénomènes d'inondation :

- La population habitant dans l'EAIP. La population dans les zones concernées est le principal indicateur d'impact sur la santé humaine mais indique également une vulnérabilité de l'activité économique. Le nombre d'habitants à l'intérieur de l'EAIP cours d'eau est calculé pour chaque commune, de même pour l'EAIP submersion marine, à partir des résultats du recensement 2006 de l'INSEE (pour les communes concernées par les deux phénomènes, les habitants sont donc comptabilisés deux fois). Le calcul prend en compte l'ensemble des résidents permanents habitant dans l'EAIP (quelque soit le nombre d'étages de l'immeuble), mais ne prend pas en compte la population saisonnière.
- a densité de population dans l'EAIP ou en bordure de l'EAIP. Cette carte (voir illustration 20) fournit la densité de population (à partir de la carte nationale produite par l'INSEE), représentée uniquement sur l'emprise des EAIP cours d'eau et submersion marine. Étant donnée l'échelle de représentation de la densité de population (le pixel de 1 km²), la densité visible sur l'emprise de l'EAIP peut concerner la population à l'intérieur ou en bordure de l'EAIP.
- La proportion de la population de la commune habitant dans l'EAIP. Cette proportion rend compte de la sensibilité du territoire, et de sa capacité à rétablir une situation normale rapidement après un évènement (résilience). Seules les communes dont la proportion de la population habitant dans l'EAIP dépasse les 80% de la population communale sont représentées. Cet indicateur permet de mettre en valeur les communes qui seraient, à leur échelle, très fortement impactées en cas d'évènement.

