

Réunion – Cyclone GARANCE

**Phase 1 : Reconnaissances terrain et premières
analyses post-cyclone**

Juillet 2025

Le Cerema est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique, présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 26 implantations et ses 2 400 agents. Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport.

Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné notamment par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

Site web : www.cerema.fr

Réunion – Cyclone GARANCE

Phase 1 : visites de terrain

Commanditaire : DEAL 974

Partenaire : Vigicrues Réunion

Auteur : Florent Baby

Responsable du rapport

Florent BABY – Département Risques Naturels – Groupe Risques Inondations et Littoraux
Tél. : +33(0)4 42 24 72 22
Courrier : florent.baby@cerema.fr
Direction Territoriale Méditerranée- – 30 avenue Albert Einstein – CS 13593 Aix en Provence Cedex 3

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	19/05/2025	Transmission à la DEAL 974
2	15/07/2025	Version définitive du rapport Phase 1 suite retour de la DEAL 974

Références

N° Affaire NOVA : 25-OM-0020

N° Chrono : RN/25-091

Nom	Service	Rôle	Date	Visa
Florent Baby	Cerema Dter Méditerranée	Auteur		
David Criado	Cerema Dter Méditerranée	Vérificateur		
Patrice Maurin	Cerema Dter Méditerranée	Valideur		

Statut de communication de l'étude

Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

- ☒ Accès libre : document accessible au public sur internet
- ☐ Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema
- ☐ Accès confidentiel : document non accessible

Contexte et objet de l'étude

Le 28 février 2025, le cyclone tropical Garance a traversé l'île de La Réunion, entraînant un épisode pluvieux d'une intensité exceptionnelle. Les cumuls de précipitations ont dépassé 500 mm dans les Hauts et atteint localement plus de 200 mm sur le littoral nord, sur des pas de temps courts comparables aux temps de concentration des bassins versants. Ces conditions ont provoqué des débordements majeurs de cours d'eau, des phénomènes de ruissellement intense, ainsi que des désordres hydrauliques et hydromorphologiques sur de nombreux secteurs de l'île.

Face à l'ampleur de ces impacts, la DEAL Réunion a sollicité le Cerema pour conduire un retour d'expériences (RETEX) centré sur le volet inondation de cet événement. L'objectif de cette première phase est double : d'une part, identifier et visiter les zones les plus touchées afin de recueillir à chaud des observations de terrain ; d'autre part, poser les bases d'une analyse approfondie des dynamiques hydrologiques, hydrauliques et morphologiques qui ont marqué l'épisode. Cette phase préparatoire, structurée autour d'une campagne de terrain et d'une analyse préliminaire, alimentera une seconde phase de travail, orientée vers une expertise plus détaillée et une restitution complète des phénomènes observés.

Résumé

Le rapport présente un retour d'expérience suite au passage du cyclone Garance à La Réunion en février 2025, centré sur les impacts hydrologiques, hydrauliques et morphodynamiques des crues associées.

La première phase a consisté en une campagne de terrain ciblée dans les bassins versants les plus touchés, combinant observations directes, analyses pluviométriques (données ANTILOPE et SHYREG) et exploitation d'images satellitaires avant/après crue. Les résultats montrent un épisode pluvieux exceptionnel, avec des intensités extrêmes concentrées sur des durées courtes, provoquant des réactions variées selon les bassins : débordements localisés, érosions, dépôts massifs, embâcles et dommages aux infrastructures et au bâti.

Le rapport souligne la complexité des phénomènes à l'échelle locale et propose une seconde phase d'étude approfondie intégrant des modélisations hydrauliques, l'exploitation des données LiDAR et de nouvelles analyses complémentaires pour mieux comprendre et caractériser ces dynamiques.

Mots-Clés

Cyclone Garance, crue exceptionnelle, pluviométrie extrême, bassins versants, hydromorphologie, dépôts sédimentaires, érosion, embâcles, modélisation hydraulique, retour d'expérience (RETEX).

Sommaire

1	Contexte et objectifs.....	9
1.1	Situation hydrométéorologique de l'épisode Garance.....	9
1.2	Objectifs de la phase 1 du RETEX et articulation avec la phase 2.....	11
2	Méthodologie d'intervention.....	11
2.1	Données mobilisées	11
2.2	Principes de sélection des zones de visite	16
2.3	Outils utilisés	16
3	Synthèse des observations de terrain	17
3.1	Organisation et couverture des relevés post-crue Garance.....	17
3.2	Rivière des Pluies	19
3.3	Ravine Patates à Durand.....	23
3.4	Ravine du Butor et ses affluents	28
3.5	Rivière Saint-Denis	34
3.6	Ravine Grande Chaloupe	39
3.7	Ravine Lafleur et Petit Ruisseau	43
3.8	Ravine des Lataniers.....	48
3.9	Ravine à Marquet.....	54
3.10	Ravine Bernica et zone de l'étang.....	58
3.11	Ravine Saint-Gilles	63
3.12	Ravines Ermitage/Saline	68
3.13	Ravine Sèche (Plaine des Palmistes)	70
4	Premiers éléments d'analyse globale.....	72
4.1	Un aléa pluviométrique d'intensité exceptionnelle.....	72
4.2	Des conditions hydrauliques aggravées par la surcote marine	72
4.3	Le rôle de la végétation.....	72
4.4	Une complexité à appréhender bassin par bassin	72
5	Perspectives pour la phase 2 du RETEX.....	73
5.1	Analyses transversales.....	73
5.2	Analyse locale par bassin.....	74
5.3	Données complémentaires à collecter	75
6	Glossaire.....	76
6.1	Bibliographie.....	76
Annexes		77
Annexe 1 : Comparatifs avant/après crue Garance à partir d'images satellitaires et aériennes		77

Annexe 2 : Comparaison des pluies de bassin Antilope vs SHYREG abattu 87

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1 Situation hydrométéorologique de l'épisode Garance

Le cyclone tropical GARANCE a traversé La Réunion le 28 février 2025 (voir Figure 1), entraînant de nombreuses vigilances pluies et orages émises par Météo-France, ainsi que le passage en alerte cyclonique « violette ». Cette situation a provoqué d'importants débordements de cours d'eau, conduisant la Cellule de Veille Hydrologique de la DEAL Réunion à déclencher plusieurs vigilances crues. Par ailleurs, des ruissellements significatifs ont également été observés. Avant l'arrivée du cyclone, une vigilance vagues-submersion rouge était en vigueur sur la moitié nord du littoral, témoignant des conditions de mer particulièrement défavorables, notamment à l'aval de certains cours d'eau, au niveau de leur embouchure.

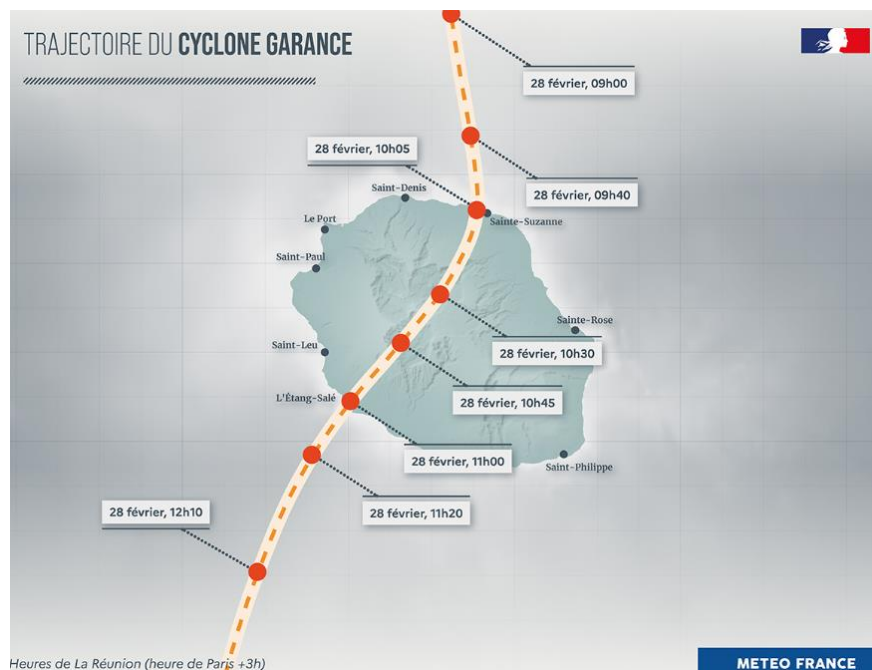


Figure 1 : Trajectoire du cyclone GARANCE au niveau de l'île de La Réunion (source : Météo France [1])

Les cumuls totaux de précipitations ont dépassé les 500 mm dans l'intérieur de l'île, et dépassé localement 200 mm sur le littoral nord de l'île (voir Figure 2). Les cumuls ont été très intenses sur le Nord, l'Ouest et les Hauts. Des valeurs inédites ont été enregistrées sur des pas de temps relativement courts, notamment sur des durées similaires au temps de concentration des bassins versants sollicités.

Ces pluies ont entraîné des débordements importants notamment sur le réseau surveillé Vigicrues Réunion. Le Tableau 1 établi par la CVH dans le cadre de la reconnaissance de catastrophe naturelle indique des débits de pointe de période retour supérieure à 100 ans pour un certain nombre de cours d'eau.

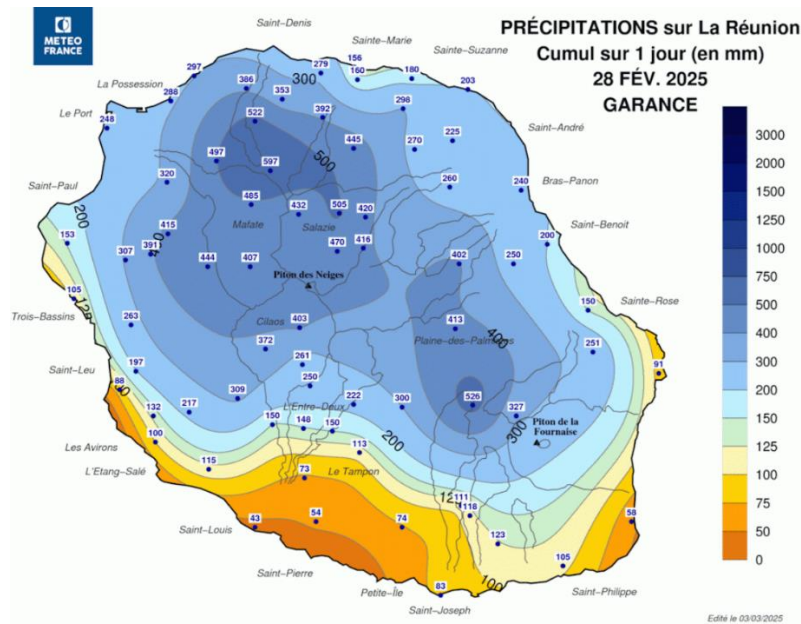


Figure 2 : Cumul de pluies sur 1 journée (28 février 2025) (source : Météo France [1])

Zone	Cours d'eau	Station	Date (heure locale)	Débit de pointe expertisé (m³/s) (* à expertiser)	Durée de retour	Débits de référence						Vigilance max atteinte
						Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	
NORD	Rivière Saint-Denis	Amont	28/02/2025 13:20	613 *	100 < T	95	188	255	316	399	480	
	Ravine du Butor	Bowling	28/02/2025 13:00	375 *	100 < T	77	127	163	197	244	293	
	Ravine Patates-à-Durand	Velodrome	28/02/2025 13:45	116	10 < T < 20	29	77	110	155	210	266	
	Rivière des Pluies	Domenjod	28/02/2025 12:45	353 *	2 < T < 5	145	390	600	800	1100	1400	
	Rivière Sainte-Suzanne	Bras Laurent	28/02/2025 11:55	103	2 < T < 5	80	105	125	135	150	163	
EST		Niagara	28/02/2025 11:55	137	T < 2	142	187	222	240	267	290	
	Rivière Petite Saint-Jean	Délice	28/02/2025 13:55	163	20 < T < 50	52	90	116	141	176	212	
		Grand Bras	28/02/2025 11:40	74	100 < T	12	18	23	28	35	42	
	Rivière Grande Saint-Jean	Pichon	28/02/2025 14:15	156	10 < T < 20	75	119	152	185	234	288	
		RN2002	28/02/2025 12:30	357	20 < T < 50	151	228	278	323	383	441	
	Rivière du Mât	Barrage	28/02/2025 14:00	830	2 < T < 5	700	1200	1520	1820	2200	2600	
	Bras Panon	Bras Panon - Paniandy	28/02/2025 14:05	160	100 < T	53	78	94	109	128	147	
		Bras Panon - Libéria	28/02/2025 14:15	305	100 < T	92	135	163	189	222	255	
	Rivière des Roches	Bassin la Paix	28/02/2025 14:15	527	2 < T < 5	450	660	800	920	1100	1250	
SUD	Rivières des Marsouins	Bethléem	28/02/2025 11:40	844	5 < T < 10	569	825	979	1107	1268	1414	
		Pompidou	28/02/2025 11:25	990	2 < T < 5	683	999	1186	1340	1532	1707	
	Rivière Langevin	Passerelle	28/02/2025 11:30	54	T < 2	65	180	280	380	530	670	
	Rivière des Remparts	Canal Payet	28/02/2025 12:05	55	T < 2	260	525	700	860	1100	1250	
	Rivière d'Abord	Mon Caprice	28/02/2025 18:40	0	T < 2	en cours de définition						
	Ravine Blanche	Plaine des Cafres	28/02/2025 10:40	11	T < 2	20	50	70	95	125	155	
		RN3	28/02/2025 12:45	9	T < 2	34	86	121	164	216	267	
		ZI Abattoir	sans objet	0	sans objet	53	125	173	216	273	327	
	Ravine des Cabris	RN3	sans objet	0	sans objet	en cours de définition						
OUEST	Rivière Saint-Gilles	RN1a	28/02/2025 16:30	>150 *	100 < T	39	71	90	106	126	143	
	Etang de Saint-Paul	Bernica - Tan Rouge	28/02/2025 15:05	184	100 < T	40	71	90	106	126	143	
		Saint-Paul - Royale	28/02/2025 17:50	h = 3,06m	sans objet	en cours de définition						
	Rivière des Galets	Galets - Barrage	28/02/2025 14:35	607	10 < T < 20	100	315	500	700	1000	1300	
		Bras Ste-Suzanne - Barrage	28/02/2025 13:00	118	5 < T < 10	70	105	130	150	180	205	

Tableau 1 Synthèse des débits de pointe relevés sur le réseau Vigicrues Réunion lors du passage du cyclone GARANCE (source : CVH _ DEAL Réunion)

1.2 Objectifs de la phase 1 du RETEX et articulation avec la phase 2

Cette première phase du retour d'expérience (RETEX) vise à établir un état des lieux rapide et structuré des impacts hydrauliques et morphologiques liés au passage du cyclone Garance, à partir d'observations de terrain ciblées. Elle permet de recueillir des données empiriques dans les secteurs les plus affectés, tout en posant les bases d'une analyse approfondie à venir. Ce travail de terrain est conçu en effet comme un socle opérationnel préparatoire à une seconde phase de travail, qui intégrera des éléments complémentaires (modélisation hydraulique, analyse diachronique, données LiDAR post-crue, etc.) afin de mieux comprendre les dynamiques en jeu.

2 METHODOLOGIE D'INTERVENTION

La méthodologie retenue pour cette phase 1 repose sur une approche croisée entre analyse de données hydrométéorologiques, exploitation d'imagerie satellitaire avant/après crue et campagne de reconnaissance de terrain. Ce chapitre détaille les principaux éléments méthodologiques mobilisés.

2.1 Données mobilisées

2.1.1 Données pluviométriques

L'analyse de l'aléa pluviométrique associé au cyclone Garance a porté principalement sur l'exploitation des données issues du produit ANTILOPE de Météo-France, au pas de temps de 15 minutes, complétée par une mise en regard avec les valeurs de référence du référentiel SHYREG ([2], [3]). Ce croisement a permis de qualifier les niveaux d'excès pluviométrique atteints pendant l'épisode, en termes de périodes de retour.

Les données ANTILOPE ont été compilées pour reconstituer la dynamique temporelle des précipitations au cours de l'épisode. Une analyse par pas de temps glissant a été mise en œuvre pour différentes durées caractéristiques (de 15 min à 24 h), correspondant aux pas de temps utilisés dans les référentiels SHYREG. Cette méthode consiste à calculer, pour chaque pixel, le cumul maximal de pluie obtenu sur une fenêtre temporelle mobile de durée donnée, permettant d'identifier les intensités maximales effectivement atteintes sur le territoire.

Ces cumuls ont ensuite été interpolés sur la grille des données SHYREG pour permettre une comparaison directe. Pour chaque durée, les cumuls observés ont été confrontés aux quantiles SHYREG disponibles pour plusieurs périodes de retour (2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 et 1000 ans). À partir de cette confrontation, une cartographie des périodes de retour associées aux intensités observées a été produite pour chaque durée d'analyse : voir Figure 3. L'objectif est de traduire spatialement l'intensité et l'extension de l'aléa pluviométrique à travers des cartes de période de retour.

L'analyse cartographique des périodes de retour met en évidence l'intensité remarquable de l'épisode Garance, notamment sur le quart nord de l'île. Sur ce secteur, les cumuls horaires atteignent localement des niveaux associés à des périodes de retour supérieures à 100 ans dès la première heure, avec des maxima dépassant 500 à 1000 ans sur les hauts de Saint-Denis et les versants nord du massif du Piton des Neiges.

Cette intensité extrême se confirme pour les cumuls sur 3 heures, avec un noyau d'occurrence très rare (supérieure à 1000 ans) centré sur la même zone, traduisant la violence et la concentration de l'épisode. Les durées de 6 et 12 heures confirment également une persistance notable des précipitations intenses, avec des périodes de retour comprises entre 100 et 500 ans sur une large portion nord-occidentale de l'île.

En revanche, pour les cumuls sur 24 heures, l'extension spatiale des niveaux les plus élevés diminue nettement. Au final, seuls les versants nord et nord-ouest présentent une concentration conjointe de fortes intensités et de longues durées. Cette distribution spatiale des périodes de retour élevées est d'abord gouvernée par la dynamique interne du cyclone, en particulier par la trajectoire du centre dépressionnaire et le positionnement des bandes convectives actives. L'orographie a également pu jouer un rôle de renforcement local sur certains versants.

Afin d'objectiver un peu plus l'intensité exceptionnelle des pluies de Garance, une comparaison avec le cyclone Belal (janvier 2024) a été menée. Le cyclone Belal, dont l'œil a traversé La Réunion le 15 janvier 2024, a été un événement marquant par la combinaison de vents violents, d'une houle cyclonique importante et de fortes précipitations, avec un maximum journalier de 980 mm à Commerson. Toutefois, sa structure asymétrique a

concentré l'essentiel des pluies sur le nord-est de l'île, avec des intensités très localisées (voir Figure 4). À l'inverse, le cyclone Garance, plus compact mais extrêmement intense, a frappé l'île le 28 février 2025 avec des rafales dépassant 230 km/h et des cumuls horaires inédits sur le nord et l'ouest. Dès la première heure, Garance a généré des périodes de retour supérieures à 500 ans, voire 1000 ans localement, contre des niveaux nettement moindres pour Belal. Sur 3 à 6 h, Garance conserve une intensité très rare, étendue et persistante, alors que Belal présente des périodes de retour plus faibles et morcelées. Cette comparaison objective l'intensité exceptionnelle des pluies de l'épisode Garance pour des durées de cumuls jusqu'à 12h, tant par ses valeurs extrêmes que par son extension spatiale.

Une seconde phase d'analyse, similaire à celle produite par le Cerema lors du retour d'expérience ALEX ([4]), a permis de compléter l'approche cartographique par une analyse à l'échelle des bassins versants. Pour chaque bassin versant suivi dans le cadre de la mission, les données pluviométriques issues du produit ANTILOPE ont été intégrées sur l'ensemble de l'épisode pour reconstituer des chroniques 15 mins de pluie moyenne. Ces chroniques ont ensuite été traitées par pas de temps glissant afin d'identifier, pour chaque durée de référence SHYREG (15 min à 24 h), le cumul maximal effectivement observé dans le bassin.

Parallèlement, les valeurs de pluie SHYREG de référence ont été extraites pour chaque bassin à partir des centroïdes, puis corrigées à l'aide de la méthode d'abattement Neppel (2003) [5], en tenant compte de la surface du bassin et de la durée considérée. Ce traitement fournit, pour chaque durée et période de retour (2 à 1000 ans), les valeurs de référence abattues et non abattues, ainsi que le coefficient d'abattement appliqué. L'ensemble des résultats a été regroupé dans le Tableau 2 (pour les durées de cumuls 3h et 6h) et en annexe pour l'ensemble des durées, mettant en regard les cumuls de pluie observés avec les quantiles SHYREG correspondants.

Cette comparaison permet de qualifier finement le caractère extrême de certains cumuls observés. Les résultats obtenus mettent en évidence une forte cohérence entre les deux démarches (cartographie pixel-pixel et pluies de bassin), avec notamment des dépassements fréquents des seuils SHYREG 100 à 500 ans sur les durées courtes (1 h à 3 h) pour de nombreux bassins du nord de l'île (ex. Saint-Denis, Lataniers, Patates à Durand, Bernica). Certains bassins comme ceux de la Ravine du Butor, de la Ravine Lafleur/Petit Ruisseau ou de la Grande Chaloupe présentent même des cumuls de bassin dépassant ponctuellement les quantiles SHYREG associés à une période de retour de 1000 ans, en cohérence avec les cartes de rareté produites en pixel à pixel.

Ces éléments confirment que l'épisode Garance s'est traduit par un aléa pluviométrique important voire extrême, à la fois en intensité, en spatialisation et en durée.

Ces cartes d'aléa pluviométrique ont permis d'apporter des premiers éléments pour le choix des secteurs à visiter en phase 1. Elles constituent également un socle d'analyse pour la phase 2.