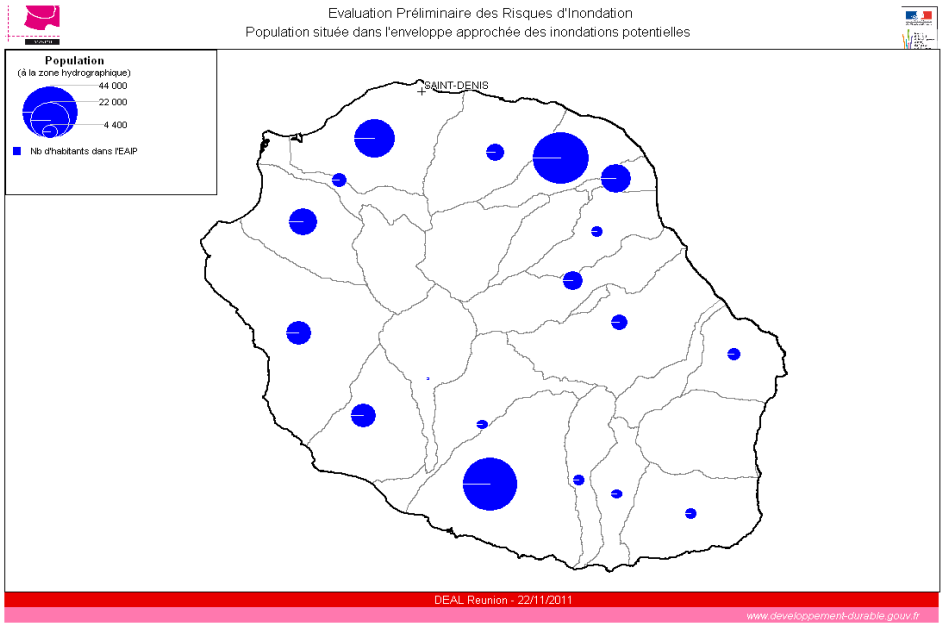


Illustration 20: La densité de population dans l'EAIP ou en bordure de l'EAIP

- La proportion de la population de la commune habitant dans l'EAIP (voir illustration 21). Cette proportion rend compte de la sensibilité du territoire, et de sa capacité à rétablir une situation normale rapidement après un évènement (résilience). Seules les communes dont la proportion de la population habitant dans l'EAIP dépasse les 80% de la population communale sont représentées. Cet indicateur permet de mettre en valeur les communes qui seraient, à leur échelle, très fortement impactées en cas d'événement.
- L'emprise des habitations de plain-pied dans l'EAIP (voir illustration 22). Cet indicateur permet d'identifier les habitations sans étage situées dans l'EAIP. Cette information est particulièrement importante dans le cas de phénomènes rapides (submersions rapides, ruptures d'ouvrages), car leurs habitants peuvent se retrouver pris au piège dans leur habitation, sans possibilité de se réfugier à un étage hors d'eau. En outre, leurs habitants ne peuvent réintégrer facilement leur logement une fois l'évènement passé, de nombreux biens y étant endommagés. L'indicateur est calculé en considérant les bâtiments d'habitation de hauteur inférieure à 4 mètres.
- Le nombre d'établissements de santé dans l'EAIP (voir illustration 23). La présence d'établissements hospitaliers dans l'EAIP est problématique à double titre : ils peuvent devenir inaccessibles en cas d'inondation, à un moment où le nombre de blessés peut être important, et leur population est particulièrement vulnérable et difficile à évacuer. L'indicateur produit comptabilise le nombre de cliniques et d'établissements hospitaliers dans l'EAIP (les établissements thermaux ne sont pas pris en compte). Étant donnée l'automatisation du calcul, les établissements en bordure de l'EAIP peuvent être comptés ou non selon la position de leur centroïde.

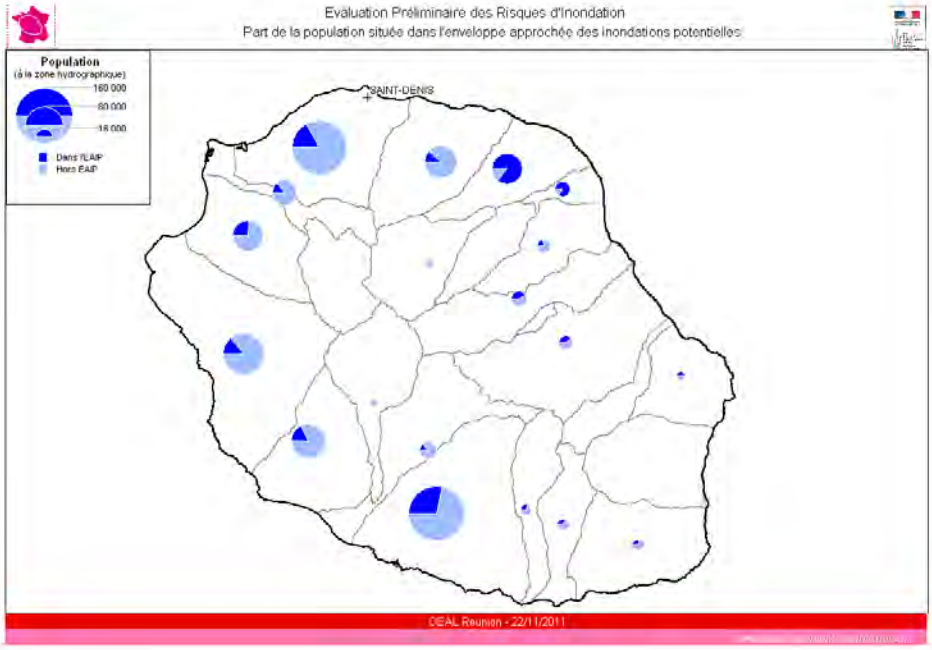


Illustration 21: La proportion de la population de la commune habitant dans l'EAIP