Bassin	Duree h	Antilope mm	SHYREG abattu mm TR2	SHYREG abattu mm TR10	SHYREG abattu mm TR50	SHYREG abattu mm TR100	SHYREG abattu mm TR500	Coef abattement TR2	Coef abattement TR10	Coef abattement TR50	Coef abattement TR100	Coef abattement TR500
Pluies	3	252	94	167	250	294	411	0,91	0,90	0,89	0,89	0,87
	6	365	147	274	412	482	667	0,93	0,92	0,91	0,91	0,90
Patates à Durand	3	296	90	158	237	279	389	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93
	6	400	136	252	378	437	605	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94
Butor	3	312	73	133	201	235	328	0.94	0.93	0.93	0.92	0.92
	6	396	103	197	296	345	470	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93
Saint Denis	3	372	83	149	224	262	365	0.93	0.92	0.91	0.9	0.89
	6	497	125	237	358	413	566	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91
Grande Chaloupe	3	417	70	130	200	235	332	0.96	0.95	0.95	0.95	0.94
	6	505	97	190	290	342	475	0.97	0.96	0.96	0.96	0.95
Lafleur	3	312	56	111	172	202	285	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97
	6	366	76	155	242	284	395	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97
Lataniers	3	322	62	121	187	222	317	0.95	0.94	0.94	0.93	0.93
	6	391	86	176	271	322	454	0.96	0.95	0.95	0.95	0.94
Marquet	3	258	54	109	168	199	283	0.93	0.92	0.92	0.91	0.9
	6	326	74	156	243	287	405	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92
Bernica	3	210	56	113	175	206	292	0.92	0.91	0.9	0.89	0.88
	6	295	79	164	255	302	425	0.93	0.92	0.92	0.91	0.9
Etang St-Paul	3	201	52	105	161	190	266	0.87	0.85	0.84	0.83	0.82
	6	281	74	153	238	280	392	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85
Saint-Gilles	3	185	49	98	151	176	245	0.92	0.92	0.91	0.90	0.89
	6	245	68	137	213	250	346	0.94	0.93	0.92	0.92	0.91
Ermitage/saline	3	160	39	83	130	154	219	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91
	6	201	52	110	175	207	298	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93
Sèche (plaine des palmistes)	3	194	133	239	367	436	620	0.87	0.87	0.85	0.85	0.83
	6	265	206	389	592	698	960	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86

Tableau 2 Comparaison des pluies de bassin Antilope vs SHYREG abattu (durées de cumuls : 3h et 6h)

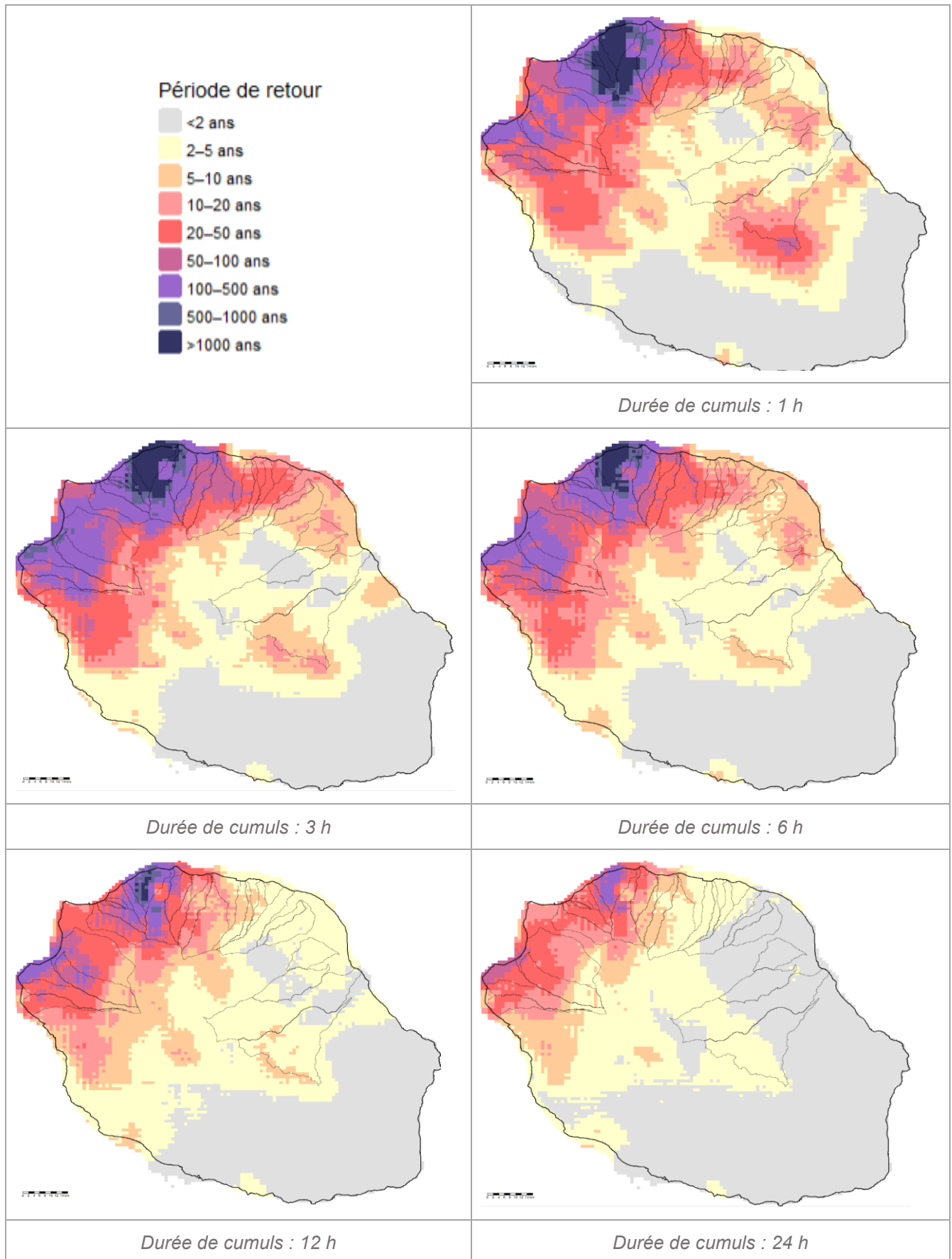


Figure 3 : Carte des périodes de retour – cumul glissant sur 1h, 3h, 6h, 12h et 24h durant le passage du cyclone Garance

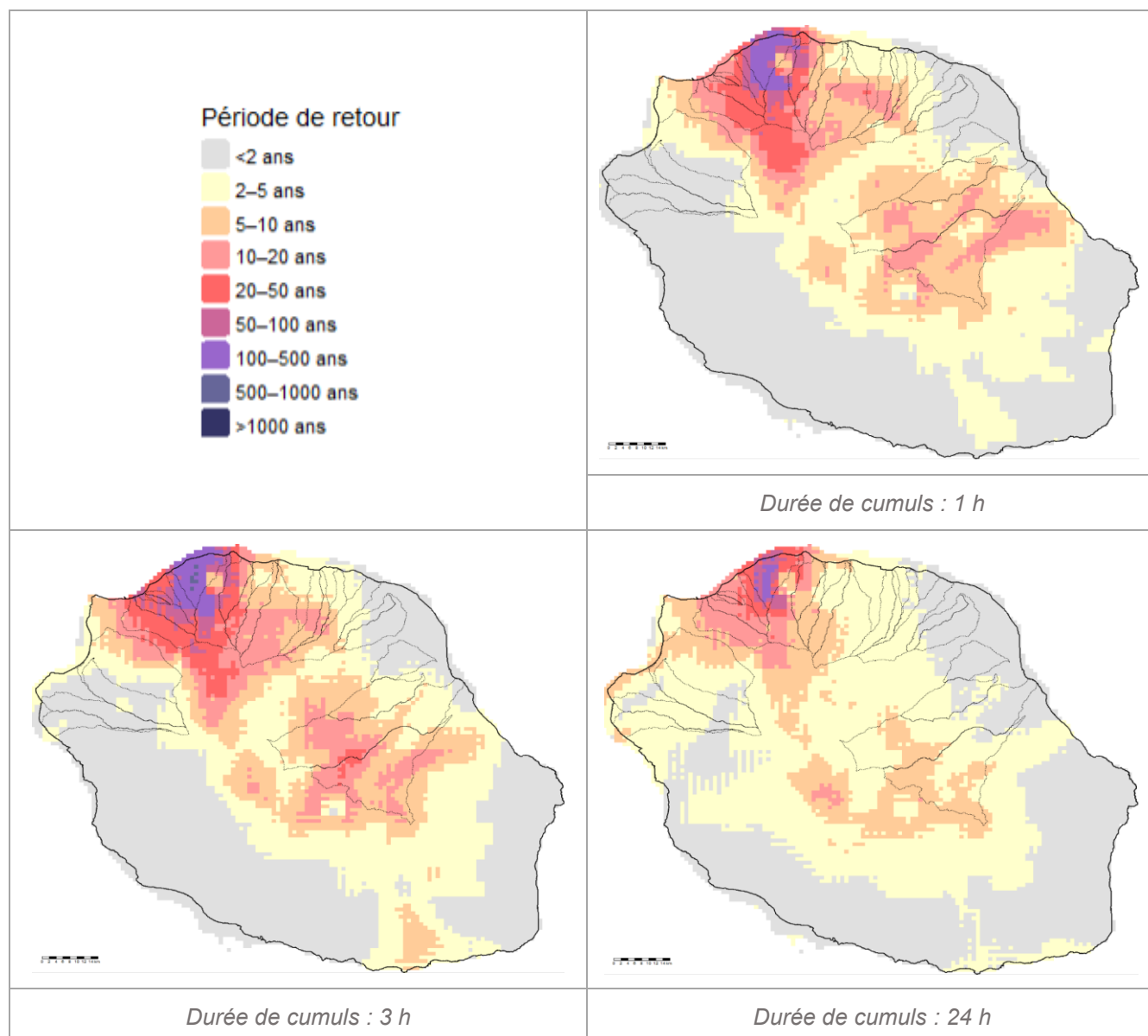


Figure 4 : Carte des périodes de retour – cumul glissant sur 1h, 3h, 6h, 12h et 24h durant le passage du cyclone Belal

2.1.2 Images satellitaires post-crues

En complément de l'analyse pluviométrique issue des données ANTILOPE et de leur confrontation avec les quantiles SHYREG, une exploitation ciblée d'images satellitaires et aériennes a été réalisée afin de caractériser les impacts géographiques de la crue Garance et d'orienter la phase terrain. Cette démarche visuelle permet une première qualification des secteurs les plus affectés, avant toute investigation in situ.

Des images avant/après crue ont été produites à partir de différentes sources (fonds photographiques de l'IGN, images satellites à haute résolution postérieures à l'épisode) : voir Annexe 1. Ces comparatifs mettent en évidence des modifications nettes de la morphologie des lits, des débordements sur les zones urbanisées ainsi que la disparition ou l'endommagement d'infrastructures visibles. Ces éléments ont été analysés selon une trame géographique couvrant plusieurs bassins versants suivis dans le cadre de cette étude, en particulier pour :

- l'Ouest et le Nord-Ouest : la Ravine de la Grande Chaloupe, la Ravine Lafleur / Petit Ruisseau, la Grande Ravine des Lataniers, la Ravine à Marquet, la Ravine Bernica/Etang Saint-Paul ;
- le Nord : la Rivière Saint-Denis, la ravine du Butor, la Ravine des Patates à Durand, ainsi que la Rivière des Pluies.

Chaque bassin a été représenté à travers plusieurs secteurs représentatifs (tête de bassin, partie médiane, embouchure), permettant d'objectiver les effets de la crue selon les contextes topographiques, urbains et hydrauliques. Ces observations ont permis de repérer les zones ayant fait l'objet de bouleversements morphologiques significatifs (divagation du lit, colmatage, incisions, endiguements partiellement submergés ou dépassés), ainsi que des indices de dommages aux enjeux bâtis ou aux axes de circulation.

Réunion : retour d'expériences suite au passage du cyclone Garance

Phase 1 : Reconnaissances terrain et premières analyses post-cyclone

Juillet 2025

L'exploitation de ces images a ainsi servi de socle cartographique pour définir les zones de reconnaissance terrain prioritaire (cf. §2.2). Elle a notamment permis d'ajuster la sélection des sites à fort impact présumé, en s'appuyant sur une double lecture : celle des intensités pluviométriques (cartes SHYREG) et celle des effets géomorphologiques visibles à cette échelle d'analyse spatiale.

2.2 Principes de sélection des zones de visite

La sélection des zones de reconnaissance terrain s'est appuyée sur une croisée de plusieurs critères, intégrant les données pluviométriques (périodes de retour issues de l'analyse ANTILOPE/SHYREG), les observations issues de l'analyse d'images satellitaires post-crise (cf. §2.1.2), et la présence avérée ou supposée d'enjeux exposés (habitat, réseaux, axes routiers, aménagements hydrauliques). Cette approche combinée a permis de prioriser les investigations vers des zones où l'aléa et la vulnérabilité étaient jugés significatifs.

Sur cette base, les secteurs de visite sélectionnés concernent les ravines suivantes :

- Dans le Nord :
 - Rivière des Pluies : observations réalisées au droit du pont de Domenjod, couvrant la rive droite (quartier Rivière des Pluies) et la rive gauche (secteur de Domenjod).
 - Ravine des Patates à Durand : relevés localisés dans les zones de dépôts situées en amont du tronçon canalisé.
 - Ravine du Butor et ses affluents : investigations menées, dans les secteurs urbanisés principalement, des parties médianes des ravines (en complément des informations déjà disponibles sur leur partie aval).
 - Rivière Saint-Denis : secteurs visités en partie médiane, en amont et autour du hameau de la Colline, ainsi qu'en aval, dans la portion canalisée du cours d'eau.
- Dans le Nord-Ouest :
 - Ravine de la Grande Chaloupe : secteurs visités à l'embouchure et en partie médiane, jusqu'à l'amont des premières habitations.
 - Ravines Lafleur et Petit Ruisseau : au droit de la confluence des deux ravines dans le secteur urbanisé.
 - Grande Ravine des Lataniers : en partie médiane jusqu'en amont du chemin des lataniers ainsi qu'en aval au niveau de la partie canalisée jusqu'à l'embouchure
 - Ravine à Marquet : en partie médiane, dans le secteur urbanisé, ainsi qu'en aval, au niveau de la confluence avec la ravine Balthazar.
- Dans l'Ouest :
 - Ravine Bernica et Etang Saint-Paul : relevés principalement en partie médiane, en sortie de la vallée encaissée, au niveau de la zone identifiée de débordement (Grande Fontaine / Canal d'en Travers).
 - Ravine Saint-Gilles : zone en amont et médiane, à l'extérieur immédiat des zones denses (en complément des informations déjà disponibles sur la partie aval)
 - Ravines de la commune de Saint-Leu : relevés réalisés en aval des principales ravines, dans le centre-ville de Saint-Leu, ainsi que sur des secteurs identifiés comme sensibles dans le rapport méthodologique du PPR. Les observations se concentrent notamment à proximité des routes départementales RD3 et RD13, dans des zones où les écoulements en crue intersectent les axes routiers et les secteurs urbanisés.

2.3 Outils utilisés

L'ensemble des observations a été saisi directement sur le terrain via l'application SCOUT ([6]), développée par le Cerema. Cet outil mobile, utilisé à la fois par les agents du Cerema et de la DEAL Réunion, permet une géolocalisation automatique, ainsi que l'intégration directe des photographies associées à chaque point. L'application facilite également l'export SIG standardisé des relevés pour les phases ultérieures d'analyse spatiale.

Une mire d'échelle (type tige métrique) a été utilisée par le CEREMA, de manière systématique, lors des relevés de terrain pour deux types principaux de prises de vue. D'une part, elle a servi à documenter les dépôts sédimentaires dans le cadre des observations de granulométrie et de blocométrie, en fournissant un repère visuel permettant d'apprécier les dimensions relatives et l'organisation des éléments (blocs, galets, matériaux fins). D'autre part, la mire a été mobilisée pour les clichés de laisses de crue, en particulier pour mesurer la hauteur atteinte par la ligne d'eau ou la ligne de charge sur les supports (murs, clôtures, arbres, etc.).

Par ailleurs, un récepteur GNSS différentiel (DGPS) de la DEAL Réunion (CVH) a été utilisé pour obtenir une géolocalisation précise (précision centimétrique) sur les points de mesure de ligne d'eau ou de ligne de charge (laisses de crue marquées). Il a également servi à effectuer plusieurs relevés topographiques ponctuels (profils de berges ou de lit mineur) en prévision de comparaisons avec les futurs MNT issus des levés LiDAR HD récemment mis à disposition par l'IGN (données collectées au second semestre 2023).

3 SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS DE TERRAIN

Le présent chapitre restitue de manière synthétique les constats effectués dans les différents bassins versants visités lors de la campagne post-crue. Pour chaque secteur, les observations ont été regroupées par thématique : débordements, dommages aux enjeux, impacts hydromorphologiques, éléments remarquables. Cette restitution permet d'identifier les dynamiques à l'œuvre localement et d'illustrer la diversité des réponses hydrologiques et morphodynamiques selon les contextes.

3.1 Organisation et couverture des relevés post-crue Garance

À la suite de la crue exceptionnelle liée au cyclone Garance (février 2025), deux campagnes complémentaires de reconnaissance de terrain ont été réalisées par la DEAL Réunion et le Cerema. Ces investigations avaient pour objectif de documenter les impacts hydrogéomorphologiques, les dommages sur les enjeux et les indices de débordement observables sur l'ensemble des cours d'eau affectés.

La DEAL a engagé très rapidement une première tournée post-crue, ciblant prioritairement les ravines du Nord, Nord-Ouest et Est de l'île et les zones urbaines fortement exposées. Cette intervention a permis d'identifier les premiers secteurs à enjeux ou présentant des altérations morphologiques significatives. Les points relevés par la DEAL sont représentés en rose sur la cartographie de synthèse (voir Figure 5).

En complément, le Cerema a déployé une mission complémentaire courant mars 2025, couvrant notamment les grandes ravines et bassins versants soumis à des dynamiques de dépôts ou à des crues de type torrentiel. Ce second passage a permis de collecter des données détaillées sur la granulométrie, les lignes d'eau, les traces de crue, les embâcles et les évolutions morphologiques du lit. **Les observations du Cerema sont représentées en bleu sur la carte (voir Figure 5). Ces données constituent la base principale de l'analyse développée dans les sections suivantes.**

L'ensemble des relevés a été structuré par thématique (hydromorphologie, dommages, traces de crue, etc.) et géolocalisé pour permettre un traitement cartographique et une analyse croisée par bassin versant. Au total, plus de 600 observations ont été enregistrées, toutes zones confondues. **L'ensemble de ces informations a été concaténé dans un unique fichier SIG, dans lequel chaque observation est associée aux photographies correspondantes.**

Seules les ravines visitées par le Cerema dans le cadre de la mission de mars 2025 font l'objet d'une analyse détaillée dans les sections suivantes. Les observations collectées sur la commune de Saint-Leu ne sont volontairement pas développées ici. Elles feront l'objet d'un rapport spécifique, en lien direct avec la méthodologie exposée dans l'étude hydraulique préalable au PPRi de Saint-Leu ([7]). L'épisode cyclonique Garance constitue en effet un cas d'école particulièrement pertinent pour tester la grille d'analyse et les zonages préétablis dans cette méthodologie, notamment en ce qui concerne la prédisposition des ravines à des comportements morphodynamiques marqués, les sous-scénarios de référence et la problématique des flottants.

Enfin, à la demande de la DEAL Réunion, une analyse des pluies à l'échelle du bassin versant a également été conduite pour les secteurs de l'Ermitage et de la Ravine Sèche à la Plaine des Palmistes. Bien qu'aucune observation de terrain n'ait été effectuée par le Cerema sur ces deux bassins versants, ils seront intégrés à la phase 2 de l'étude, en mobilisant les éléments issus des retours d'expérience post-crue réalisés par les gestionnaires GEMAPI locaux (EPCI).

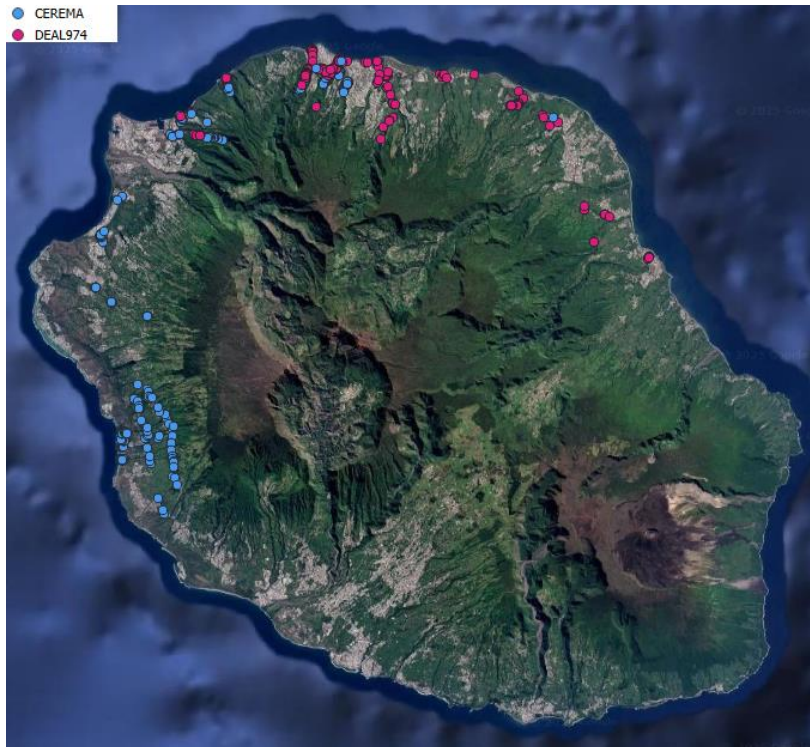


Figure 5 : Localisation des relevés post-crue réalisés à la suite du cyclone Garance (février 2025) Les points roses correspondent aux relevés effectués par la DEAL Réunion dans les jours suivant l'événement, principalement dans les secteurs urbanisés du nord et du nord-est de l'île. Les points bleus indiquent les relevés complémentaires réalisés par le Cerema lors de la mission d'expertise de mars 2025

3.2 Rivière des Pluies

3.2.1 Contexte hydrométéorologique du bassin versant

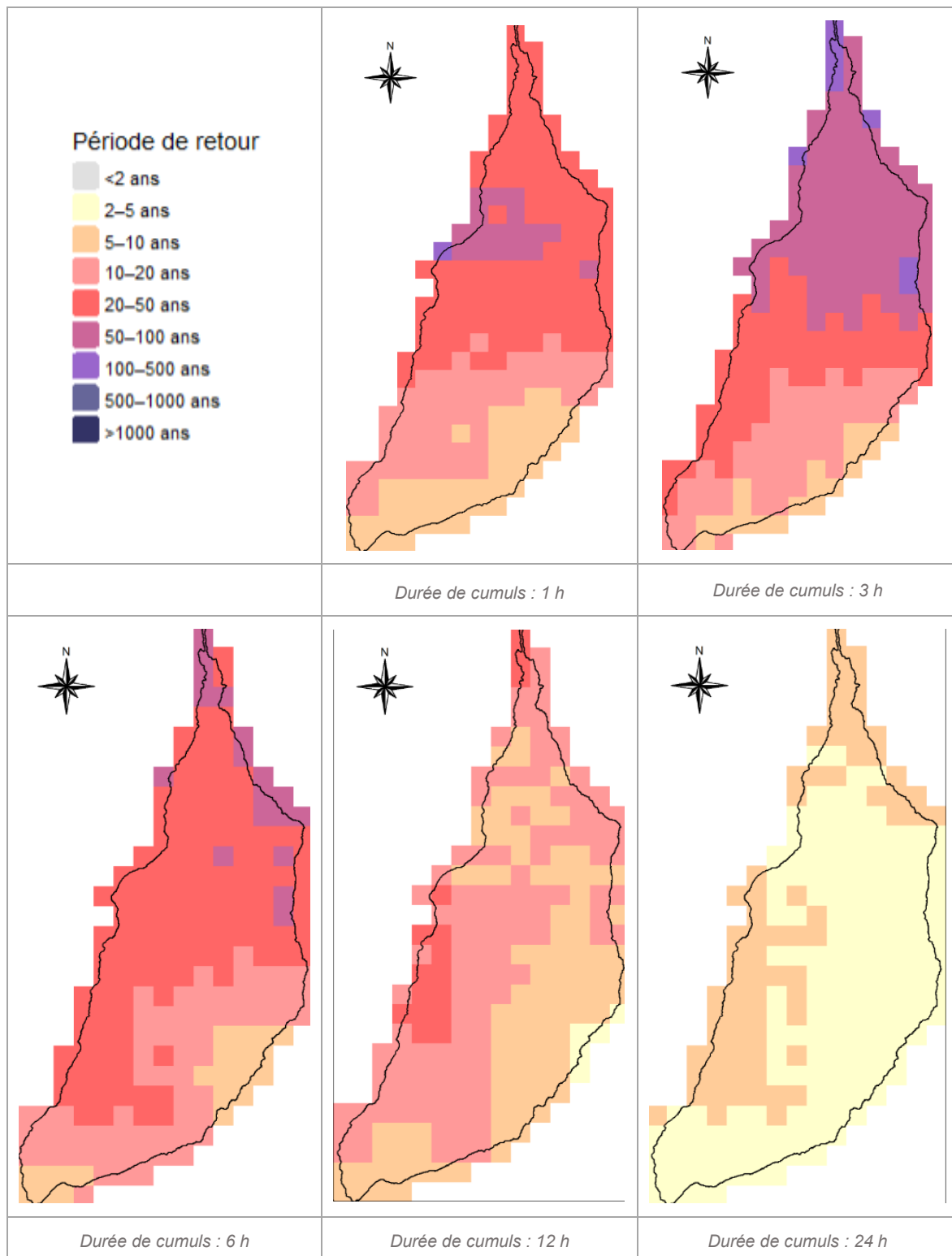


Figure 6 : Bassin versant de la rivière des Pluies : carte des périodes de retour – cumul glissant sur 1h, 3h, 6h, 12h et 24h

L'analyse hydrométéorologique du bassin versant de la Rivière des Pluies repose sur une double approche, combinant une lecture des périodes de retour issues du croisement pixel par pixel entre les cumuls de pluie ANTILOPE et les références SHYREG (Figure 6), et une évaluation globale à l'échelle du bassin versant, par comparaison des pluies moyennes de bassin aux valeurs SHYREG interpolées au centroïde (Figure 7) : cf. paragraphe 2.1.1 pour plus de détails sur l'établissement de ces croisements. Cette approche est complétée par

un hyétogramme horaire des « pluies de bassin » (Figure 8), qui permet de caractériser la dynamique temporelle de l'épisode à l'échelle du bassin.

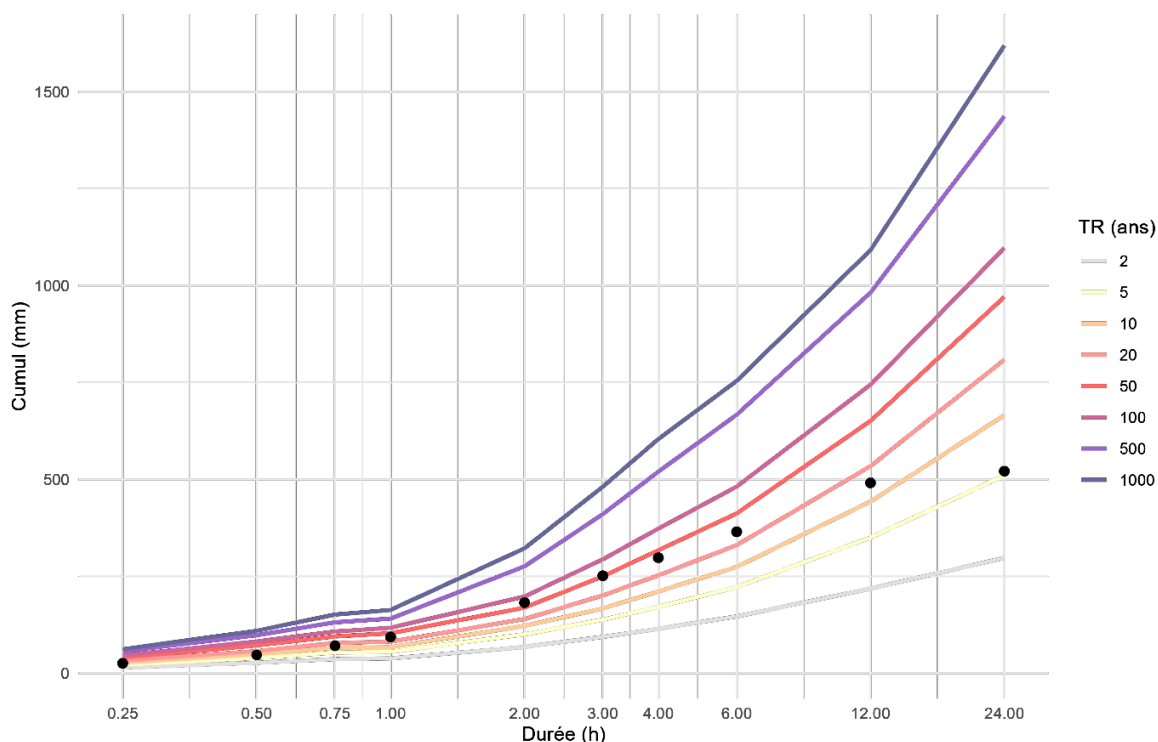


Figure 7 : Bassin versant de la rivière des Pluies : Comparaison des cumuls de pluie de bassin et des quantiles SHYREG abattus (les points noirs représentent les cumuls maximaux glissants observés pour la pluie de bassin Antilope)

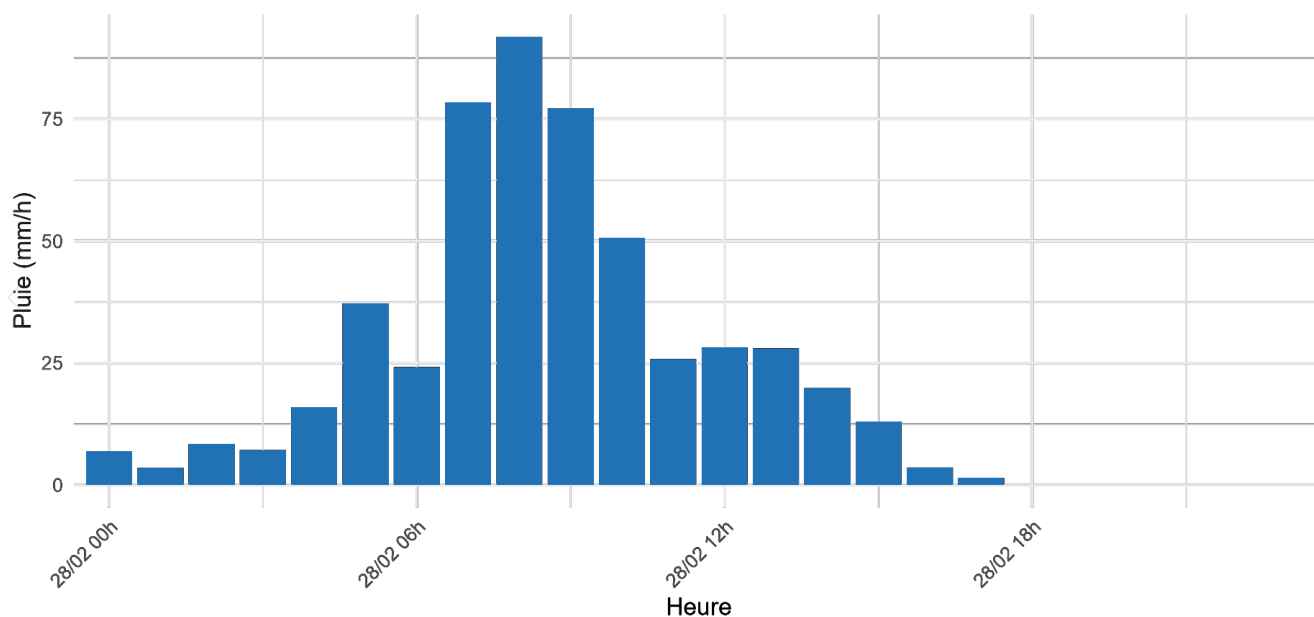


Figure 8 : Hyétogramme horaire du bassin versant Rivière des Pluies – cumul horaire des précipitations (mm/h) issu des données ANTILOPE (Météo-France) au pas de 15 minutes, agrégées à l'échelle horaire (heure UTC)

L'analyse spatio-temporelle des pluies sur le bassin versant de la Rivière des Pluies, lors de l'épisode cyclonique du 28 février 2025, révèle une exposition maximale des secteurs aval, contrairement à un schéma orographique classique. Cette structuration spatiale atypique s'explique par la trajectoire précise du cyclone et la position des bandes actives convectives, qui ont principalement impacté l'aval du bassin, où se concentrent également les enjeux urbains.

Les cartes des périodes de retour montrent que pour les durées courtes (1 à 3 h), les intensités les plus fortes (TR 20–100 ans) sont concentrées dans la partie aval du bassin, tandis que l'amont reste modérément touché (TR ≤ 20 ans). À 6 h, cet écart subsiste, bien que les périodes de retour diminuent globalement. Au-delà de 12 h, les cumuls deviennent plus homogènes, avec des périodes de retour inférieures à 20 ans, voire 2–5 ans à 24 h,

traduisant une baisse de l'intensité sur la durée. L'hyétogramme horaire illustre un pic de pluie très intense entre 6h et 9h UTC, dépassant 80 mm/h, confirmant le caractère bref et violent de l'épisode.

3.2.2 Caractéristiques des relevés de terrain effectués

Dans le cadre de la mission post-crue Garance, les relevés du CEREMA sur la Rivière des Pluies se sont concentrés prioritairement sur le secteur de Domenjod. Ce choix s'est imposé en raison du temps limité consacré à la mission de terrain et de la nécessité de concentrer les efforts sur un tronçon jugé stratégique pour la compréhension du fonctionnement hydraulique de la rivière en période de crue. Ce secteur, situé autour du pont de Domenjod, présente en effet des caractéristiques hydromorphologiques particulières et a déjà fait l'objet d'analyses détaillées dans le cadre du rapport RTM/ONF de juin 2024 ([8]). Ce document souligne notamment les effets de la contraction latérale du lit à Domenjod sur les profils d'écoulement et les dynamiques d'incision.

Au total, 24 relevés ont été réalisés sur ce bassin, documentant des éléments variés tels que les traces de hauteurs d'eau, les dépôts, les indices d'érosion, ainsi que la présence d'embâcles. Ce secteur a notamment été marqué par des indices hydromorphologiques significatifs (incision, dépôt, érosion latérale).

Les autres secteurs de la rivière des Pluies, notamment dans sa partie aval (à proximité du système d'endiguement et de l'embouchure), n'ont pas pu faire l'objet de relevés détaillés à ce stade, au regard notamment des éléments de l'étude de dangers du CEREMA de septembre 2022 ([9]). Un complément de reconnaissance sera nécessaire pour disposer d'une vision globale du fonctionnement hydrologique et morphodynamique de l'ensemble du bassin versant.

Type d'observation	Nombre
Relevés totaux	24
Observations hydromorphologiques	2
Mesures de ligne de charge (avec cote)	3
Laisses de crue sans mesure	0
Granulométrie / Blocométrie	0
Description de flottants	0
Dommages/impacts sur les enjeux	6
Observations simples (description sans impact)	13

Tableau 3 Relevés de terrain effectués sur la Rivière des Pluies

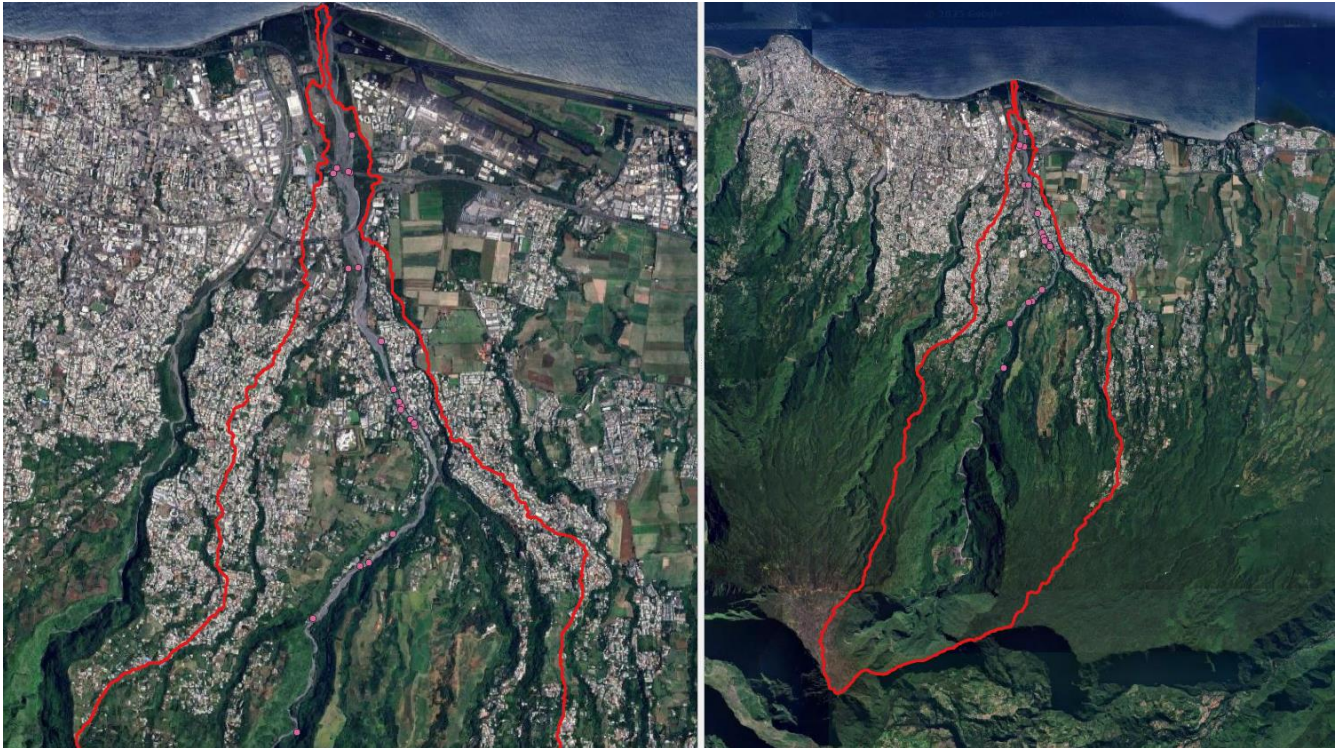


Figure 9 : Cartographie des relevés de terrain effectués sur la Rivière des Pluies

3.2.3 Débordements et ruissellements

La crue liée au passage du cyclone Garance n'a pas entraîné de débordements notables le long de la Rivière des Pluies, mais quelques débordements localisés ont été observés, en particulier dans la partie aval du cours d'eau.

3.2.4 Dommages aux enjeux (infrastructures, habitations, etc.)

Les dommages recensés concernent principalement les infrastructures linéaires et les équipements de berge. Aucun dégât structurel majeur n'a été rapporté sur les bâtiments.

Sur le secteur de Domenjod, des affaissements de bordure et une perte de fonctionnalité temporaire de certains accès ont été observés.

En amont, les enjeux sont plus diffus, mais plusieurs sentiers d'accès ont été endommagés, notamment à l'îlet Quinquina où des berges ont reculé.

3.2.5 Impacts hydromorphologiques (érosion, dépôts, embâcles, évolution du lit, etc.)

Des traces d'activité morphodynamique marquée ont été relevées sur la Rivière des Pluies, notamment dans le secteur de Domenjod en aval de la confluence avec la ravine Bachelier. Ces observations traduisent une mobilisation sédimentaire notable, notamment sous forme de dépôts étalés de galets et blocs. Toutefois, l'intensité réelle de cette dynamique reste à évaluer plus finement, notamment en comparant ces indices aux levés topographiques issus du Lidar post-crue. Ce tronçon, entre la confluence de la Ravine Montauban et la Passerelle du canal La Mare, avait déjà été identifié dans les études géomorphologiques antérieures comme une zone d'accumulation privilégiée ([10]). Il est donc probable que la crue de Garance ait contribué à la remobilisation partielle de ces matériaux, avec reconstitution rapide de plages d'atterrissement, susceptibles de réduire localement la section efficace du lit.

À noter que cette séquence de crue s'inscrit dans un contexte morphodynamique déjà actif : une première réponse du lit avait été observée lors de l'épisode Belal, une année avant Garance. Les effets combinés de ces deux crues devront être analysés dans la durée pour bien qualifier la trajectoire d'évolution du lit et son potentiel engravement post-événement.

Concernant les flottants, des embâcles ligneux ont été repérés en pied d'ouvrages de franchissement et dans certains méandres, sans toutefois former d'obstruction majeure. Toutefois, une analyse complémentaire, notamment par l'exploitation d'images aériennes post-crue, serait utile pour mieux apprécier l'intensité des apports ligneux.

3.3 Ravine Patates à Durand

3.3.1 Contexte hydrométéorologique du bassin versant

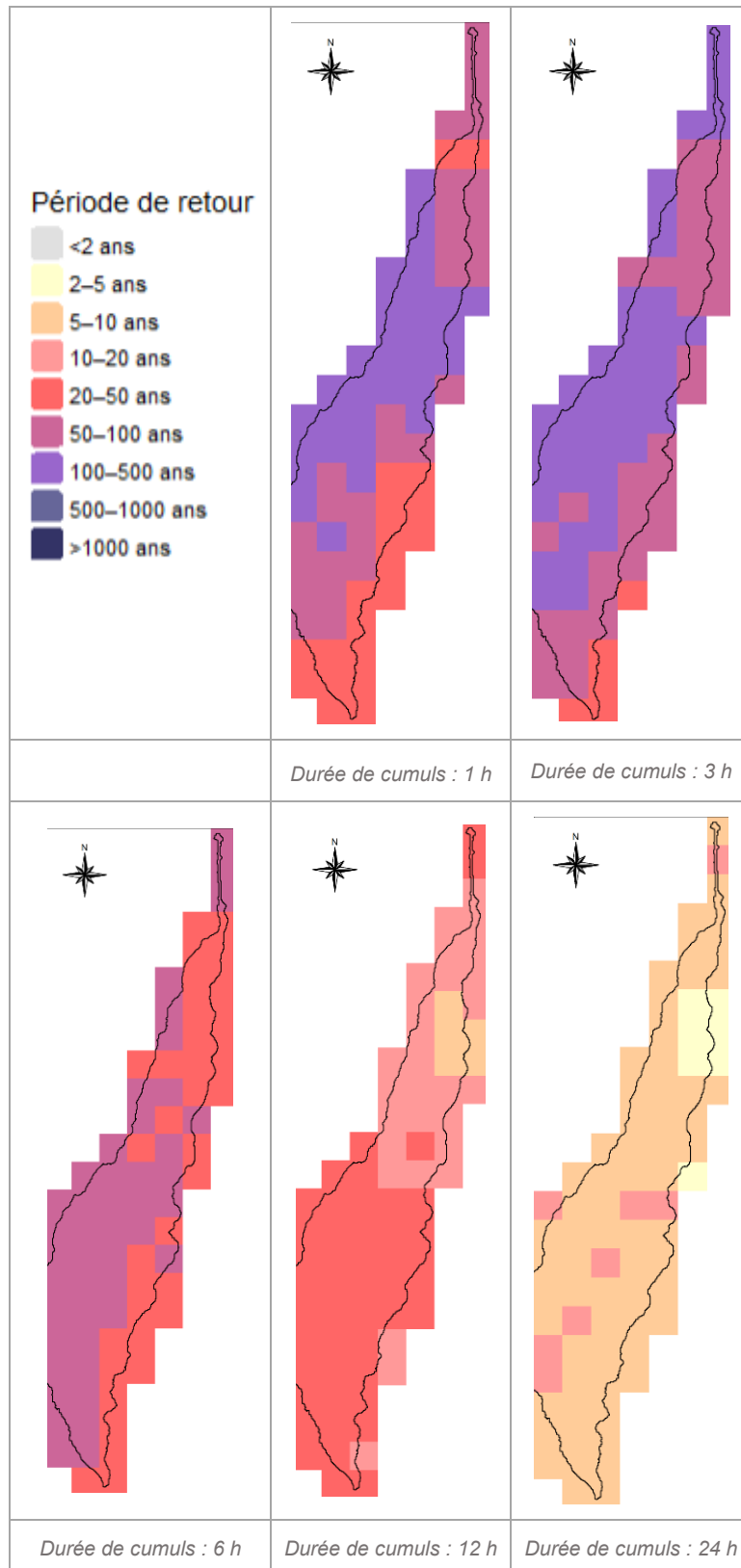


Figure 10 : Bassin versant de la ravine des Patates à Durand : carte des périodes de retour – cumul glissant sur 1h, 3h, 6h, 12h et 24h

La Figure 10 présente le croisement pixel par pixel entre les cumuls de pluie ANTILOPE et les références SHYREG et la Figure 11 montre l'évaluation globale à l'échelle du bassin versant, par comparaison des pluies moyennes de bassin aux valeurs SHYREG interpolées au centroïde : cf. paragraphe 2.1.1 pour plus de détails sur l'établissement de ces croisements. En complément, le hyétogramme horaire de l'épisode à l'échelle du bassin est représenté à la Figure 12.

L'analyse spatio-temporelle des pluies sur la ravine des Patates à Durand met en évidence une sollicitation très marquée de la partie centrale du bassin pour les durées de cumul courtes (1h à 6h), avec des périodes de retour atteignant 100 à 500 ans dès 3h. Cette intensité remarquable traduit un épisode bref mais particulièrement intense, concentré autour du pic de pluie enregistré entre 7h et 9h UTC (près de 120 mm/h). Pour les cumuls sur 12h, la zone amont du bassin devient davantage sollicitée (TR de 20 à 50 ans), tandis que les cumuls sur 24h retombent à des niveaux plus faibles (TR de 5 à 10 ans), voire inférieurs, sur l'ensemble du bassin.

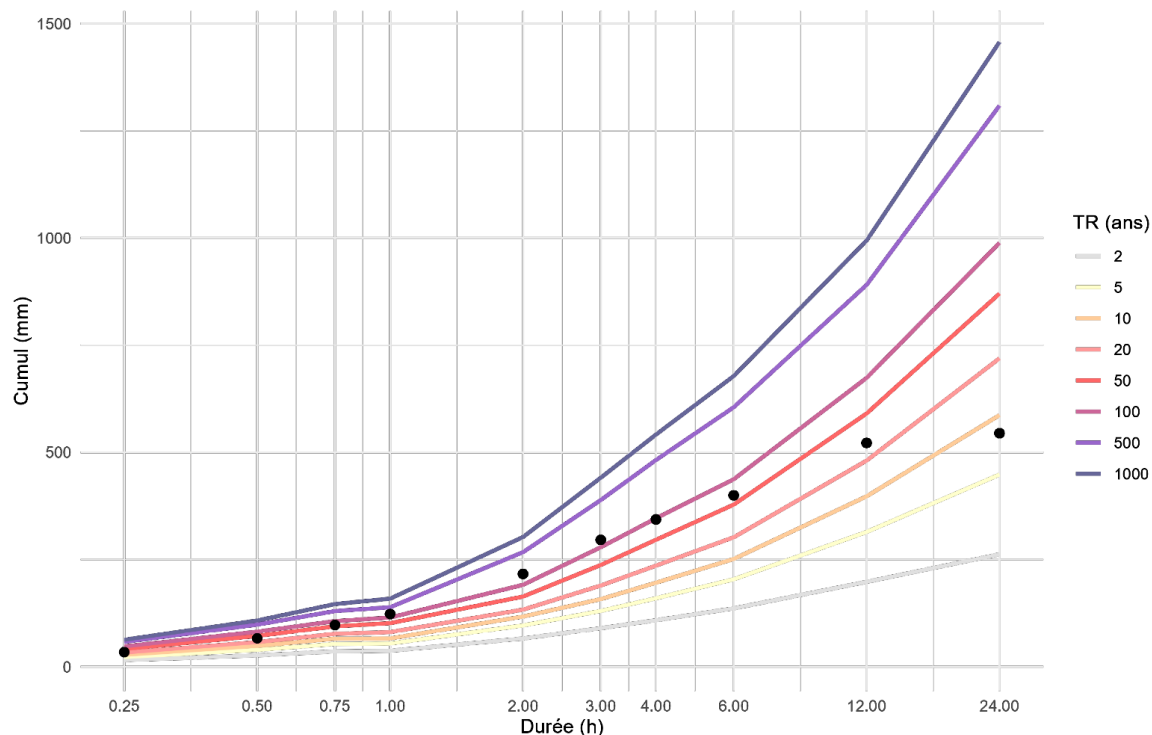


Figure 11 : Bassin versant de la ravine Patates à Durand : Comparaison des cumuls de pluie de bassin et des quantiles SHYREG abattus (les points noirs représentent les cumuls maximaux glissants observés pour la pluie de bassin Antilope)

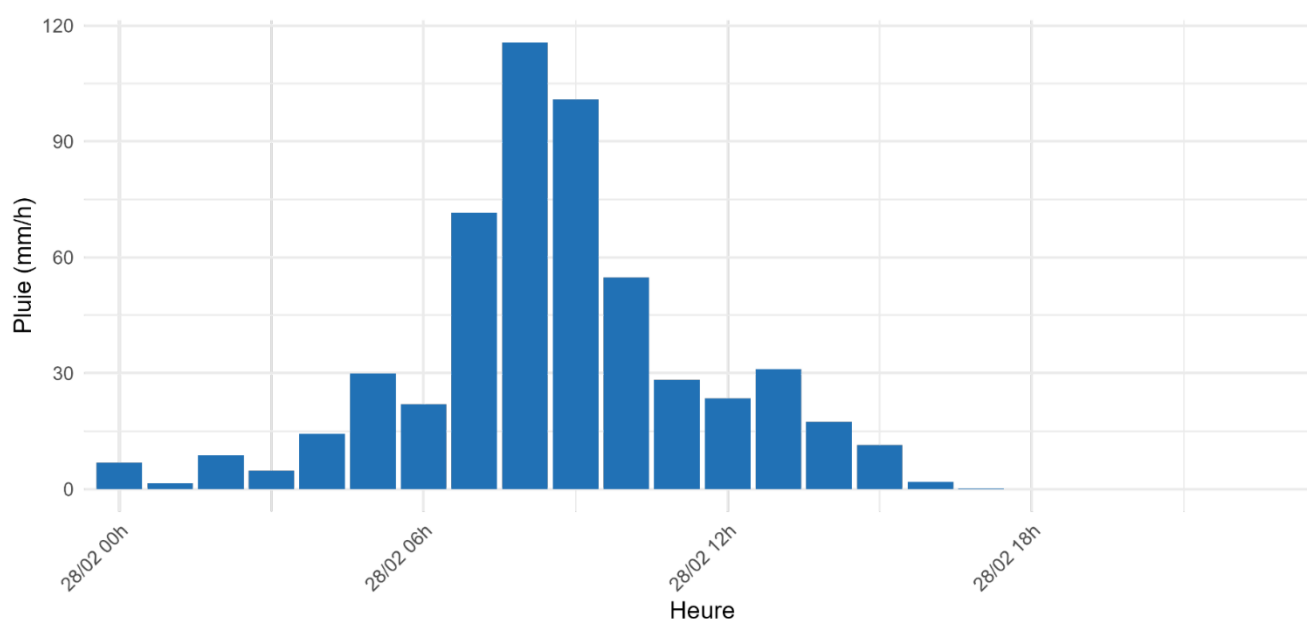


Figure 12 : Hyétogramme horaire du bassin versant Patates à Durand – cumul horaire des précipitations (mm/h) issu des données ANTILOPE (Météo-France) au pas de 15 minutes, agrégées à l'échelle horaire (heure UTC)

3.3.2 Caractéristiques des relevés de terrain effectués

Un total de 48 relevés de terrain a été réalisé sur le secteur de la ravine des Patates à Durand. Ces observations ont permis de documenter principalement la dynamique hydromorphologique, les dépôts granulométriques et les laisses de crue, en lien avec le rôle de piège à matériaux joué par cette zone de dépôts en amont de l'ouvrage canalisé. Peu de dommages aux enjeux ont été recensés, confirmant l'efficacité de cet ouvrage dans la régulation des dépôts lors de la crue.