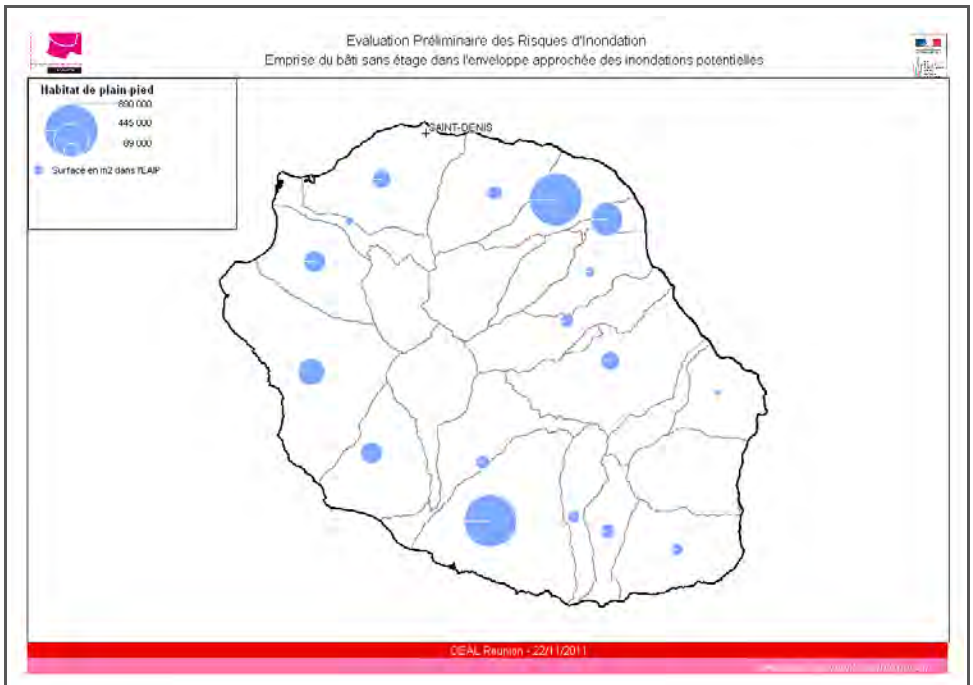


Illustration 22: L'emprise des habitations de plain-pied dans l'EAIP

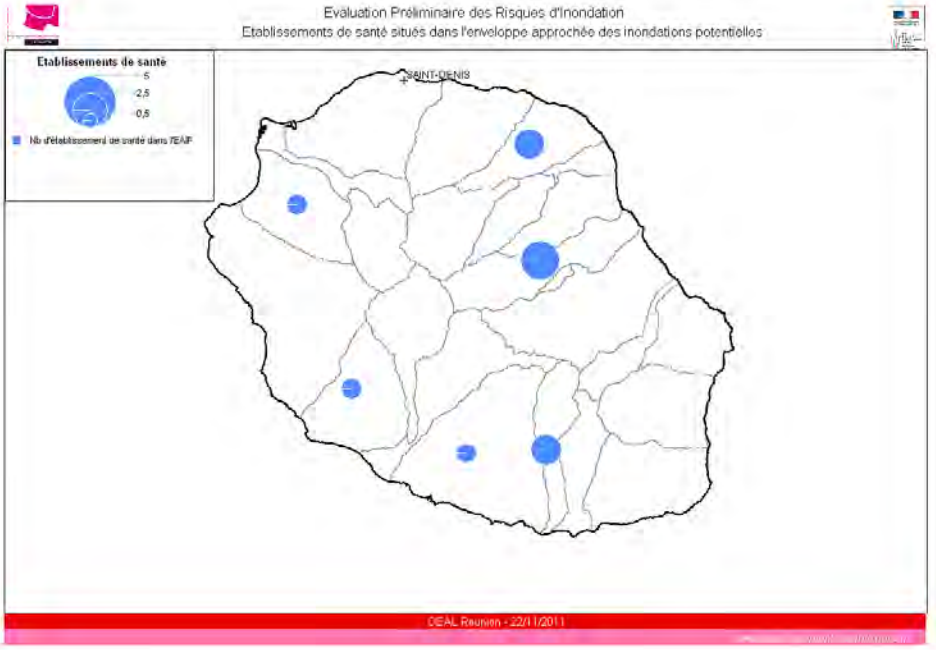


Illustration 23: Le nombre d'établissements de santé dans l'EAIP

Impacts potentiels sur l'activité économique

Les inondations peuvent avoir des impacts négatifs sur différents types d'enjeux liés à l'économie :

- l'ensemble des biens (privés ou publics) en zone inondable peut être atteint directement ;
- les réseaux (de transport, d'énergie, de télécommunication, d'eau...), au delà de leur vulnérabilité physique à l'inondation, sont le plus souvent fortement vulnérables étant donnée leur interdépendance ;
- l'activité économique, dont l'agriculture, peut être particulièrement vulnérable aux inondations. On peut sans être exhaustif citer les différents types d'impacts suivants :
  - pour les activités situées dans les zones inondées : impacts sur les bâtiments, le matériel, les produits stockés, les cultures, qui peuvent conduire à des pertes directes et des pertes d'exploitation,
  - pour l'ensemble des activités : rupture d'activité potentielle suite à la rupture ou au dysfonctionnement des réseaux, à l'indisponibilité des personnels inondés, au défaut de fonctionnement d'un fournisseur inondé...