Type d'observation	Nombre
Relevés totaux	48
Observations hydromorphologiques	21
Mesures de ligne de charge (avec cote)	0
Laisses de crue sans mesure	3
Granulométrie / Blocométrie	11
Description de flottants	8
Dommages/impacts sur les enjeux	3
Observations simples (description sans impact)	5

Tableau 4 Relevés de terrain effectués sur la ravine Patates à Durand



Figure 13 : Cartographie des relevés de terrain effectués sur la ravine Patates à Durand

3.3.3 Débordements et ruissellements

La crue du cyclone Garance n'a pas entraîné de débordements significatifs dans la partie aval de la ravine des Patates à Durand, qui est canalisée sur plusieurs centaines de mètres. Le système de piégeage des matériaux en amont a permis de contenir les écoulements et les apports solides, évitant ainsi toute surcharge hydraulique ou franchissement des digues. Un seul point de débordement a été observé, en rive gauche, à l'interface entre la zone de dépôt et le début de la canalisation, où des écoulements secondaires ont été canalisés temporairement en direction de la zone résidentielle proche. Aucune trace d'inondation n'a cependant été identifiée dans les zones bâties.

3.3.4 Dommages aux enjeux (infrastructures, habitations, etc.)

Aucun dégât majeur n'a été relevé au niveau des enjeux bâtis ou des infrastructures dans le secteur de la ravine des Patates à Durand. La configuration favorable de la zone de dissipation amont, combinée à une canalisation avec une capacité hydraulique suffisante pour cet évènement (malgré le transit probable de matériaux en crue ou en fin de crue dans cette zone canalisée), a permis de contenir l'énergie de la crue et d'éviter les impacts directs sur les habitations et voiries environnantes.

3.3.5 Impacts hydromorphologiques (érosion, dépôts, embâcles, évolution du lit, etc.)

La zone de dépôts, en amont de la partie endiguée, a joué pleinement son rôle de zone de régulation sédimentaire. Un large éventail de dépôts a été observé, constitué de blocs volcaniques, de galets, de sables grossiers et de bois flottants (voir Figure 14). La comparaison avant/après crue montre toutefois une importante redistribution longitudinale et transversale des matériaux, marquée par un tri granulométrique structuré : les plus gros blocs sont positionnés en queue de dépôt, tandis que les galets et matériaux fins ont été répartis en nappe dans les zones basses.



Figure 14 : Vue générale de la zone de dépôt en amont de la canalisation de la ravine des Patates à Durand après la crue Garance. À gauche, panorama du lit élargi entièrement colmaté par des matériaux grossiers (blocs, galets), traduisant un remplissage de la zone d'expansion. À droite, détail montrant l'organisation des dépôts et la présence de flottants (troncs et branchages) dispersés (photos : CEREMA).

Les chenaux d'écoulement se sont multipliés en réponse à la topographie de la plaine de dépôt. On distingue un chenal principal, à méandres plus ou moins courts et largeur variable, ainsi que plusieurs bras secondaires témoignant d'une dynamique de divagation active (voir Figure 15). Des traces de remaniement, de migration latérale et d'incision ponctuelle dans les dépôts anciens ont été relevées. Cette évolution morphologique confirme l'efficacité de la zone en tant que piège à sédiments à haute capacité, tout en soulignant une forte mobilité interne du lit en période de crue.



Figure 15 : Image satellitaire de la zone en amont de la canalisation après la crue entraînée par le passage de Garance

Concernant les flottants, de nombreux branchages, troncs et bois morts ont été observés (voir exemple sur la Figure 14). Leur distribution aléatoire et leur accumulation en bordure des plages de dépôts indiquent un transport diffus à haute énergie. Aucune accumulation critique n'a été notée à l'entrée de la canalisation, limitant les risques d'obstruction.

3.3.6 Particularités ou points remarquables

La richesse du signal sédimentaire observé — mêlant une large diversité granulométrique, des empilements organisés de blocs et la présence de flottants ligneux — atteste d'un fonctionnement torrentiel intense, avec un apport massif de matériaux grossiers efficacement piégés dans la zone d'expansion amont. Cette dernière a pleinement joué son rôle de zone de régulation et de dépôts, contribuant à limiter les impacts en aval. Toutefois, la capacité de stockage de ce secteur est aujourd'hui largement atteinte. Afin de restaurer sa fonctionnalité hydraulique et morphologique pour les prochaines crues, un curage ciblé s'avère nécessaire pour retrouver le profil d'écoulement objectif.

3.4 Ravine du Butor et ses affluents

3.4.1 Contexte hydrométéorologique du bassin versant

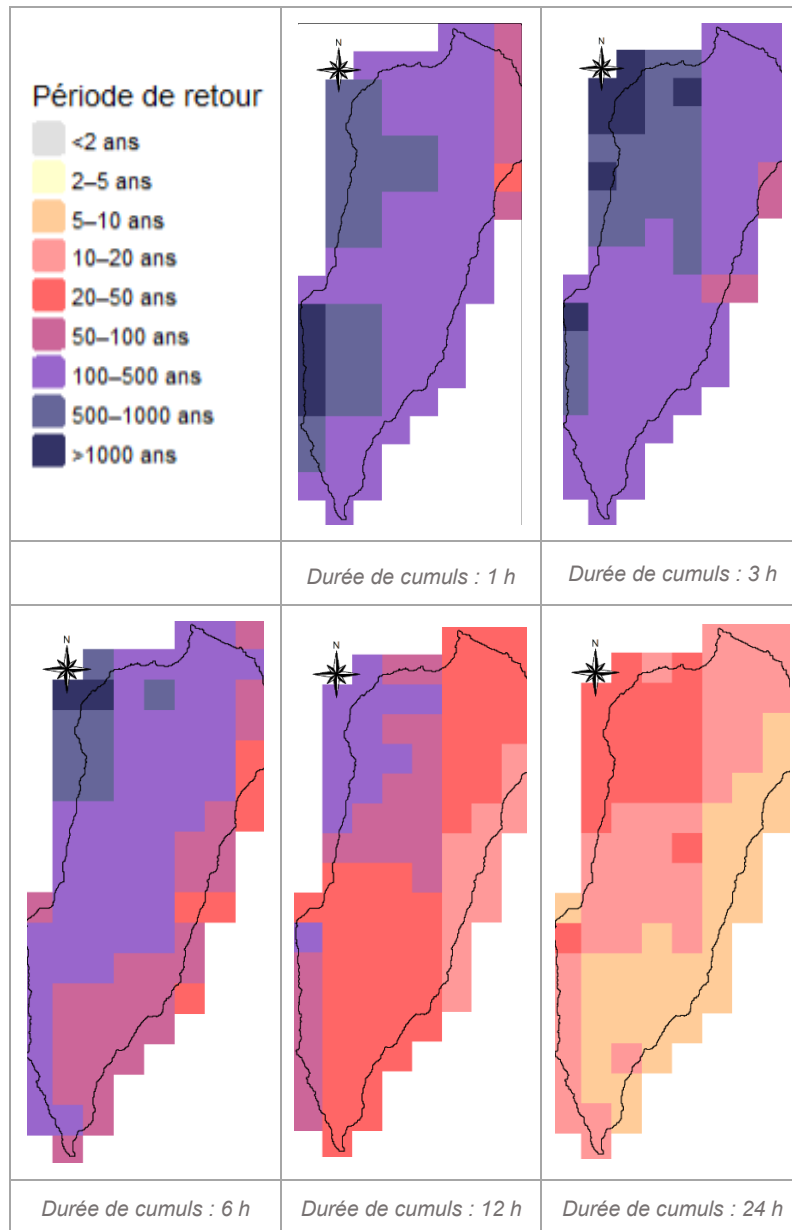


Figure 16 : Bassin versant de la ravine du Butor : carte des périodes de retour – cumul glissant sur 1h, 3h, 6h, 12h et 24h

La Figure 16 présente le croisement pixel par pixel entre les cumuls de pluie ANTILOPE et les références SHYREG et la Figure 17 montre l'évaluation globale à l'échelle du bassin versant, par comparaison des pluies moyennes de bassin aux valeurs SHYREG interpolées au centroïde : cf. paragraphe 2.1.1 pour plus de détails sur l'établissement de ces croisements. En complément, le hyétogramme horaire de l'épisode à l'échelle du bassin est représenté à la Figure 18.

Sur le bassin versant du Butor, l'analyse spatio-temporelle des précipitations issues de l'épisode cyclonique met en évidence un impact hydrométéorologique d'une intensité exceptionnelle pour les durées courtes. Les cartes des périodes de retour montrent en effet des cumuls atteignant des niveaux compris entre 500 et 1000 ans dès 1h et 3h, notamment sur l'aval et le centre du bassin. Ces très fortes intensités, concentrées spatialement, sont corroborées par l'hyétogramme qui met en évidence un pic de précipitations autour de 8h, avec des intensités dépassant 100 mm/h. Pour des durées de 6h, les niveaux restent très élevés (100–500 ans) sur une large partie du bassin, puis décroissent au-delà. À 12h, la majorité du bassin reste soumise à des périodes de retour entre 20 et 50 ans, tandis qu'à 24h, les cumuls se généralisent à des niveaux plus modérés (5–10 ans).

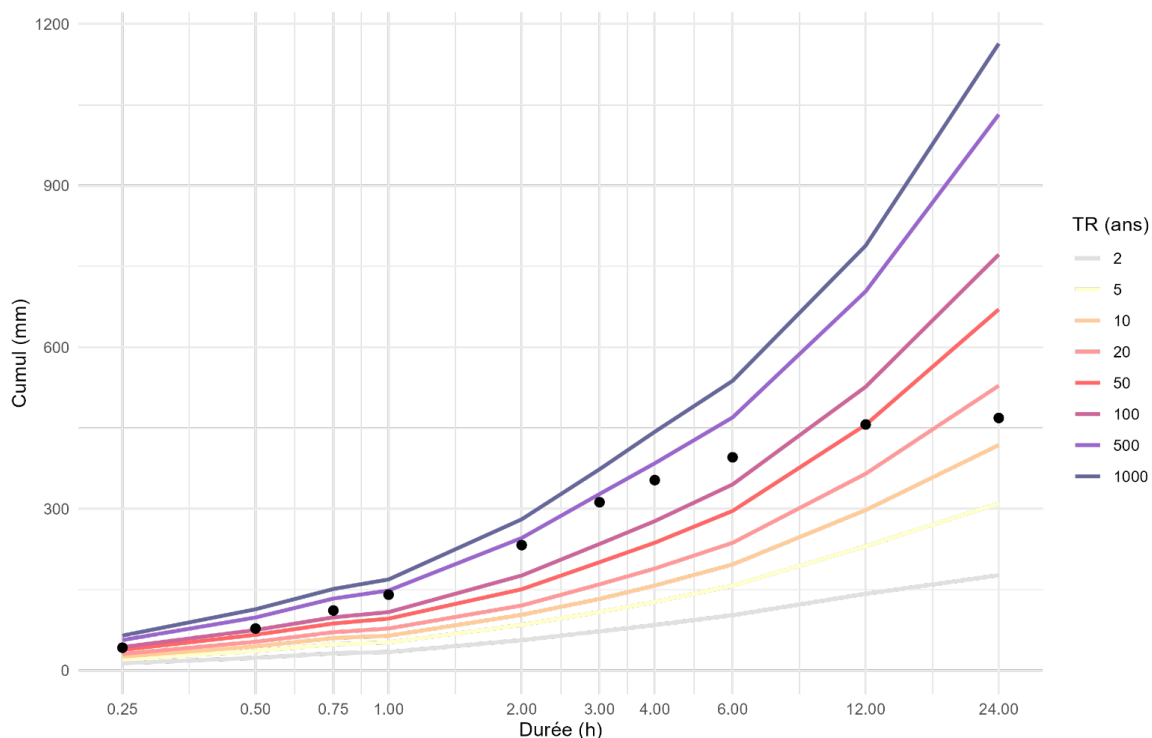


Figure 17 : Bassin versant de la ravine du Butor : Comparaison des cumuls de pluie de bassin et des quantiles SHYREG abattus (les points noirs représentent les cumuls maximaux glissants observés pour la pluie de bassin Antilope)

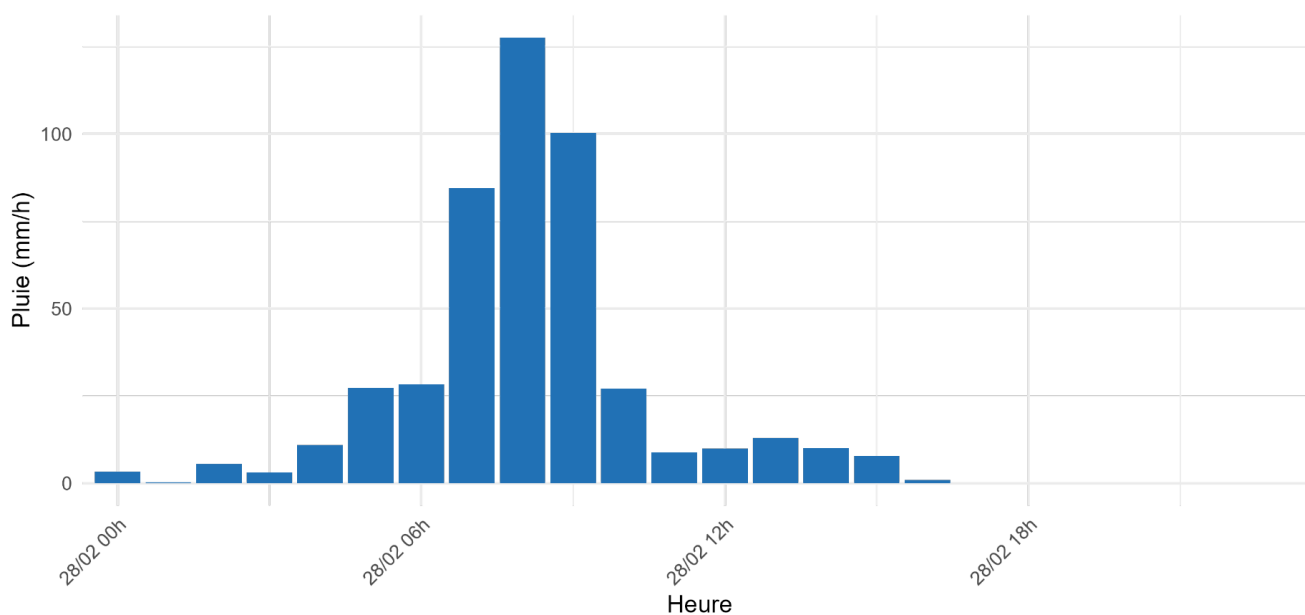


Figure 18 : Hyétogramme horaire du bassin versant de la ravine du Butor – cumul horaire des précipitations (mm/h) issu des données ANTILOPE (Météo-France) au pas de 15 minutes, agrégées à l'échelle horaire (heure UTC)

3.4.2 Caractéristiques des relevés de terrain effectués

Un total de 169 relevés de terrain a été effectué sur la ravine du Butor et ses affluents (Montplaisir, Laverdure, Source, Glacière/Boucan-Launay, ruisseau des Noirs), témoignant d'un effort conséquent de documentation post-crise dans un contexte fortement urbanisé (voir Tableau 5 et Figure 19). Les relevés sont marqués par une forte composante hydromorphologique, avec 73 observations décrivant des évolutions de lit, dépôts, érosions ou embâcles. Les traces de submersion ont été relevées à de nombreuses reprises, avec 27 mesures de lignes de charge, dont plusieurs accompagnées de cotes altimétriques. Les dommages ou impacts sur les enjeux ont été identifiés avec notamment l'endommagement d'ouvrages et d'habitations.

Type d'observation	Nombre
Relevés totaux (Butor + affluents)	169
Observations hydromorphologiques	73
Mesures de ligne de charge (avec cote)	27
Laisses de crue sans mesure	3
Granulométrie / Blocométrie	23
Description de flottants	11
Domages/impacts sur les enjeux	45
Observations simples (description sans impact)	31

Tableau 5 Relevés de terrain effectués sur la ravine du Butor et ses affluents

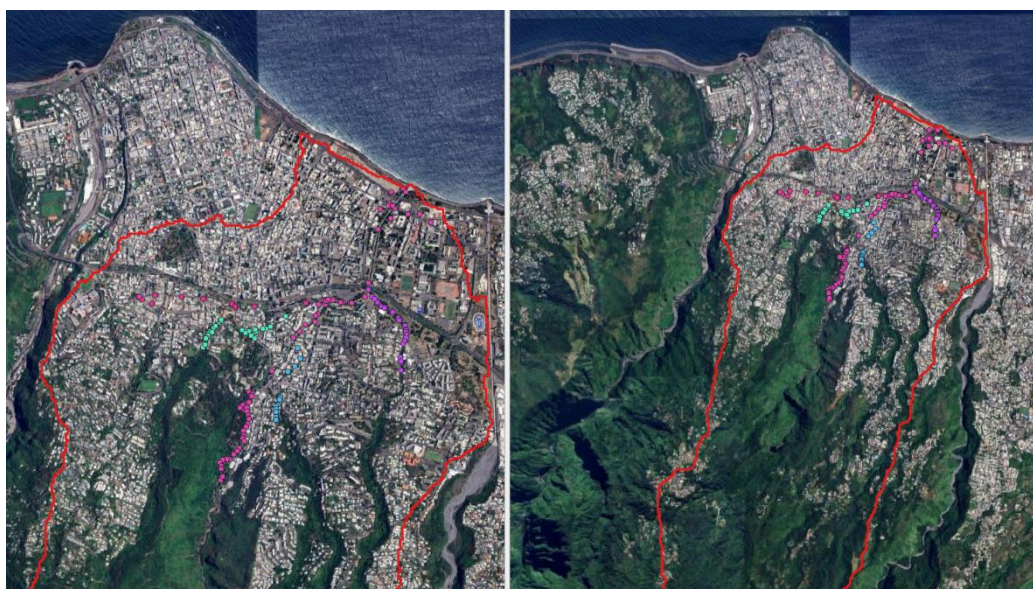


Figure 19 : Cartographie des relevés de terrain effectués sur la ravine du Butor et ses affluents

3.4.3 Débordements et ruissellements

La crue du cyclone Garance a provoqué des débordements significatifs dans le bassin de la ravine du Butor, affectant à la fois le lit principal et les affluents : Montplaisir, Source, ruisseau des Noirs, Laverdure, et Boucan-Launay (La Glacière). Ces débordements ont été précoces dans plusieurs secteurs, notamment dès les zones amont du boulevard de la Providence, en cohérence avec les résultats du modèle hydraulique de la note EDD de mai 2022 ([11]), qui met en évidence des surverses dès des crues de période de retour 2 à 10 ans, bien inférieures à l'intensité observée lors de Garance.

En rive droite de la ravine Montplaisir, les débordements se sont produits en premier lieu dans les jardins privés, avant d'atteindre les zones urbanisées en aval. Sur le ruisseau des Noirs, les crues ont rapidement dépassé les performances du système d'endiguement, notamment en rive droite, où les digues sont de faible hauteur (hauteur < 1 mètre) et partiellement discontinues. Les photos de terrain et les cartes de traces d'écoulement montrent que les eaux se sont engouffrées dans les thalwegs secondaires, notamment vers la zone du triangle formé par la jonction Montplaisir/Noirs/Butor, contribuant à l'inondation de plusieurs résidences.

La topographie en cuvette de ce secteur, combinée à l'urbanisation dense et au cloisonnement des axes d'écoulement, a favorisé des ruissellements latéraux importants, avec un flux d'eau convergeant depuis les affluents vers le lit principal du Butor, déjà en crue.

Réunion : retour d'expériences suite au passage du cyclone Garance

Phase 1 : Reconnaissances terrain et premières analyses post-cyclone

Juillet 2025

En aval, le secteur de la rue du Maréchal Leclerc a été particulièrement impacté par des surverses ponctuelles des digues, survenues dans un contexte de mise en charge hydraulique importante du pont situé à cet endroit. Cette situation résulte de la conjonction de plusieurs facteurs aggravants :

- un engravement potentiel du lit canalisé, dû au transport solide depuis l'amont, pouvant contribuer à rehausser localement le niveau d'eau,
- la présence de flottants (bois, branchages, déchets) venus s'accumuler contre les piles de l'ouvrage, réduisant la section d'écoulement utile,
- et surtout un niveau marin élevé à l'embouchure, associé à une houle résiduelle importante (hauteur moyenne de 6m enregistrée à Sainte-Marie), limitant l'évacuation vers la mer et provoquant un effet de remous dans le bief aval.

Ces conditions ont entraîné une élévation du plan d'eau en amont immédiat du pont, facilitant les débordements par surverse sur les bas-côtés et provoquant par endroits des refoulements via les réseaux d'assainissement pluvial, eux-mêmes saturés ou obstrués par les sédiments. Ce phénomène a contribué à l'inondation de certaines chaussées ainsi que des zones basses : voir Figure 20.



Figure 20 : Traces des débordements dans la partie aval de la ravine du Butor. À gauche, dépôt de boue fine sur la chaussée de l'avenue Maréchal de Lattre de Tassigny en rive droite, témoignant d'une submersion latérale étendue. À droite, dépôts de boue au niveau de la rue du Butor, en rive gauche (photos : DEAL 974).

3.4.4 Dommages aux enjeux (infrastructures, habitations, etc.)

Les débordements liés à la crue du cyclone Garance ont causé des dommages notables à plusieurs habitations et infrastructures dans le bassin versant du Butor.

Le cas le plus préoccupant concerne la rue Joseph Ouvrier, en rive droite, où plusieurs maisons implantées en extrados de méandre ont subi une érosion latérale intense, entraînant un recul de berge de plusieurs mètres. Au moins trois habitations y ont été partiellement sous-cavées (voir Figure 21), et l'une d'elles a présenté une instabilité structurelle grave, menaçant à court terme son intégrité, comme le souligne le rapport d'expertise post-crue du BRGM ([12]).



Figure 21 : Exemples de dégâts aux habitations en bord de ravine du Butor, rue Joseph Ouvrier. À gauche, maison fortement sous-cavée et en partie effondrée suite à l'érosion de la berge. À droite, recul de berge en rive droite avec mise à nu des fondations et déstabilisation de plusieurs constructions en pied d'immeuble (photos : CEREMA).

Plus en amont, dans le secteur de la confluence Montplaisir – ruisseau des Noirs – Butor, plusieurs habitations ont été inondées en rez-de-chaussée, avec des dépôts de sédiments, de déchets ligneux, et parfois de flottants (branches, encombrants, détritiques) : voir Figure 22. Des véhicules ont été emportés ou déplacés par le courant dans certaines rues secondaires, témoignant de la violence de l'écoulement.



Figure 22 : À gauche, dépôts de boues et sédiments fins sur les trottoirs de l'avenue Hubert Delisle, au niveau de la confluence entre la ravine la Source et le ruisseau des Noirs, traduisant un débordement diffus dans la zone urbanisée. À droite, accumulation de flottants et de végétaux piégés contre les garde-corps au niveau du lavoir de la Source, témoignant d'une mise en charge importante de l'ouvrage et de l'intensité du flux (photos : DEAL 974).

En aval, les infrastructures publiques (voiries, réseaux d'assainissement, ouvrages hydrauliques) ont été affectées par des débordements localisés. Des grilles de collecte ont été obstruées, entraînant des refoulements ou des stagnations prolongées. Des dalles de franchissement, buses et murets ont été endommagés ou déstabilisés.

3.4.5 Impacts hydromorphologiques (érosion, dépôts, embâcles, évolution du lit, etc.)

La crue torrentielle induite par le cyclone Garance a fortement remodelé la morphologie du lit de la ravine du Butor et de ses affluents. L'ensemble du bassin inspecté présente les caractéristiques d'un épisode à fort charriage solide, avec redistribution importante de matériaux alluvionnaires (blocs, galets, sables), et érosion latérale intense notamment dans les extrados de méandres.

Dans le secteur aval de la rue Joseph Ouvrier (en amont de la canalisation de la ravine du butor), les observations montrent un engravement conséquent du lit, notamment entre les parcelles ER185 et ER14. À cet endroit, des apports importants de matériaux grossiers ont rehaussé localement le fond de lit de plusieurs mètres. Le bras principal de la ravine a été partiellement comblé, et le chenal actif s'est recentré en rive gauche. Cette zone correspond à une rupture de pente marquée (passage de 5–8 % à 2–3 %) qui a favorisé l'accumulation de matériaux transportés depuis l'amont, comme l'indique le BRGM dans son rapport d'expertise post-crues ([12]). Les berges ont été fortement érodées à plusieurs endroits. Sur près de 700 m de linéaire inspecté, des régressions plurimétriques à décimétriques ont été recensées, atteignant jusqu'à 12 m dans les zones les plus critiques. C'est notamment le cas en rive droite au droit des parcelles ER1 (microcrèche), ER2 (habitation individuelle), et ER197 (bâtiment collectif), où les ouvrages (notamment en enrochements libres) ont cédé ou ont été sous-cavés. Ces ruptures de berge ont parfois atteint les fondations des bâtis.

Les matériaux grossiers déposés présentent un tri granulaire limité, avec une proportion importante de blocs métriques et décimétriques peu émoussés, ce qui indique un transport de courte distance et une remobilisation d'anciens stocks dans le lit. Aucune cicatrice d'éboulement majeure n'a été identifiée dans les versants en surplomb, ce qui confirme que l'essentiel de la charge solide provient des stocks déjà présents dans le lit et des érosions de berges alluvionnaires ou colluvionnaires.

Les confluences avec les affluents, notamment Montplaisir, Laverdure et la Glacière, sont apparues comme des points de remous solides. Des dépôts latéraux, pavages désorganisés, ou embâcles ligneux ont été relevés dans ces zones, notamment à proximité de la confluence Montplaisir–Butor, où la géométrie du lit et les effets de remous ont accentué les dépôts.

3.4.6 Particularités ou points remarquables

Le bassin du Butor se singularise par sa forte urbanisation dans la partie aval, où les zones d'écoulement historique ont été canalisées, masquées ou réduites. L'événement Garance a réactivé des cheminements anciens visibles sur les photographies historiques ou relevés terrain.

L'articulation entre les affluents (Source, ruisseau des Noirs, Montplaisir, Boucan-Launay/Glacière, Laverdure) et le Butor joue un rôle majeur dans la répartition des débits, notamment lors d'épisodes extrêmes. Des seuils critiques d'écoulement ont ainsi été franchis dans plusieurs zones de confluence, où les débits cumulés ont entraîné des submersions importantes. À noter aussi l'effet de certains aménagements récents (remblais, murs) qui ont modifié les trajectoires d'écoulement, avec des effets d'accélération ou de blocage localisés.

3.5 Rivière Saint-Denis

3.5.1 Contexte hydrométéorologique du bassin versant

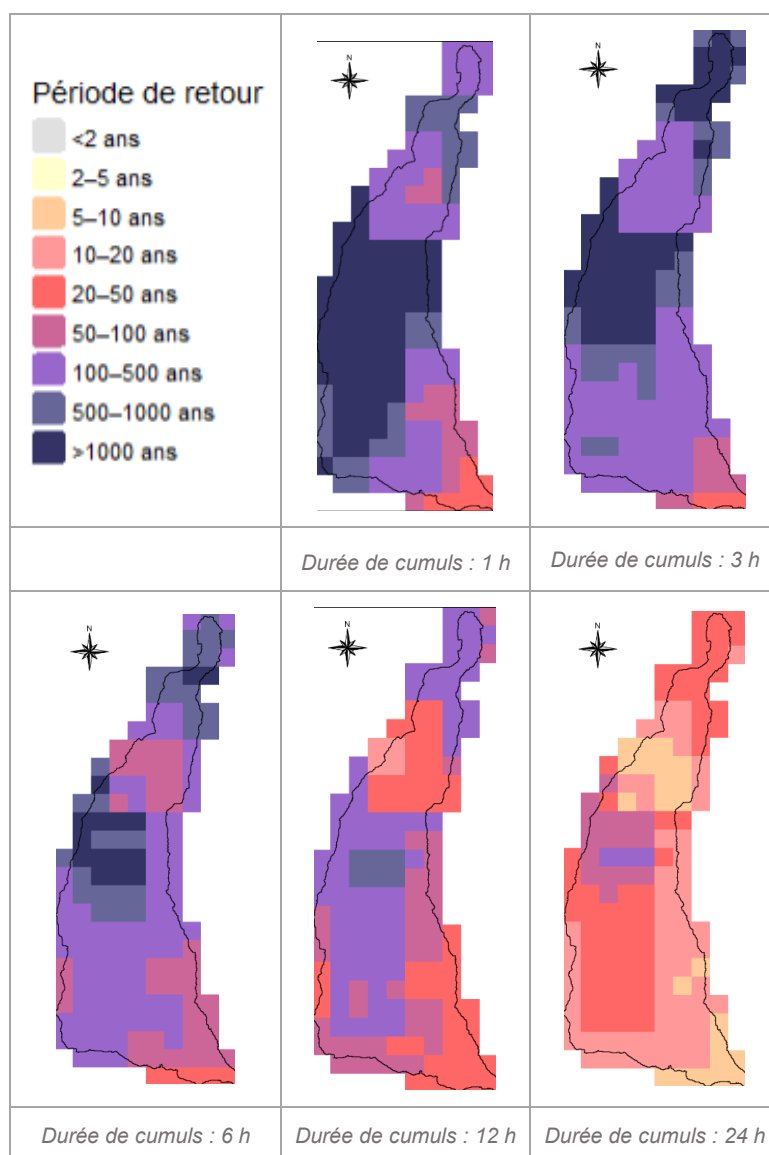


Figure 23 : Bassin versant de la rivière Saint-Denis : carte des périodes de retour – cumul glissant sur 1h, 3h, 6h, 12h et 24h

La Figure 23 présente le croisement pixel par pixel entre les cumuls de pluie ANTILOPE et les références SHYREG et la Figure 24 montre l'évaluation globale à l'échelle du bassin versant, par comparaison des pluies moyennes de bassin aux valeurs SHYREG interpolées au centroïde : cf. paragraphe 2.1.1 pour plus de détails sur l'établissement de ces croisements. En complément, le hyétoigramme horaire de l'épisode à l'échelle du bassin est représenté à la Figure 25.

Le bassin versant de la rivière Saint-Denis a connu un épisode particulièrement intense, notamment pour les durées de cumul courtes à intermédiaires. Sur 1 h et 3 h, les précipitations dépassent localement les périodes de retour de 100 à 500 ans, voire 500 à 1000 ans, principalement sur la zone centrale du bassin. Cette sollicitation exceptionnelle se prolonge jusqu'à 6 h, avec des niveaux encore largement supérieurs à 100 ans. En revanche, à 24 h, les cumuls s'atténuent et les niveaux de rareté sont inférieurs à 50 ans, traduisant un événement assez concentré dans le temps, ce que confirme l'hyétoigramme : un pic de pluie marqué autour de 8 h – 9 h UTC, atteignant près de 130 mm/h.

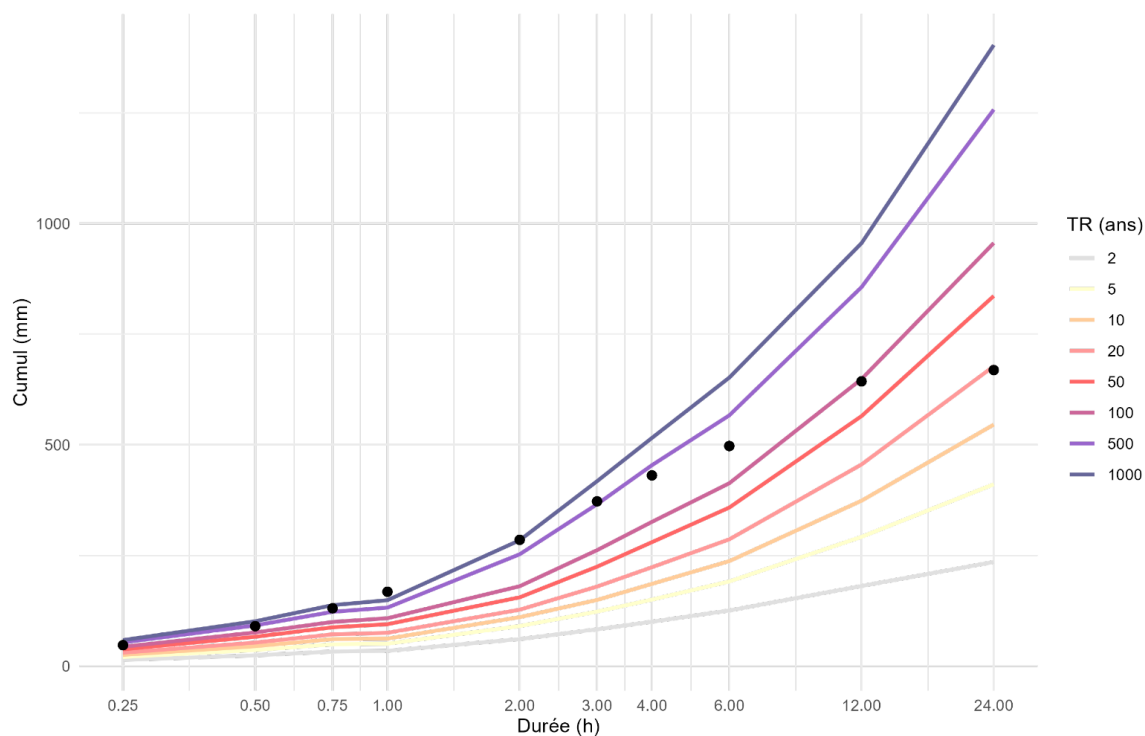


Figure 24 : Bassin versant de la rivière Saint-Denis : Comparaison des cumuls de pluie de bassin et des quantiles SHYREG abattus (les points noirs représentent les cumuls maximaux glissants observés pour la pluie de bassin Antilope)

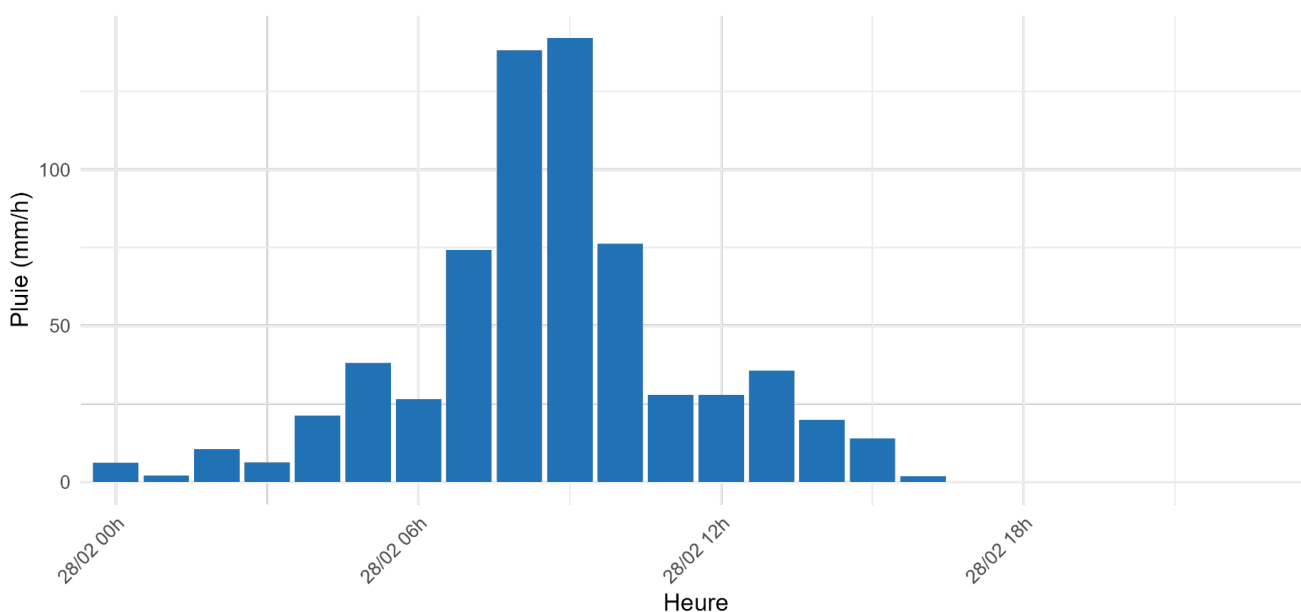


Figure 25 : Hyétogramme horaire du bassin versant de la rivière Saint-Denis – cumul horaire des précipitations (mm/h) issu des données ANTILOPE (Météo-France) au pas de 15 minutes, agrégées à l'échelle horaire (heure UTC)

3.5.2 Caractéristiques des relevés de terrain effectués

Un total de 93 relevés de terrain a été effectué le long de la rivière Saint-Denis (voir Tableau 6 et Figure 26), ce qui en fait l'un des cours d'eau les plus documentés dans le cadre de la mission post-crise. Ces relevés se répartissent principalement dans les secteurs urbanisés situés entre l'amont du hameau de la Colline et l'embouchure.

Type d'observation	Nbre
Relevés totaux	93
Observations hydromorphologiques	22
Mesures de ligne de charge (avec cote)	27
Laisses de crue sans mesure	3
Granulométrie / Blocométrie	6
Description flottants	4
Dommages/impacts sur les enjeux	18
Observations simples (description sans impact)	13

Tableau 6 Relevés de terrain effectués sur la rivière Saint-Denis



Figure 26 : Cartographie des relevés de terrain effectués sur la rivière Saint-Denis

Les thématiques abordées sont variées :

- 22 observations à caractère hydromorphologique ont permis de caractériser l'engravement, les dépôts, les érosions de berge et les embâcles.
- 27 laisses de crue avec mesure de hauteur d'eau ont été relevées, témoignant de hauteurs de submersion parfois importantes, notamment en contexte urbain.
- 18 relevés documentent des dommages ou impacts directs sur les habitations, voiries ou autres infrastructures.

Ces données confirment la sévérité de l'événement sur ce bassin, en particulier dans les zones d'habitat exposées en fond de vallée ou dans les secteurs à forte contrainte d'écoulement.

3.5.3 Débordements et ruissellements

La crue déclenchée par le cyclone Garance a entraîné des débordements majeurs de la rivière Saint-Denis, notamment dans le secteur urbanisé du hameau de la Colline. Les débordements se sont concentrés en rive droite en amont de la passerelle piétonne (pont piétons), et en rive gauche en aval de celle-ci.

Dans le tronçon aval de la rivière Saint-Denis, entre le secteur des Brasseries Bourbon (rive gauche) et l'embouchure, la crue du cyclone Garance a entraîné une mise en charge importante du lit canalisé. Bien qu'aucun

débordement massif par surverse n'ait été identifié, plusieurs indices de submersion latérale ou de contournement ponctuel ont été relevés :

- En aval des Brasseries Bourbon, en rive gauche, des traces d'écoulement (corroborées par des prises de vue lors de l'événement) liées à un potentiel point de débordement ont été observées en lien avec l'élévation du plan d'eau, probablement accentuée par la configuration resserrée du lit et un potentiel engrèvement localisé.
- Plus en aval, à l'approche du pont de la Délivrance et du franchissement de la RN1, des désorganisations de l'écoulement (engrèvement, remous, possibles embâcles) semblent avoir provoqué des submersions localisées ou des remontées via les réseaux secondaires.
- La houle cyclonique et la surcote marine ont pu ralentir l'évacuation des eaux, entraînant un refoulement temporaire au niveau de l'exutoire et une élévation du plan d'eau dans le lit aval, sans rupture des digues.

3.5.4 Dommages aux enjeux (infrastructures, habitations, etc.)

Les dégâts constatés sur les enjeux sont importants dans le secteur du hameau de la Colline. Plusieurs habitations situées sur des remblais ou d'anciennes terrasses alluviales, en bordure immédiate du lit ont été partiellement ou totalement emportées (voir Figure 27). L'une d'elles a été fracturée en deux, d'autres présentent des fondations entièrement sous-cavées et en surplomb.

Des véhicules ont été emportés et les installations urbaines en rive droite et gauche (sentier, éclairages, équipements publics) ont également subi des désordres par entraînement ou dépôt.



Figure 27 : Dommages causés par la crue lors de Garance en amont du hameau de la Colline (photos : CEREMA)

3.5.5 Impacts hydromorphologiques (érosion, dépôts, embâcles, évolution du lit, etc.)

La crue de Garance a fortement modifié la morphologie du lit de la rivière Saint-Denis, en particulier dans les tronçons aval. Le lit s'est engravé par endroit, avec une large répartition de blocs plurimétriques, galets et sédiments fins.

Des érosions latérales intenses ont été observées, causant l'effondrement partiel de talus sous des habitations. Les berges présentent des ruptures nettes de pente, et certaines zones de dépôts traduisent une migration du lit vers l'extérieur de son cours initial.

Des embâcles ligneux sont présents avec une dispersion qui suggère une forte dynamique de charriage.

En amont du hameau, plusieurs instabilités de versants ont été recensées : ces effondrements sont, pour la plupart, connectés au réseau hydrographique et ont potentiellement alimenté la dynamique sédimentaire active. Ces apports latéraux ont parfois formé des cônes de dépôt directement dans le lit actif (voir Figure 28), renforçant localement la charge sédimentaire.



Figure 28 : Exemples d'effondrements de versants avec formation de cônes de débris connectés au lit de la rivière Saint-Denis (photos : CEREMA)

3.5.6 Particularités ou points remarquables

Un point remarquable réside dans le fait que la rivière avait déjà connu, un an auparavant, un épisode de crue intense, d'ampleur inférieure à celui de Garance mais néanmoins significatif. Cet événement lié au passage du cyclone Belal, avait déjà entraîné une mobilisation morphologique du lit, avec des phénomènes d'érosion de berge, des dépôts localisés et des dommages ponctuels sur des habitations ou aménagements en fond de vallée.

La crue de Garance s'est donc produite dans un contexte de lit déjà déstabilisé, amplifiant la réactivité sédimentaire du système.

3.6 Ravine Grande Chaloupe

3.6.1 Contexte hydrométéorologique du bassin versant

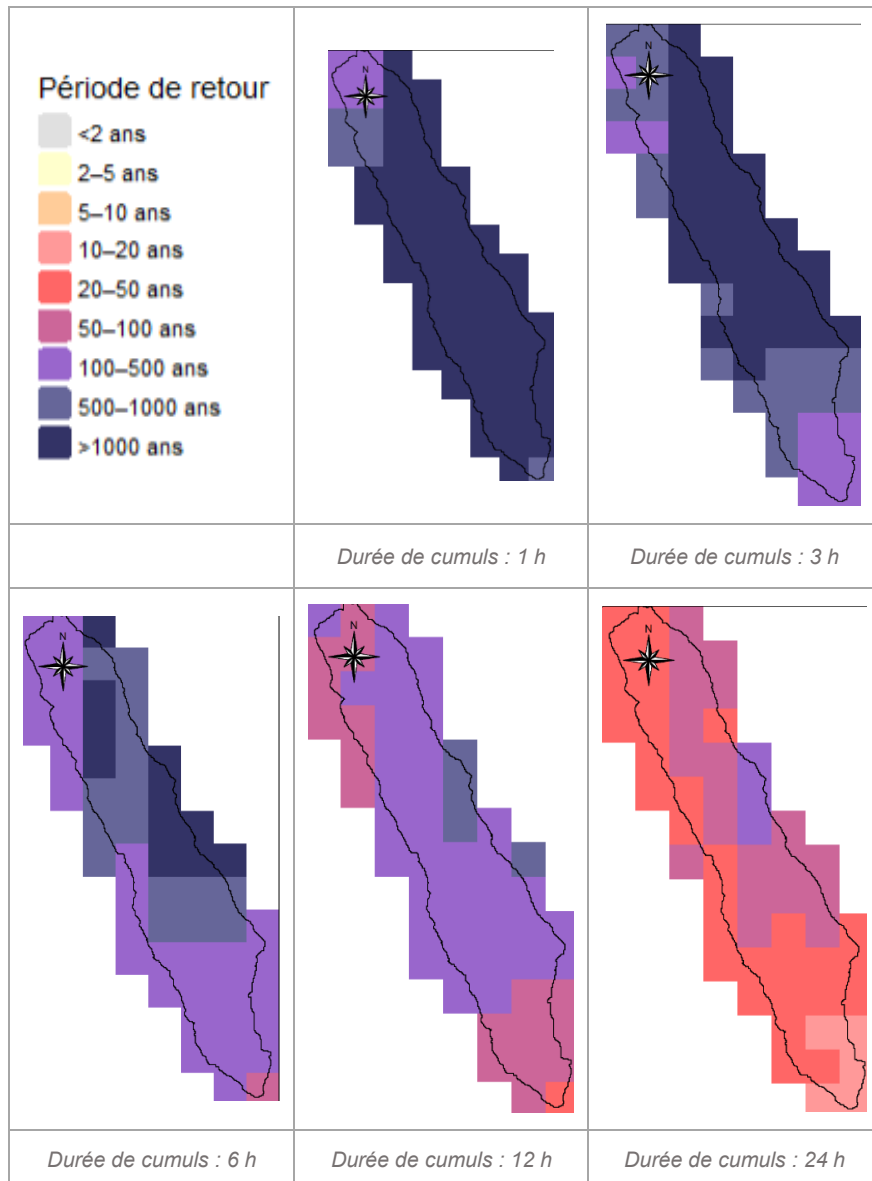


Figure 29 : Bassin versant de la ravine de la Grande Chaloupe : carte des périodes de retour – cumul glissant sur 1h, 3h, 6h, 12h et 24h

La Figure 29 présente le croisement pixel par pixel entre les cumuls de pluie ANTILOPE et les références SHYREG et la Figure 30 montre l'évaluation globale à l'échelle du bassin versant, par comparaison des pluies moyennes de bassin aux valeurs SHYREG interpolées au centroïde : cf. paragraphe 2.1.1 pour plus de détails sur l'établissement de ces croisements. En complément, le hyétogramme horaire de l'épisode à l'échelle du bassin est représenté à la Figure 31.

L'analyse spatio-temporelle des précipitations sur le bassin versant de la ravine de la Grande Chaloupe met en évidence un épisode d'une intensité exceptionnelle. Les périodes de retour atteignent des niveaux extrêmes dès les plus courtes durées : pour les cumuls sur 1 h et 3 h, l'ensemble du bassin est exposé à des intensités supérieures à 500 ans, avec une large part du territoire dépassant les 1000 ans. Cette sévérité se prolonge à 6 h avec des valeurs supérieures à 100 ans sur tout le bassin. À partir de 12 h, les fréquences estimées diminuent mais restent très élevés (> 50 ans sur la majorité du bassin). Ce n'est qu'à 24 h que les intensités deviennent plus modérées, bien qu'encore marquées (entre 10 et 50 ans). Cette dynamique est en cohérence avec le profil de l'hyétogramme, qui montre un pic très marqué entre 8 h et 9 h UTC, où les intensités horaires dépassent 160 mm/h. L'essentiel de la pluie est donc tombé sur une fenêtre temporelle relativement courte. Cette

concentration temporelle explique les niveaux extrêmes observés pour les durées de 1 à 6 h, avant une atténuation progressive des cumuls en fin d'épisode.