La vulnérabilité des activités dépend également de leur couverture assurantielle, variable selon les différents types de dommages.

L'évaluation de ces impacts potentiels est donc particulièrement complexe étant données ces différentes natures d'atteintes.

Les indicateurs du socle national proposés pour donner une première approche de ces impacts potentiels sont les suivants (voir illustration 24) :

- L'emprise totale du bâti dans l'EAIP. Cet indicateur rend compte de l'importance du bâti présent dans l'EAIP et donc des répercussions potentielles d'une inondation sur les biens.
- L'emprise des bâtiments d'activité dans l'EAIP. Cet indicateur permet d'identifier la part du bâti d'activité dans le bâti total. Il permet surtout de mettre en valeur les zones d'activités et zones industrielles, les activités disséminées dans le tissu urbain n'étant pas comptabilisées.

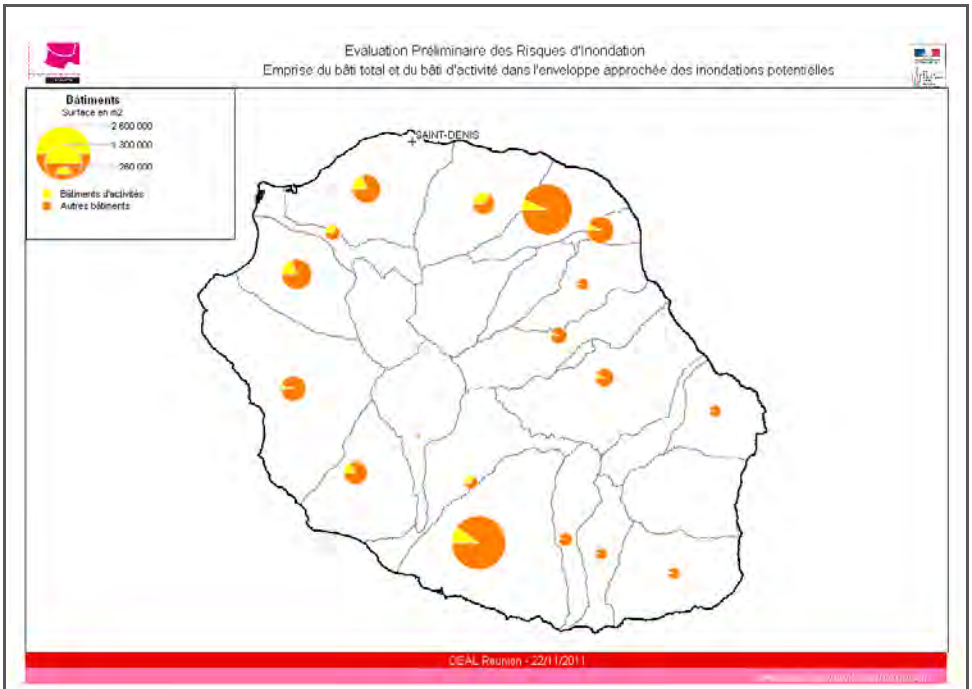


Illustration 24: L'emprise des bâtiments total et d'activité dans l'EAIP

- le nombre d'emplois dans l'EAIP : cet indicateur rend compte d'une vulnérabilité de l'activité économique, mais également d'une vulnérabilité de la population. En journée, la population active est située en majorité sur son lieu de travail et non son lieu d'habitation, et peut donc être directement impactée sur celui-ci. Ce calcul est basé sur l'exploitation de la BD Parcellaire, qui est plus ou moins bien géoréférencée selon les communes. L'information produite est donc de qualité médiocre pour un petit nombre de communes (ces dernières sont identifiées sur une carte spécifique pour qualifier la valeur de l'indicateur produit).