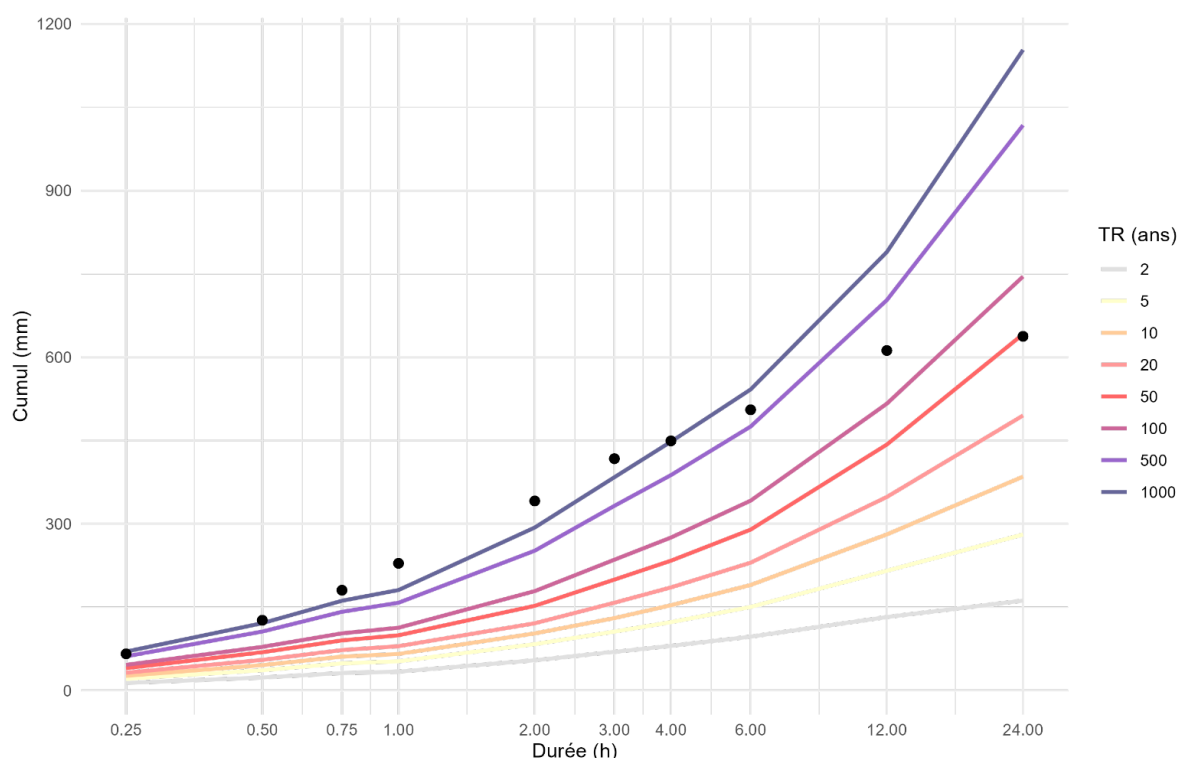


Figure 30 : Bassin versant de la ravine de la Grande Chaloupe : Comparaison des cumuls de pluie de bassin et des quantiles SHYREG abattus (les points noirs représentent les cumuls maximaux glissants observés pour la pluie de bassin Antilope)

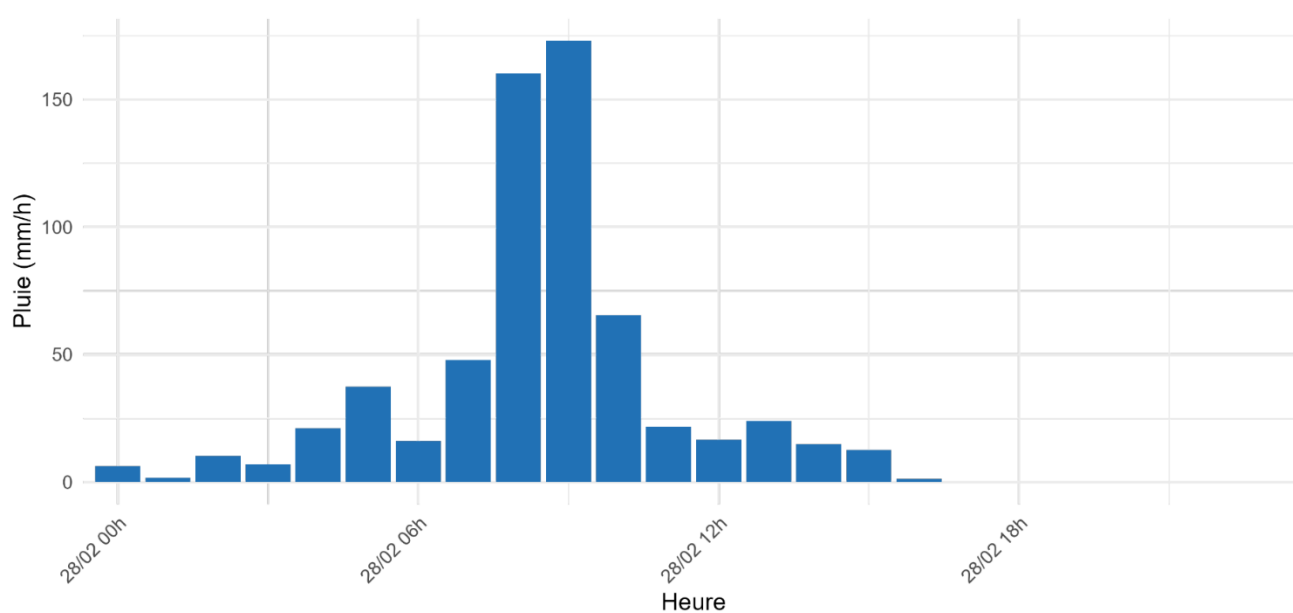


Figure 31 : Hyétogramme horaire du bassin versant de la Grande Chaloupe – cumul horaire des précipitations (mm/h) issu des données ANTILOPE (Météo-France) au pas de 15 minutes, agrégées à l'échelle horaire (heure UTC)

3.6.2 Caractéristiques des relevés de terrain effectués

33 relevés ont été réalisés au total sur la ravine de la Grande Chaloupe (voir Tableau 7 et Figure 32). Les observations couvrent un tronçon situé entre l'embouchure, la partie médiane, jusqu'à l'amont des premières habitations.

Les relevés sont dominés par les observations hydromorphologiques, avec dix relevés décrivant des phénomènes d'érosion, de dépôts ou des modifications de tracé. Trois laisses de crue accompagnées de mesures de hauteur d'eau ont été identifiées.

Six relevés documentent des dommages ou impacts sur les enjeux. Ces derniers concernent principalement des terrains privés et des équipements de bord de ravine, notamment en rive droite, à proximité des habitations de l'ancienne voie de chemin de fer.

Relevés totaux	33
Observations hydromorphologiques	10
Mesures de ligne de charge (avec cote)	3
Laisses de crue sans mesure	4
Granulométrie / Blocométrie	4
Description de flottants	0
Dommages/impacts sur les enjeux	6
Observations simples (description sans impact)	6

Tableau 7 Relevés de terrain effectués sur la ravine de la Grande Chaloupe

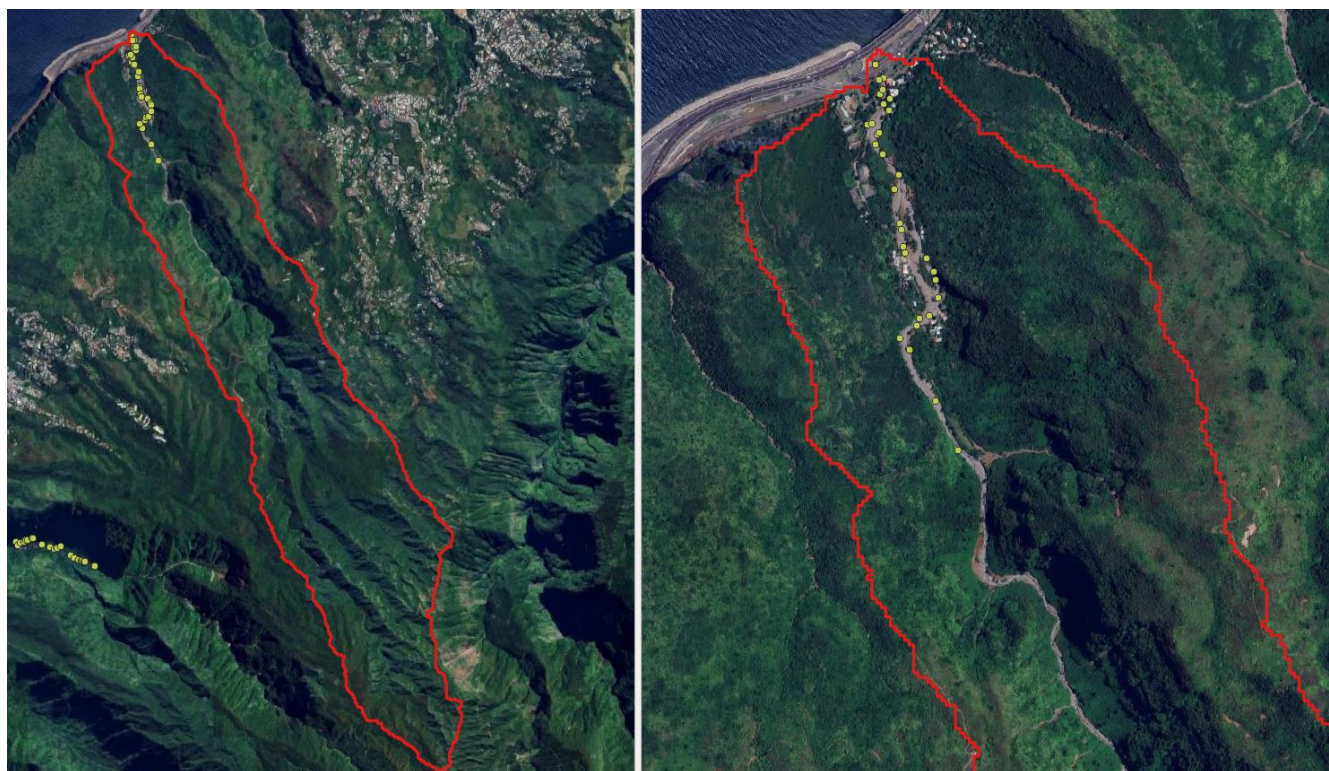


Figure 32 : Cartographie des relevés de terrain effectués par le CEREMA sur la ravine Grande Chaloupe

3.6.3 Débordements et ruissellements

La ravine a connu une extension latérale du lit, avec des dépôts grossiers marquant la limite des débordements. Le secteur en amont du pont de la RN et le long des habitations en rive droite, a été fortement impacté.

3.6.4 Dommages aux enjeux (infrastructures, habitations, etc.)

A l'embouchure, juste en amont du pont de la RN, plusieurs maisons situées en rive droite, en haut de berge, ont été directement affectées par la crue (voir Figure 33). Les fondations apparaissent sous-cavées, les murs en tôle déformés, et certaines annexes partiellement effondrées. En amont, des habitations isolées ont été détruites ou très gravement déstabilisées (voir Figure 33).

Érosion de berge en rive droite en amont du pont de la RN, avec mise à nu des fondations d'une habitation. Le remblai d'implantation a été partiellement emporté par la crue.

Effondrement total d'une maison en rive droite, ensevelie sous une accumulation de blocs



Figure 33 : Exemples de dommages causés aux habitations de la Grande Chaloupe suite au passage du cyclone Garance (photos : CEREMA).

3.6.5 Impacts hydromorphologiques (érosion, dépôts, embâcles, évolution du lit, etc.)

Le lit actif s'est fortement élargi sur l'ensemble du tronçon traversant les habitations (rive droite et gauche). Des dépôts massifs de blocs de grande taille ont été observés sur toute la largeur du lit, témoignant d'une forte énergie de transport et d'un épisode de mobilisation sédimentaire intense.

Les images satellites prises après l'événement montrent également une aggradation significative sur de vastes portions du lit, avec un comblement visible dans plusieurs méandres et zones d'élargissement. On observe une disparition quasi-totale de la végétation rivulaire dans certaines portions, remplacée par des accumulations de galets et de blocs. De manière plus diffuse, des éléments ligneux ont été observés dans les dépôts.

Les images satellitaires post-crues révèlent un autre facteur aggravant : plusieurs effondrements ponctuels de versants, visibles par les traces de sol nu ou les ruptures de pente connectées au réseau hydrographique. Ces apports latéraux, bien identifiables sur les vues avant/après dans les zones amont et médiane, ont pu contribuer de manière plus ou moins significative à l'augmentation de la charge sédimentaire dans le lit, alimentant ainsi l'aggradation et la dispersion des matériaux en aval.

Ces observations suggèrent une dynamique torrentielle particulièrement active dans la Grande Chaloupe, combinant une forte composante hydraulique (érosion, débordement) et une composante gravitaire (recharge sédimentaire par versants), à même de reconfigurer rapidement l'organisation spatiale du lit.

3.6.6 Particularités ou points remarquables

Comme pour la rivière Saint-Denis, il est important de rappeler que ce secteur avait déjà été impacté un an auparavant, lors du passage du cyclone Belal, par une crue significative ayant entraîné des dommages ponctuels. Cet événement avait déjà provoqué une mobilisation partielle du lit, avec des dépôts, des érosions de berge et une instabilité des remblais en bordure du lit actif.

Ainsi, la crue de Garance s'est inscrite dans un contexte morphologique déjà fragilisé, contribuant à une réponse sédimentaire plus rapide et à une aggravation des impacts.

3.7 Ravine Lafleur et Petit Ruisseau

3.7.1 Contexte hydrométéorologique du bassin versant

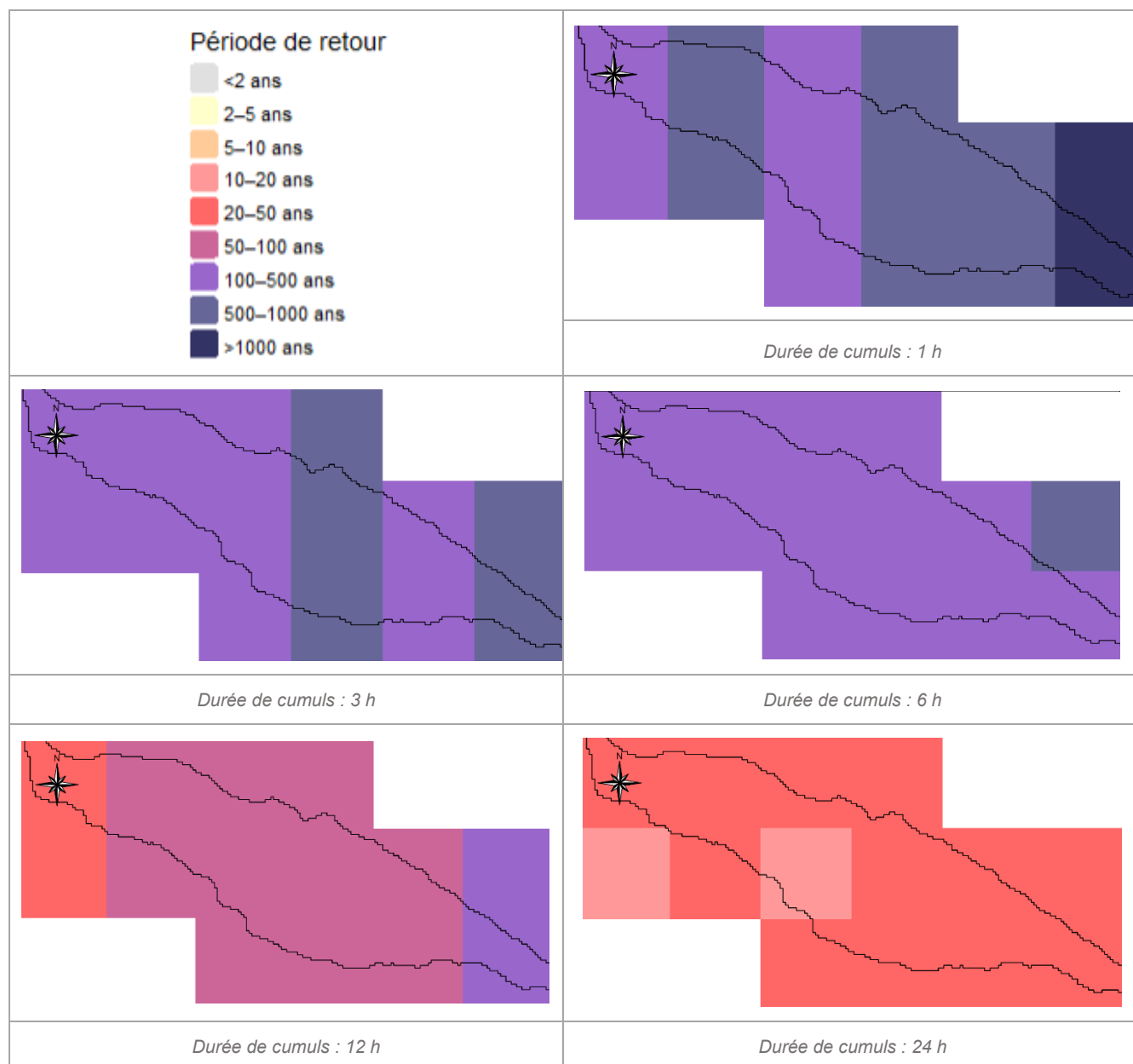


Figure 34 : Bassin versant de la ravine Petit Ruisseau : carte des périodes de retour – cumul glissant sur 1h, 3h, 6h, 12h et 24h

La Figure 34 présente le croisement pixel par pixel entre les cumuls de pluie ANTILOPE et les références SHYREG et la Figure 35 montre l'évaluation globale à l'échelle du bassin versant, par comparaison des pluies moyennes de bassin aux valeurs SHYREG interpolées au centroïde : cf. paragraphe 2.1.1 pour plus de détails sur l'établissement de ces croisements. En complément, le hyétogramme horaire de l'épisode à l'échelle du bassin est représenté à la Figure 36.

L'épisode Garance a généré des cumuls de pluie exceptionnellement intenses, notamment sur les courtes durées, sur le bassin versant du Petit Ruisseau qui est d'une taille relativement modeste en comparaison des autres ravines analysées dans ce rapport. Les cartes de périodes de retour révèlent des niveaux de rareté extrême dès 1 h, avec des valeurs supérieures à 500 ans voire 1000 ans sur la partie amont du bassin, et plus généralement au nord-est. Cette intensité se maintient à 3 h avec des périodes de retour dépassant les 500 ans sur de vastes zones. À partir de 12 h, on observe une décroissance progressive de l'aléa, bien que le bassin reste encore soumis à des niveaux de retour > 50 ans. À 24 h, les périodes de retour baissent plus nettement, tout en restant supérieures à 10–20 ans sur l'ensemble du bassin.

Le hyétogramme horaire complète cette lecture : on observe un pic très marqué entre 07h00 et 09h00 UTC, avec deux pas de temps successifs à plus de 110 mm/h. Cette dynamique explique la sévérité des périodes de retour sur les durées courtes, et la baisse progressive des périodes de retour sur les cumuls plus longs est cohérente avec la décroissance des intensités au fil de l'épisode. La configuration orientée du bassin, en lien avec l'orientation du flux de l'épisode cyclonique, semble avoir exposé la zone amont/nord-est de manière plus marquée.

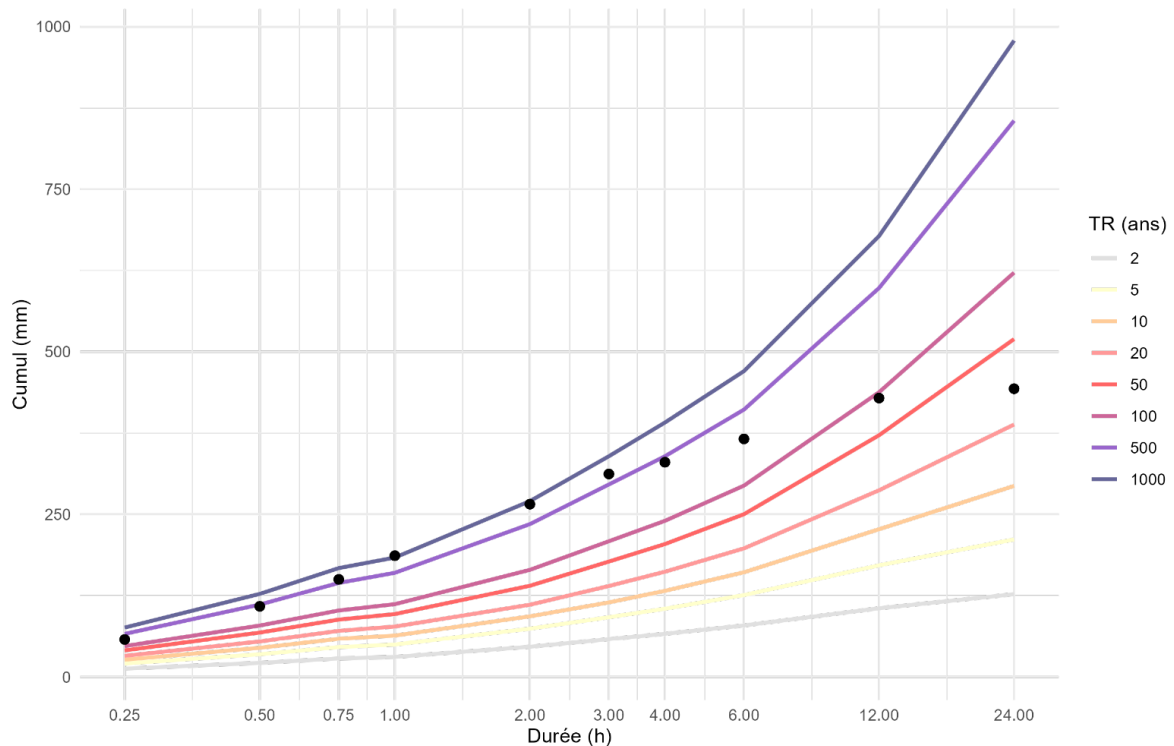


Figure 35 : Bassin versant de la ravine Petit Ruisseau : Comparaison des cumuls de pluie de bassin et des quantiles SHYREG abattus (les points noirs représentent les cumuls maximaux glissants observés pour la pluie de bassin Antilope)

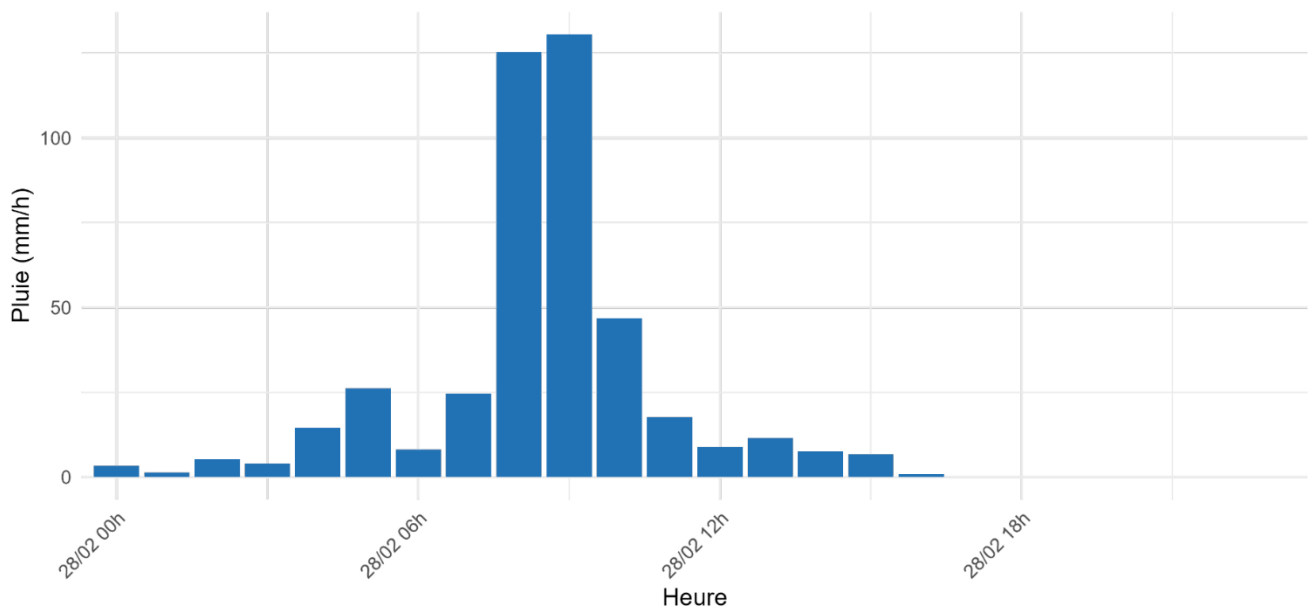


Figure 36 : Hyétogramme horaire du bassin versant du Petit Ruisseau – cumul horaire des précipitations (mm/h) issu des données ANTILOPE (Météo-France) au pas de 15 minutes, agrégées à l'échelle horaire (heure UTC)

3.7.2 Caractéristiques des relevés de terrain effectués

Sur le secteur Chemin Tête Tunnel, un total de 8 relevés ont été réalisés dans les ravines Lafleur (5) et Petit Ruisseau (3). Les observations comprennent principalement des éléments hydromorphologiques (érosions, dépôts, évolution du lit), avec quelques mesures de la hauteur d'eau laissées sur les berges, et plusieurs constats de dommages directs sur les enjeux bâtis.