- Le nombre d'évènements (voir illustration 25) Cat Nat : La loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 modifiée relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles a pour but l'indemnisation des biens assurés suite à une catastrophe naturelle par un mécanisme faisant appel à une solidarité nationale. Un même évènement d'inondation peut justifier plusieurs arrêtés Cat Nat (au titre de différents types de phénomènes). Les évènements d'inondation identifiés comme « Cat Nat » peuvent recouvrir des évènements assez fréquents par rapport aux évènements extrêmes pris en compte dans le cadre de l'EPRI (une pluie décennale peut justifier un arrêté Cat Nat). Le nombre d'évènements « Cat Nat » permet toutefois de donner une indication de la sinistralité d'une commune lors des trente dernières années. Les communes cumulant un nombre d'évènements important sont surtout représentatives d'une vulnérabilité économique pour des évènements fréquents. Dans les DOM, le dispositif est entré en vigueur après le dispositif métropolitain (en 1990). L'indicateur ne peut donc être comparé entre les DOM et la métropole.

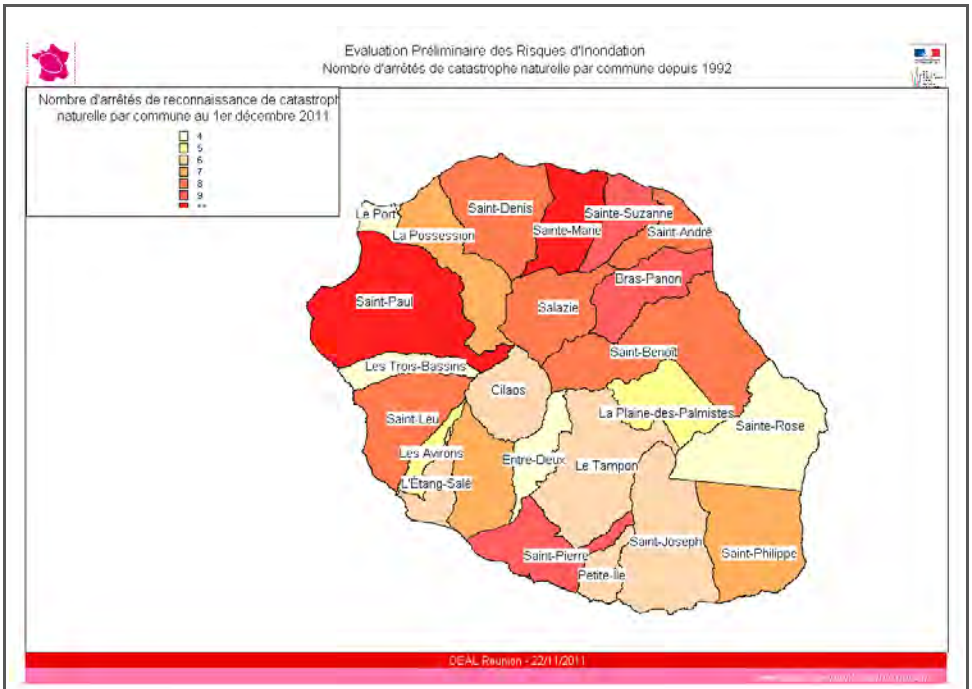


Illustration 25: Le nombre d'évènements « Cat Nat »

- Les linéaires de réseaux de transports dans l'EAIP : ces linéaires sont comptabilisés à l'échelle du bassin1, sans analyse de leur vulnérabilité en cas d'inondation (ces voies ne sont pas nécessairement coupées en cas d'inondation) :
  - Le linéaire de routes principales : les routes principales constituent des liaisons entre métropoles et départements, constituant l'essentiel du réseau européen. Ce réseau revêt un caractère stratégique.
  - Le linéaire de routes secondaires : cet indicateur permet de rendre compte de l'atteinte au réseau « courant ».
  - Le linéaire de voies ferrées : les principales voies ferrées permettent des grandes liaisons entre agglomérations et constituent, comme les routes principales, des itinéraires stratégiques. Seules les voies ferrées principales ont été considérées.