Figure 37 : Cartographie des relevés de terrain effectués par le CEREMA sur les ravines Lafleur et Petit Ruisseau

Ce secteur a fait l'objet d'une expertise post-crise réalisée par le BRGM à la demande de la DEAL, à la suite du passage du cyclone Garance. Les constats et éléments techniques ([13]) issus de cette mission sont repris dans les développements suivants concernant les ravines Lafleur et Petit Ruisseau.

3.7.3 Débordements et ruissellements

Sous l'effet de cette crue torrentielle, les lits mineurs ont été complètement comblés par les matériaux transportés (jusqu'à 5 mètres d'épaisseur par endroits), provoquant une élévation du niveau d'eau et l'épanchement des écoulements et sédiments sur plus de 50 mètres de large autour du point de confluence : voir schéma réalisé par le BRGM dans le cadre de son expertise post-crues (Figure 38). La surcote marine et l'élévation du niveau de la mer ont également freiné l'écoulement vers l'exutoire (pont de la route du Littoral), accentuant la rétention d'eau en amont.

En conséquence, les flux se sont redéployés latéralement, notamment :

- en rive gauche, au droit des habitations implantées en tête de berge (habitations n°1 et n°2),
- en direction nord et ouest, emportant les remblais, voies d'accès et affectant plusieurs habitations et véhicules (cf. habitations 3a et 3b),
- jusqu'à recouvrir entièrement le Chemin Tête Tunnel sous plus d'un mètre de matériaux.

Enfin, les dépôts de fines en aval (jusqu'à 50 cm de boue sur les terrains en rive gauche) suggèrent la formation d'une retenue temporaire en amont du pont voûté, en lien avec un resserrement hydraulique au niveau de la bretelle d'accès à la route du Littoral.

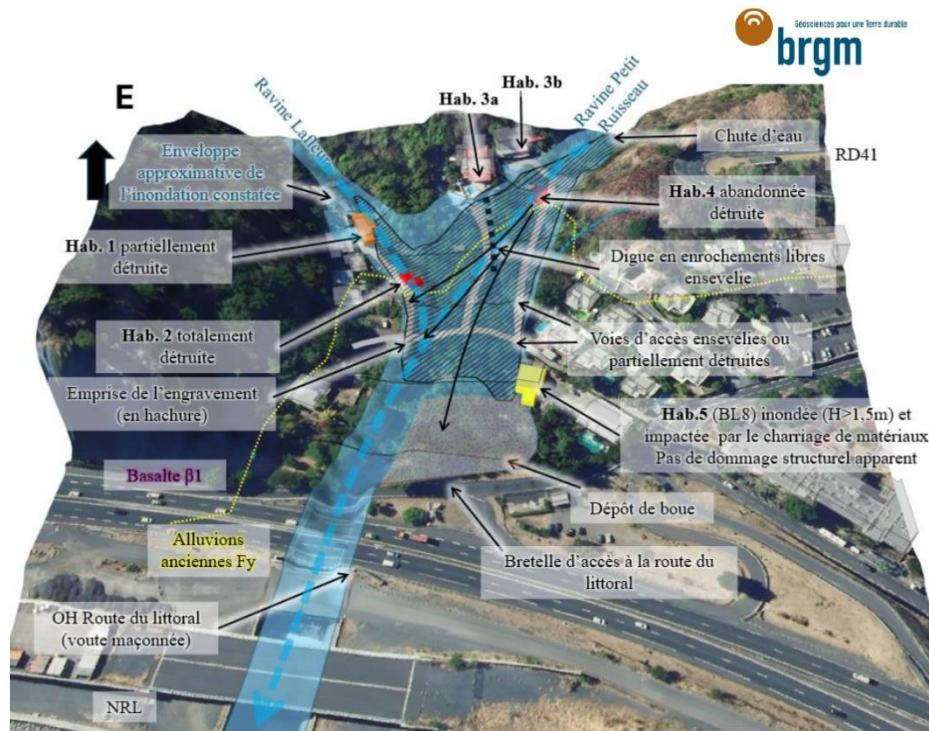


Figure 38 : Synthèse du BRGM des impacts hydrogéomorphologiques observés à la confluence des ravines Lafleur et Petit Ruisseau, dans le secteur du Chemin Tête Tunnel (commune de La Possession), à la suite de la crue du cyclone Garance ([13])

3.7.4 Dommages aux enjeux (infrastructures, habitations, etc.)

Les dommages aux enjeux observés dans le secteur du Chemin Tête Tunnel sont importants, affectant directement plusieurs habitations et infrastructures. Le charriage de matériaux a provoqué l'ensevelissement complet de plusieurs accès, la destruction d'ouvrages hydrauliques, et la détérioration de réseaux (AEP, télécoms, électricité). Ainsi d'après le rapport d'expertise du BRGM ([13]), les dommages aux habitations sont les suivants :

- Habitation n°1 (parcelle AC65) : maison totalement inondée (env. 1 m). Bien que le mur de berge en moellons ait résisté, la dalle en retrait s'est rompue et les remblais arrière ont été emportés.
- Habitation n°2 (non cadastrée) : située 30 m à l'aval sur la même berge, elle a été totalement rasée par les flux charriés en provenance de la ravine Petit Ruisseau. Le bâtiment en maçonnerie ordinaire a été pulvérisé par les blocs volumineux transportés.
- Habitation n°3b : l'ouvrage hydraulique (dalot) desservant la maison a été détruit. La voie d'accès a été ensevelie sous plusieurs mètres de matériaux.
- Habitation n°4 (parcelle AC2299) : désaffectée avant crue, elle a été totalement détruite. Son emprise est désormais recouverte de dépôts grossiers.
- Habitation n°5 (parcelle BL8) : R+1 en maçonnerie ordinaire, inondée au RDC (env. 1,5 m). Bien que l'intégrité structurelle ne soit pas compromise, les dépôts atteignent le seuil et posent un risque sérieux pour de futurs événements, d'autant plus que la maison est maintenant topographiquement en contrebas du niveau d'engravement.

Enfin, plusieurs véhicules ont été emportés par les eaux, et les réseaux d'infrastructure (eau potable, électricité, télécommunications) ont été endommagés.

3.7.5 Impacts hydromorphologiques (érosion, dépôts, embâcles, évolution du lit, etc.)

La crue de Garance a profondément modifié la morphologie des deux ravines. Le charriage massif de matériaux – évalué à environ 20 000 m³ selon le BRGM ([13]) – a totalement engravé les lits mineurs, en particulier à la confluence.

Dans la ravine Petit Ruisseau, les dépôts sont les plus spectaculaires : accumulation de blocs métriques à plurimétriques (formes anguleuses en amont, arrondies en aval), comblement total du bassin au pied de la chute d'eau (jusqu'à 5 m).

Dans la ravine Lafleur, le lit est partiellement comblé en amont, et totalement engravé entre les habitations n°2 et le Chemin Tête Tunnel. Le lit s'est exhausé localement de plus d'1 m. Des berges maçonnées ou en enrochement ont dans l'ensemble résisté, mais certaines dalles ou remblais attenants ont été emportés.

Les dépôts s'étalent sur une largeur de 50 mètres et une surface d'environ 1 hectare. En aval de la confluence, une zone d'accumulation massive s'est formée à la faveur du ralentissement des écoulements (effet de seuil hydraulique), favorisant la sédimentation de particules fines (boue sur plus de 50 cm au sol).

Aucun embâcle structurant n'a été constaté, mais des troncs et débris ligneux sont présents en faible proportion dans les dépôts.

Aucune trace évidente de glissements de terrain ou de cicatrices d'éboulement sur les versants amont des ravines Lafleur et Petit Ruisseau n'est visible sur les images satellitaires post-crués. Les matériaux grossiers observés en aval semblent ainsi provenir de stocks sédimentaires préexistants dans le lit des ravines, remobilisés par les hautes intensités de précipitations et la forte énergie spécifique des écoulements dans ce secteur à forte pente.

3.7.6 Particularités ou points remarquables

L'une des particularités les plus marquantes est la rupture brutale de pente entre les portions amont (pentes de 20 à 30%) et le cône alluvial (pentes entre 3 et 4%). Ce changement brutal favorise la décharge sédimentaire, entraînant l'engravement massif des lits, comme cela s'est produit lors du passage de Garance.

Autre point remarquable : la surcote marine couplée à la houle ($H_{max} \approx 10$ m mesurée à Sainte-Marie) a aggravé la situation en freinant l'évacuation des eaux, générant une retenue temporaire en amont du pont de la route du Littoral, ce qui a contribué à l'épanchement latéral sur les enjeux.

3.8 Ravine des Lataniers

3.8.1 Contexte hydrométéorologique du bassin versant

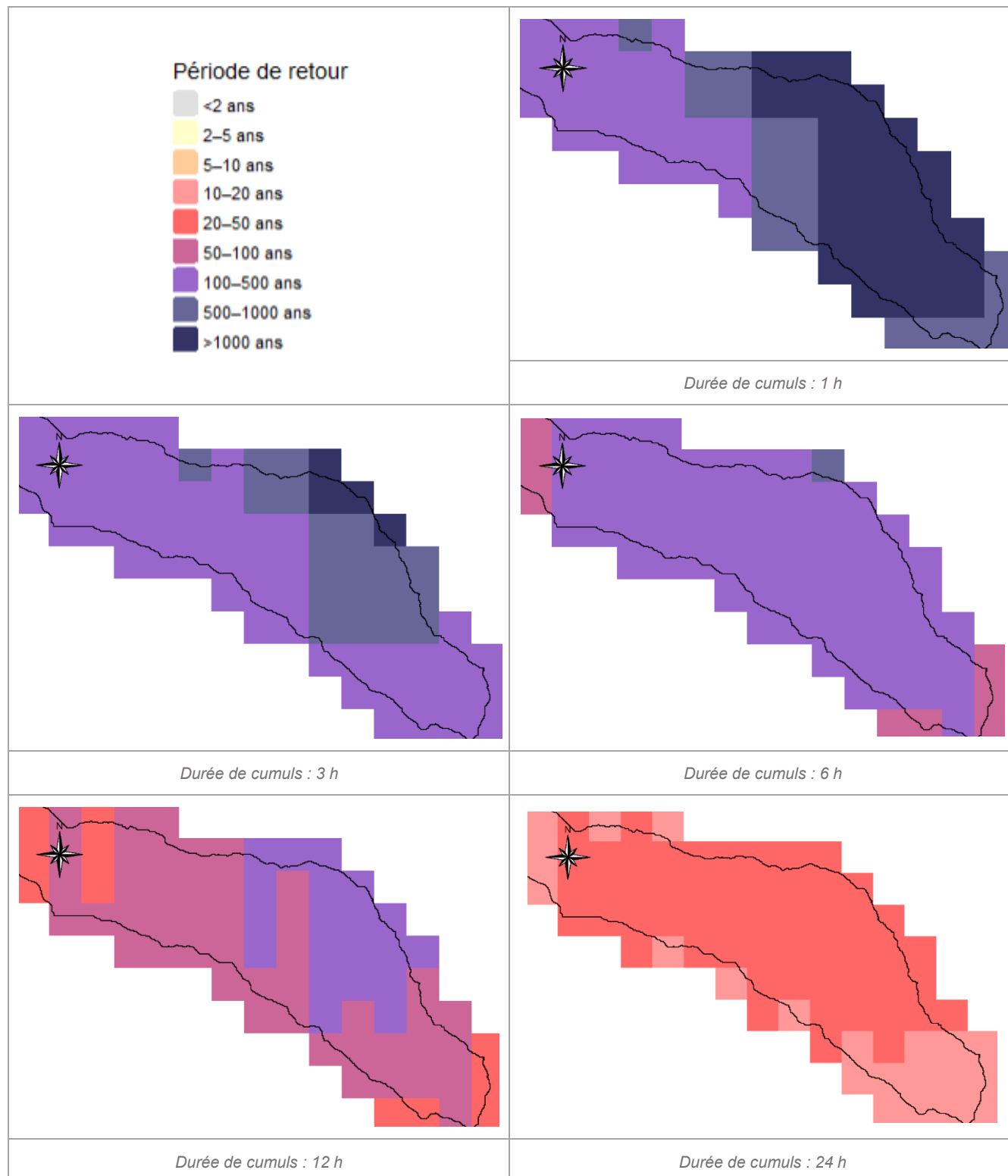


Figure 39 : Bassin versant de la ravine des Lataniers : carte des périodes de retour – cumul glissant sur 1h, 3h, 6h, 12h et 24h

La Figure 39 présente le croisement pixel par pixel entre les cumuls de pluie ANTILOPE et les références SHYREG et la Figure 40 montre l'évaluation globale à l'échelle du bassin versant, par comparaison des pluies moyennes de bassin aux valeurs SHYREG interpolées au centroïde : cf. paragraphe 2.1.1 pour plus de détails sur

l'établissement de ces croisements. En complément, le hyétogramme horaire de l'épisode à l'échelle du bassin est représenté à la Figure 41.

Le bassin versant de la ravine des Lataniers a été fortement sollicité durant l'épisode Garance, avec des cumuls horaires atteignant des niveaux de rareté exceptionnels sur les périodes courtes. À 1 h et 3 h, on observe des périodes de retour comprises entre 100 et 500 ans sur l'ensemble du bassin, avec des noyaux supérieurs à 1000 ans, particulièrement en partie amont. À 6 h, l'intensité reste marquée (TR entre 50 et 100 ans sur tout le bassin). Sur les durées de cumul plus longues, le signal s'uniformise : à 12 h et 24 h, les précipitations demeurent soutenues, avec des périodes de retour encore supérieures à 20 ans sur l'ensemble du bassin. Le hyétogramme montre une concentration remarquable des pluies entre 7 h et 9 h (jusqu'à 145 mm/h), expliquant l'empreinte marquée sur les périodes de retour de 1 à 6 h. La dissymétrie aval-amont est peu marquée ici : la distribution spatiale montre une sollicitation homogène du bassin.

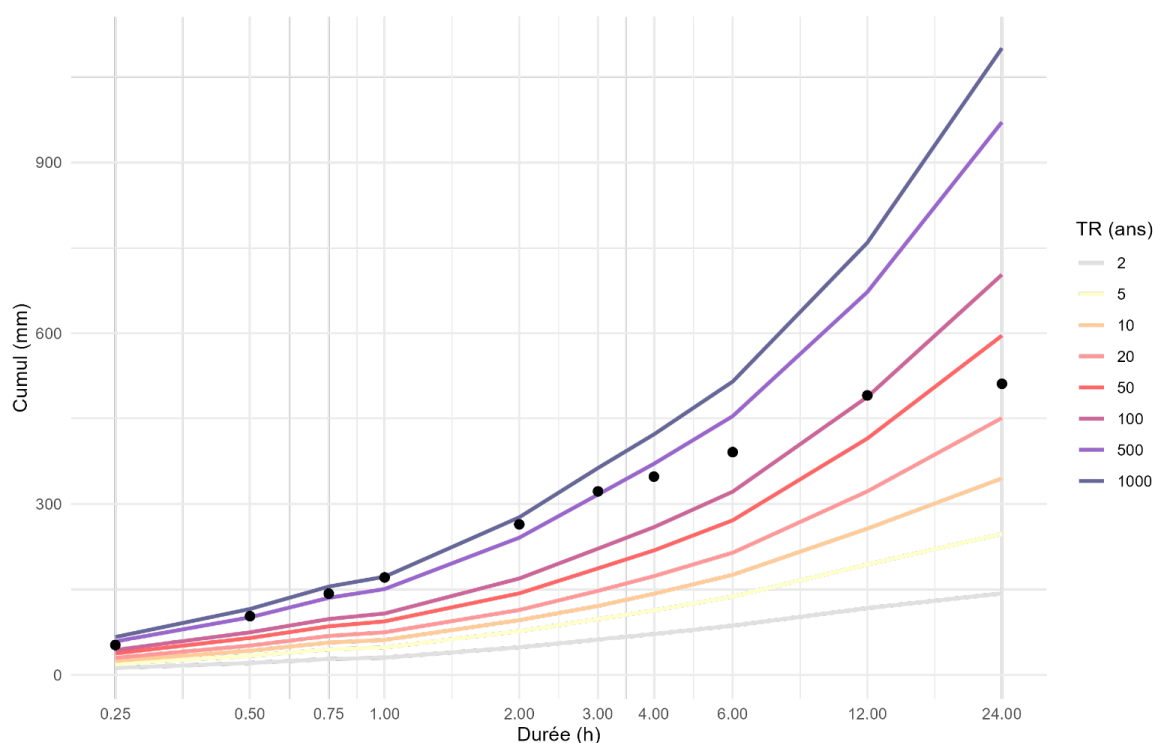


Figure 40 : Bassin versant de la ravine des Lataniers : Comparaison des cumuls de pluie de bassin et des quantiles SHYREG abattus (les points noirs représentent les cumuls maximaux glissants observés pour la pluie de bassin Antilope)

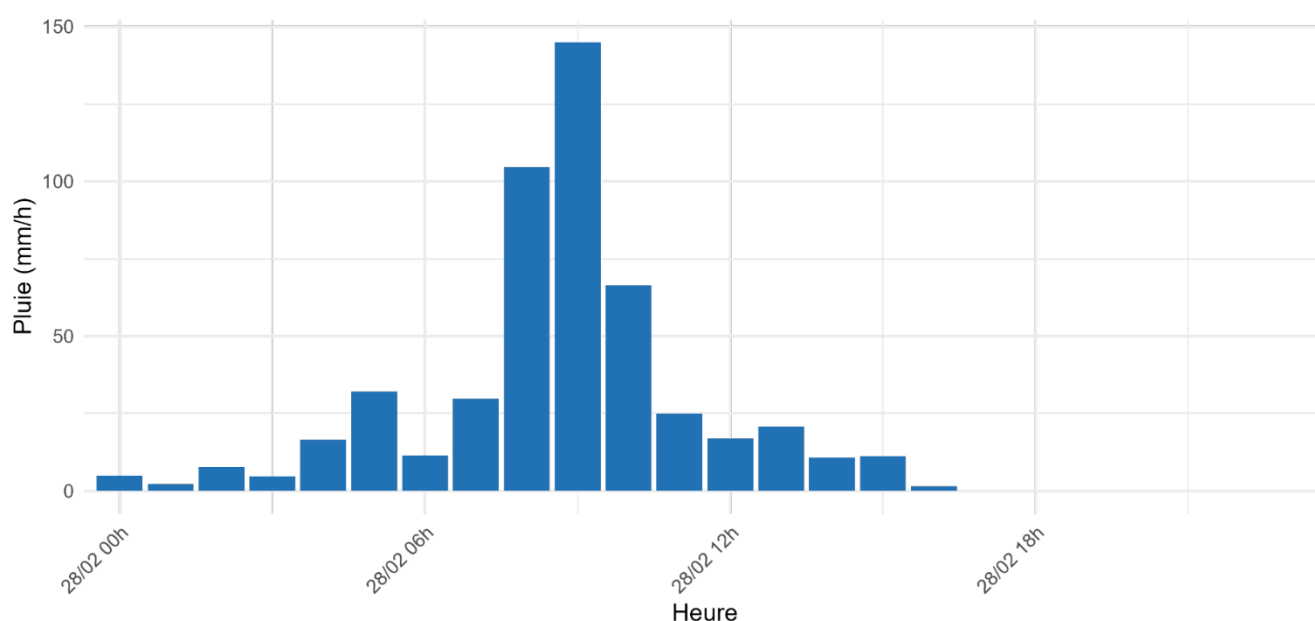


Figure 41 : Hyétogramme horaire du bassin versant de la ravine des Lataniers – cumul horaire des précipitations (mm/h) issu des données ANTILOPE (Météo-France) au pas de 15 minutes, agrégées à l'échelle horaire (heure UTC)

3.8.2 Caractéristiques des relevés de terrain effectués

71 relevés ont été réalisés au total sur la Grande Ravine des Lataniers (voir Figure 42 et Tableau 8). Les observations ont été effectuées depuis la zone médiane de la ravine (au bout du chemin des lataniers) jusqu'à l'embouchure.

Les relevés sont majoritairement hydromorphologiques, avec de nombreuses observations d'érosion, de dépôts et de laisses de crue, parfois accompagnées de mesures de hauteur d'eau. Bien que peu mentionnés explicitement, les flottants sont attestés dans de nombreuses observations.

Enfin, 11 relevés documentent directement des dommages ou impacts sur les enjeux, qu'il s'agisse de maisons sous-cavées, de remblais déstabilisés, de clôtures ensevelies, ou de réseaux potentiellement touchés. Ces constats sont concentrés principalement en rive gauche dans le secteur du chemin des Lataniers, où la ravine a divagué en-dehors de son lit actif pour envahir des zones bâties situées en fond de vallée.

Type d'observation	Nbre
Relevés totaux	71
Observations hydromorphologiques	35
Mesures de ligne de charge (avec cote)	8
Laisses de crue sans mesure	3
Granulométrie / Blocométrie	6
Description flottants	3
Dommages/impacts sur les enjeux	11
Observations simples (description sans impact)	5

Tableau 8 Relevés de terrain effectués sur la Grande Ravine des Lataniers



Figure 42 : Cartographie des relevés de terrain effectués sur la Grande Ravine des Lataniers

3.8.3 Débordements et ruissellements

Plusieurs indices de débordement latéral sont visibles, notamment en rive gauche dans le secteur du chemin des Lataniers, avec :

- formation de bras secondaires ayant emprunté des anciennes voies ou terrasses alluviales enherbées,
- des laisses de crue marquant l'extension latérale du flux jusqu'à proximité des habitations.

La largeur de la zone inondée dans le fond de vallée dépasse par endroits plusieurs dizaines de mètres, ce qui témoigne d'un débordement en lit majeur.

3.8.4 Dommages aux enjeux (infrastructures, habitations, etc.)

Les relevés ont mis en évidence plusieurs dommages significatifs sur les enjeux situés à proximité immédiate de la Grande Ravine des Lataniers, dont des maisons directement affectées par une érosion de berge, provoquant un sous-cavage partiel de la structure. Dans la zone médiane de la ravine, des murs, clôtures et remblais ont été partiellement ensevelis sous les matériaux charriés. Par ailleurs, certains accès routiers et piétons ont été obstrués ou détériorés par des dépôts latéraux importants.

Ces constats soulignent l'ampleur des impacts localisés sur les biens, et justifient la réalisation d'un recensement exhaustif et une cartographie des dommages subis par les habitations et les aménagements bordant la ravine.

3.8.5 Impacts hydromorphologiques (érosion, dépôts, embâcles, évolution du lit, etc.)

La crue torrentielle survenue lors de l'épisode Garance a profondément remodelé la Grande Ravine des Lataniers. Dotée d'un pouvoir érosif particulièrement élevé, elle a mobilisé une très grande quantité de matériaux solides, conduisant à un engravement ou, localement, à une érosion massive du lit actif, atteignant parfois plusieurs mètres de profondeur ou d'épaisseur selon les secteurs.