Impacts potentiels sur l'environnement

Les inondations, phénomène naturel, ont dans la plupart des cas un impact positif sur l'environnement.

Les lits majeurs et en particulier les zones humides sont souvent des sites d'intérêt écologique fort et sont des milieux de vie remarquables pour leur biodiversité. Ces espaces naturels sont vulnérables aux inondations lorsque celles-ci affectent des sources de pollution, majoritairement anthropiques.

Étant donné l'objectif de l'EPRI, la caractérisation de ces impacts positifs n'a pas été recherchée.

Pour la caractérisation des impacts négatifs des inondations sur l'environnement, les principales sources de pollution potentielle et les principales zones naturelles protégées ont été identifiées :

- Les installations nucléaires de base dans l'EAIP : ces installations représentent un risque majeur pour les populations et l'environnement en cas de dysfonctionnement, tout en revêtant une importance stratégique pour le territoire national. Les INB comprennent les réacteurs nucléaires, mais également les grandes installations de préparation, d'enrichissement, de fabrication, de traitement ou d'entreposage de combustible nucléaire, les grandes installations comprenant des substances radioactives ou fissiles, et les grands accélérateurs de particules. 126 INB sont comptabilisées au 31/12/2010, sachant que pour des raisons techniques ou juridiques, le nombre d'INB n'est pas automatiquement lié à un nombre de réacteurs (une même usine du cycle de combustible peut recouvrir plusieurs INB, et une INB peut être composée d'un ensemble de réacteurs). Concernant la Réunion, cet indicateur n'est pas pertinent, en l'absence d'installations de ce type.
- Les établissements Seveso seuil haut dans l'EAIP : ces établissements, dont la nature et l'importance des activités ou des substances présentes représentent des risques majeurs pour l'environnement, sont soumis à une réglementation spécifique avec en particulier une maîtrise de l'urbanisation autour des sites. Il en existe plus de 600 sur le territoire national, et 2 à la Réunion : la SRPP sur la commune du Port et le dépôt d'explosif de Bouygues TP sur le secteur du Cap La Houssaye (Saint-Paul).
- Les établissements IPPC dans l'EAIP : les établissements soumis à la directive dite « IPPC » (pour Integrated Pollution Prevention and Control) sont les installations industrielles ou agricoles à fort potentiel de pollution de l'environnement dans son ensemble (eau, air, sols...). Il en existe environ 6000 en France, toutes natures confondues (industries d'activités énergétiques, production et transformation des métaux, industrie minérale, industrie chimique, gestion des déchets, élevage d'animaux, etc.). La géolocalisation de ces installations est réalisée par le biais de l'application GIDIC. Actuellement, cette géolocalisation est en cours de redéfinition à la Réunion, les 15 installations étant jusqu'à présent localisées, soit à l'adresse, soit avec les coordonnées précises.
- Les stations d'épuration de plus de 10 000 équivalents habitants dans l'EAIP. Les stations d'épuration sont généralement construites dans ou en bordure des lits majeurs, et peuvent être vulnérables en cas d'inondation importante.
- Les zones Natura 2000 dans l'EAIP : elles regroupent au niveau européen les sites ayant une grande valeur par la faune et la flore exceptionnelles qu'ils contiennent, dans un objectif de préservation de la biodiversité.
- Les ZNIEFF dans l'EAIP : les zones nationales d'intérêt écologique faunistique et floristique concernent les sites ou les ensembles naturels contenant des espèces végétales ou animales rares et menacées ou des habitats remarquables.

Il n'a pas été fait de sélection des zones protégées les plus sensibles au vu de la proximité d'une source de pollution potentielle. En outre, la vulnérabilité des sites potentiellement polluants et le type de pollution éventuelle n'a pas été pris en compte.

Impacts potentiels sur le patrimoine

Le patrimoine recouvre le patrimoine culturel (qu'il soit matériel ou immatériel : patrimoine bâti, collections des musées, ...) ou naturel (flore et faune, paysages). Les impacts potentiels des inondations sur ce patrimoine doivent être anticipés, car ce sont des biens irremplaçables.

La vulnérabilité aux inondations du patrimoine naturel est examinée au titre des impacts potentiels sur l'environnement. La vulnérabilité du patrimoine culturel est approchée pour l'EPRI à travers le calcul de la superficie du bâti remarquable dans l'EAIP. Le bâti remarquable est identifié par l'analyse de la BD TOPO® de l'IGN qui permet d'identifier les châteaux, églises, chapelles et bâtiments religieux divers.

Cet indicateur est très restrictif car il ne permet de considérer qu'une partie du bâti constituant notre patrimoine culturel, sans analyse de sa vulnérabilité à l'inondation, et parce qu'il ne prend pas en compte le patrimoine non bâti. Toutefois, il permet d'avoir une première appréciation de certains secteurs sensibles.

ANNEXES

Table des illustrations et des tableaux

Liste des illustrations

Illustration 1: Carte topographique de la Réunion....13
Illustration 2: Pluviométrie annuelle moyenne à La Réunion. Météo France....14
Illustration 3: Schéma de principe de l'occupation du sol à la Réunion....15
Illustration 4: Unité de présentation de La Réunion (Source BD Carthage)....16
Illustration 5: Type de houle pouvant affecter le littoral Réunionnais. Météo France....18
Illustration 6: Localisation par typologie des événements d'inondation sur La Réunion....19
Illustration 7: Bilan de la consommation par commune (PPER 1980-2006, en kF)....24
Illustration 8: Nombre de systèmes tropicaux par saisons cycloniques de 1967 à 2009, à moins de 300 km des côtes de La Réunion et indices ACE calculés pour ces systèmes (x10) et calculés pour l'ensemble du bassin de 1983 à 2009, Météo-France, 2010....31
Illustration 9: Trajectoire du cyclone Hyacinthe....33
Illustration 10: Pluviométrie enregistrée lors du passage de Hyacinthe. Rapport DDE....34
Illustration 11: Destruction du radier de Gillot, sur la Rivière des Pluies....35
Illustration 12: Trajectoire du cyclone Firinga....36
Illustration 13: Localisation des habitations endommagées lors de Firinga (source : presse régionale)....37
Illustration 14: Trajectoire du cyclone Gamède. Météo France....38
Illustration 15: Hauteurs de houle enregistrées lors de l'épisode Gamède....39
Illustration 16: Précipitations enregistrées lors du passage de Gamède. Météo France....39
Illustration 17: Dégâts dus à la houle cyclonique de Gamède. Sogreah....40
Illustration 18: Pont Saint-Etienne détruit suite aux fortes crues. Source : DEAL....41
Illustration 19: Habitation endommagée suite à Grand Fond. Sogreah....42
Illustration 20: La densité de population dans l'EAIP ou en bordure de l'EAIP....48
Illustration 21: La proportion de la population de la commune habitant dans l'EAIP....49
Illustration 22: L'emprise des habitations de plain-pied dans l'EAIP....49
Illustration 23: Le nombre d'établissements de santé dans l'EAIP....50
Illustration 24: L'emprise des bâtiments total et d'activité dans l'EAIP....51
Illustration 25: Le nombre d'évènements « Cat Nat »....52

Liste des tableaux

Tableau 1: Les étapes de la mise en œuvre de la directive inondation.....9
Tableau 2: Intensité de pluie pour les périodes comprises entre 12h et 15 jours.....15
Tableau 3: Débits maximum enregistrés lors du passage de Hyacinthe (DDE 1980).....34
Tableau 4: Débits maximum mesurés lors du passage de Firinga en 1989. DDAF.....37
Tableau 5: Débits de pointes mesurés suite à l'épisode Gamède en 2007. Source DDE. .40
Tableau 6: Hauteurs de vagues maximales observées lors de l'événement de mai 2007. 42

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat
Développement durable
Prévention des risques
Infrastructures, transports et mer

Présent pour l'avenir

www.developpement-durable.gouv.fr

DICOM-DGPR/COU/11030 - Photo : DEAL Réunion