Le lit a connu une divagation marquée, avec l'apparition de bras secondaires (réactivation d'anciennes terrasses alluviales) et par endroit, une redistribution des écoulements sur l'ensemble du lit majeur. Ces évolutions traduisent une rupture du confinement anthropique du lit occupé sur une grande largeur de façon anarchique en fond de vallée (cf. clichés comparatifs avant/après crue). La Figure 43 met en évidence les effets de la crue sur deux secteurs clés de la Grande Ravine des Lataniers. Dans sa partie supérieure, elle illustre le secteur résidentiel du chemin des Lataniers, représentatif de la vulnérabilité d'une zone d'extension urbaine implantée en lit majeur : on y observe une importante divagation du lit, des dépôts massifs de matériaux et des atteintes directes aux habitations en rive gauche. En partie inférieure, la figure montre le secteur aval, contraint par des aménagements hydrauliques, où la crue a entraîné un recalibrage brutal du lit.

Secteur résidentiel « chemin des lataniers » – zone d'extension urbaine en lit majeur



Secteur aval canalisé de la Grande Ravine des Lataniers – zone d'embouchure littorale



Figure 43 : Comparatif avant/après crue Garance (28 février 2025) – Grande Ravine des Lataniers : vues aériennes illustrant les impacts hydromorphologiques majeurs sur deux secteurs de la ravine

Les zones d'érosion et de dépôt coexistent au sein d'un lit très dynamique : certains tronçons ont été profondément incisés, alors que d'autres se sont trouvés entièrement remblayés, avec des hauteurs de dépôt allant de quelques dizaines de centimètres à plusieurs mètres.

Les traces de lignes de charge relevées sur place attestent d'une hauteur d'eau particulièrement élevée, en cohérence avec les débordements latéraux observés dans plusieurs zones. Ces éléments confirment la violence de la crue, dont les effets ont été exacerbés par la configuration topographique.

3.8.6 Particularités ou points remarquables

- Extrusion de blocs vers l'extérieur du lit, parfois bloqués dans des racines ou poussés contre des talus (voir Figure 44). La configuration des dépôts observés, notamment leur organisation en merlons latéraux et leur aspect massif, pourrait témoigner d'un charriage hyperconcentré, caractérisé par une forte proportion de matériaux solides par rapport à la charge liquide. À défaut d'éléments d'analyse plus poussés, on peut à ce stade qualifier cette dynamique de charriage particulièrement intense, traduisant une énergie de transport élevée et une mobilisation importante de matériaux grossiers. Toutefois, deux autres hypothèses peuvent être envisagées à l'observation du site : d'une part, l'hypothèse d'un

terrassément post-crue dans le lit, visant à réouvrir un chenal d'écoulement, ce qui expliquerait la relative planéité du fond et la disposition en merlons des blocs repoussés latéralement. D'autre part, une autre possibilité serait celle d'une dynamique naturelle marquée par une première phase de dépôt massif lors du pic de crue, suivie d'une phase d'érosion partielle qui aurait réaffouillé le fond du lit tout en laissant les dépôts grossiers en bordure.

- Des chicanes naturelles formées par la végétation ont favorisé des dépôts localisés et des déviations de flux, jouant un rôle d'amplification des dépôts.



Figure 44 : Grande ravine des Lataniers : Extrusion latérale de blocs en rive droite en amont de la zone endiguée (photos : CEREMA).

3.9 Ravine à Marquet

3.9.1 Contexte hydrométéorologique du bassin versant

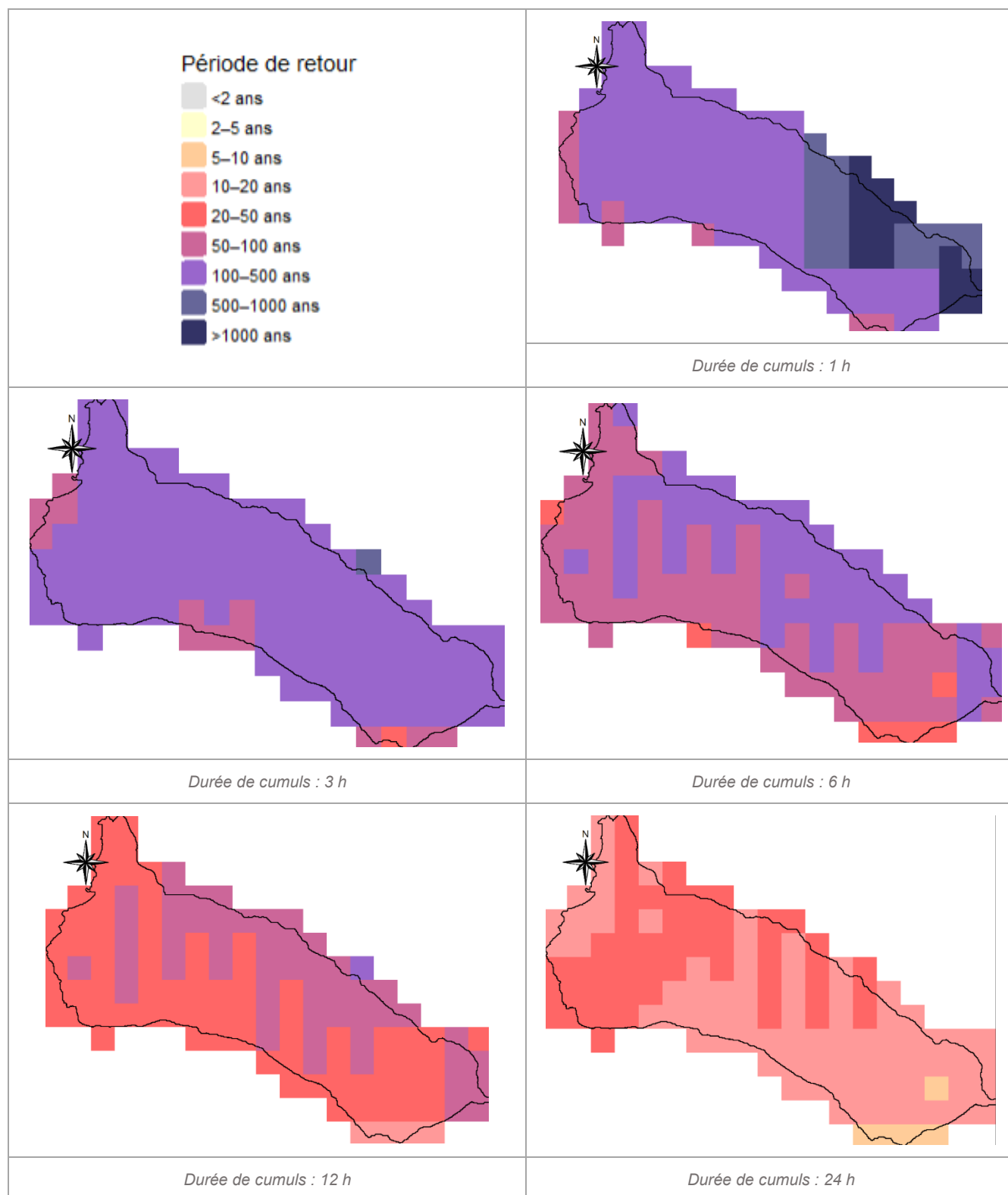


Figure 45 : Bassin versant de la ravine à Marquet : carte des périodes de retour – cumul glissant sur 1h, 3h, 6h, 12h et 24h

La Figure 45 présente le croisement pixel par pixel entre les cumuls de pluie ANTILOPE et les références SHYREG et la Figure 46 montre l'évaluation globale à l'échelle du bassin versant, par comparaison des pluies moyennes de bassin aux valeurs SHYREG interpolées au centroïde : cf. paragraphe 2.1.1 pour plus de détails sur

l'établissement de ces croisements. En complément, le hyétogramme horaire de l'épisode à l'échelle du bassin est représenté à la Figure 47.

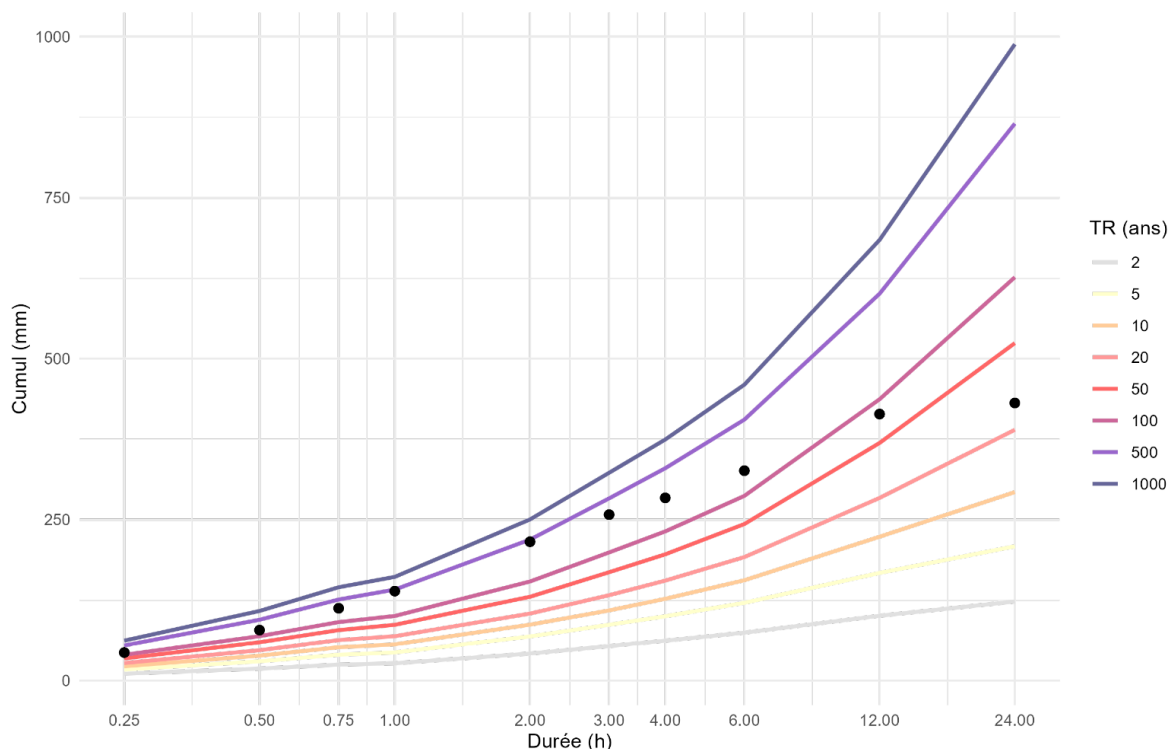


Figure 46 : Bassin versant de la ravine à Marquet : Comparaison des cumuls de pluie de bassin et des quantiles SHYREG abattus (les points noirs représentent les cumuls maximaux glissants observés pour la pluie de bassin Antilope)

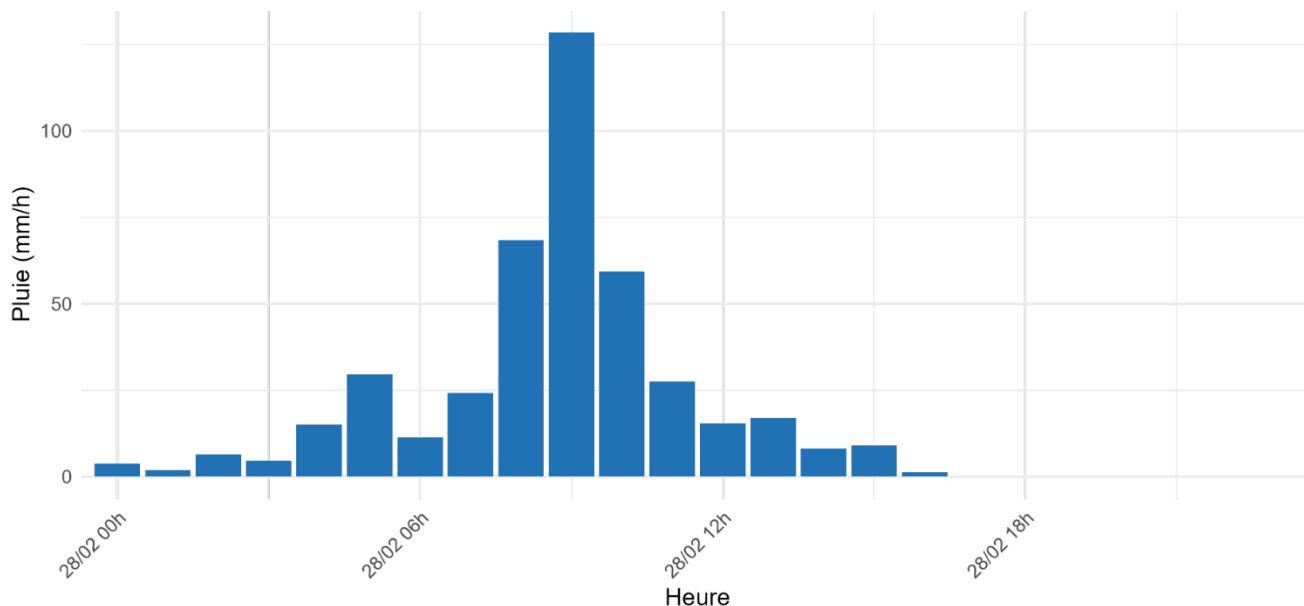


Figure 47 : Hyétogramme horaire du bassin versant de la ravine à Marquet – cumul horaire des précipitations (mm/h) issu des données ANTILOPE (Météo-France) au pas de 15 minutes, agrégées à l'échelle horaire (heure UTC)

Le bassin versant de la ravine à Marquet a été fortement impacté par les pluies du 28 février, avec une intensité marquée sur les durées courtes. Sur 1h, les périodes de retour dépassent les 500 ans dans la partie amont, atteignant même localement plus de 1000 ans, tandis que l'aval du bassin est déjà au-dessus de 100 ans. À 3h, cette intensité exceptionnelle s'étend, avec une large portion du bassin entre 100 et 500 ans. Les durées de 6h montrent un impact toujours marqué sur l'ensemble du bassin, avec des niveaux compris entre 50 et 500 ans. En revanche, on observe un affaiblissement net à 24h où les valeurs chutent en majorité sous les 20 ans. Ce basculement s'explique par un épisode très concentré dans le temps, comme le montre le hyétogramme, avec un pic de précipitations atteignant 120 mm/h peu avant 9h. Comme pour les autres bassins versants étudiés,

l'essentiel de la pluie est tombé en moins de 6h, ce qui explique le caractère exceptionnel des périodes de retour sur des faibles durées de cumuls.

3.9.2 Caractéristiques des relevés de terrain effectués

17 relevés ont été réalisés au total sur la ravine à Marquet dans le secteur de confluence avec la ravine Balthazar entre le pont du chemin Bœuf Mort jusqu'à l'aval immédiat du pont de la RN1 (voir Figure 48 et Tableau 9). Ces observations ont principalement porté sur la dynamique sédimentaire et les niveaux de crue, avec plusieurs mesures de ligne de charge et des clichés granulométriques documentés.

Type d'observation	Nombre
Relevés totaux	17
Observations hydromorphologiques	8
Mesures de ligne de charge (avec cote)	4
Laisses de crue sans mesure	0
Granulométrie / Blocométrie	1
Description de flottants	1
Dommages/impacts sur les enjeux	3
Observations simples (description sans impact)	0

Tableau 9 Relevés de terrain effectués sur la ravine à Marquet

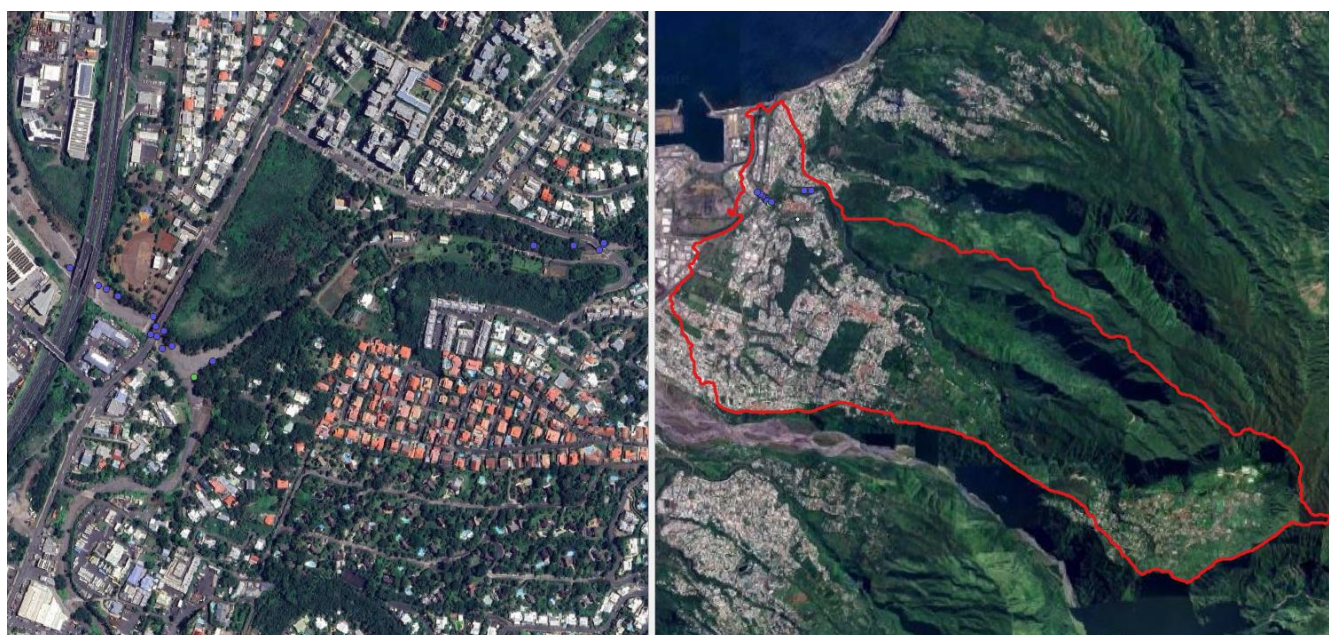


Figure 48 : Cartographie des relevés de terrain effectués sur la ravine à Marquet

3.9.3 Débordements et ruissellements

Aucun débordement significatif n'a été observé sur le tronçon visité de la ravine à Marquet, situé en aval du pont du chemin du Bœuf Mort. L'encaissement naturel du lit et la relative absence d'obstacles hydrauliques à proximité des zones habitées semblent avoir limité les débordements latéraux.

3.9.4 Dommages aux enjeux (infrastructures, habitations, etc.)

Sur la portion investiguée, aucun dommage particulier n'a été relevé sur les infrastructures ou les constructions riveraines. Les protections de berges en enrochements libres ou maçonnés ont globalement bien tenu face à la

crue. Le passage en pont de la RN1 n'a pas montré de signe d'affouillement majeur ou de perte de fonctionnalité. Aucun ouvrage hydraulique ou équipement public n'a été identifié comme endommagé.

3.9.5 Impacts hydromorphologiques (érosion, dépôts, embâcles, évolution du lit, etc.)

La crue du cyclone Garance a toutefois laissé une empreinte marquée dans le lit de la ravine. Des dépôts significatifs de galets et de matériaux fins ont été observés. Les relevés de hauteur de ligne d'eau (ou de ligne de charge) sont importants au regard du gabarit hydraulique des tronçons inspectés.

Au niveau de la confluence avec la ravine Balthazar, plusieurs faciès granulométriques ont été relevés, traduisant une organisation latérale des matériaux typique d'un régime torrentiel. La dynamique d'écoulement semble avoir favorisé l'épandage de dépôts successifs, avec localement la présence de niveaux grossiers surmontés de sables ou graviers (dépôts de fin de crue). Aucun embâcle majeur n'a été identifié, mais des traces de dépôts ligneux ont été repérées en pied d'appuis intermédiaires et sur les arbres en travers de l'écoulement.

3.10 Ravine Bernica et zone de l'étang

3.10.1 Contexte hydrométéorologique du bassin versant

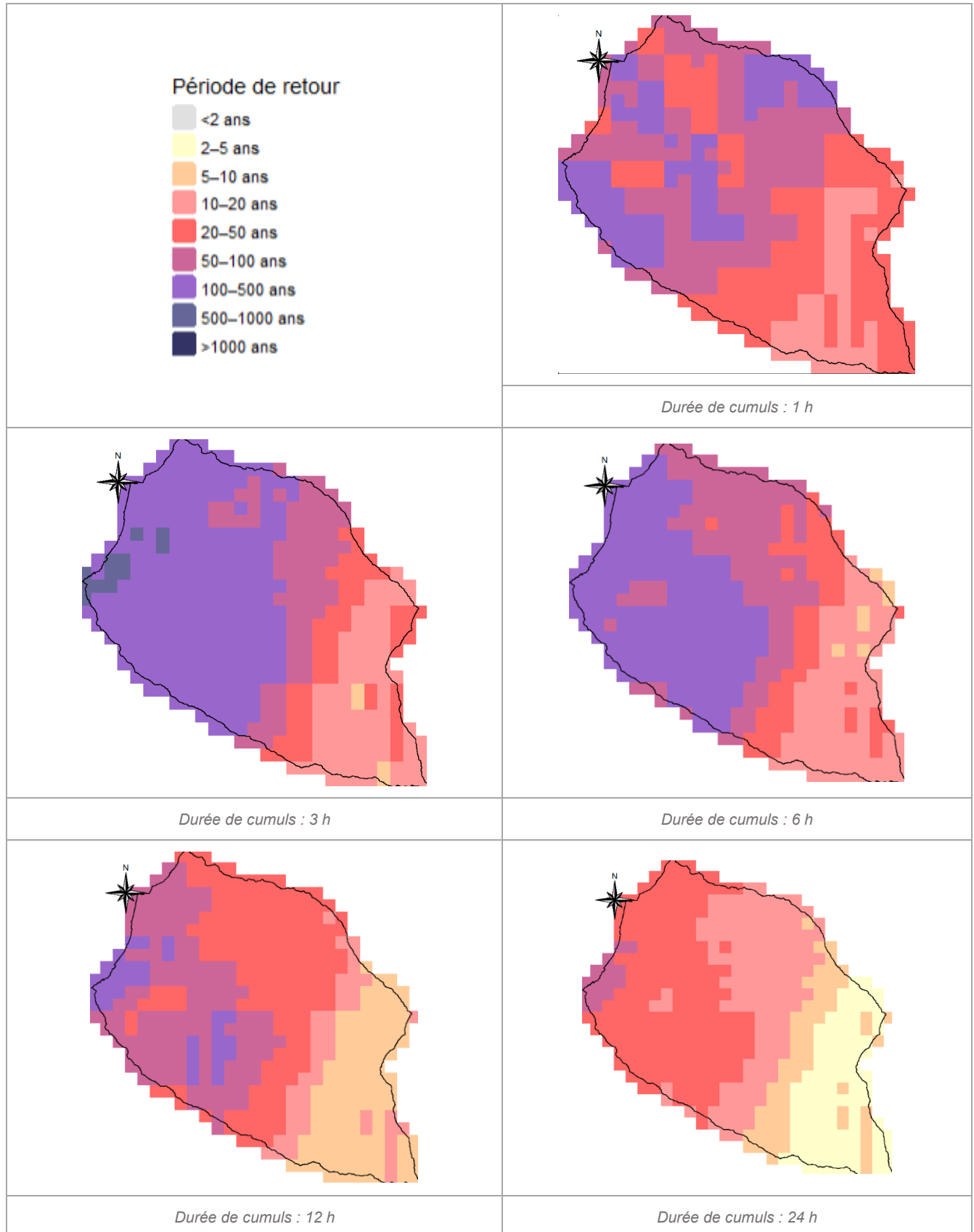


Figure 49 : Bassin versant de l'étang Saint-Paul : carte des périodes de retour – cumul glissant sur 1h, 3h, 6h, 12h et 24h

La Figure 49 présente le croisement pixel par pixel entre les cumuls de pluie ANTILOPE et les références SHYREG et la Figure 50 montre l'évaluation globale à l'échelle du bassin versant, par comparaison des pluies moyennes de bassin aux valeurs SHYREG interpolées au centroïde : cf. paragraphe 2.1.1 pour plus de détails sur l'établissement de ces croisements. En complément, le hyétogramme horaire de l'épisode à l'échelle du bassin est représenté à la Figure 51.

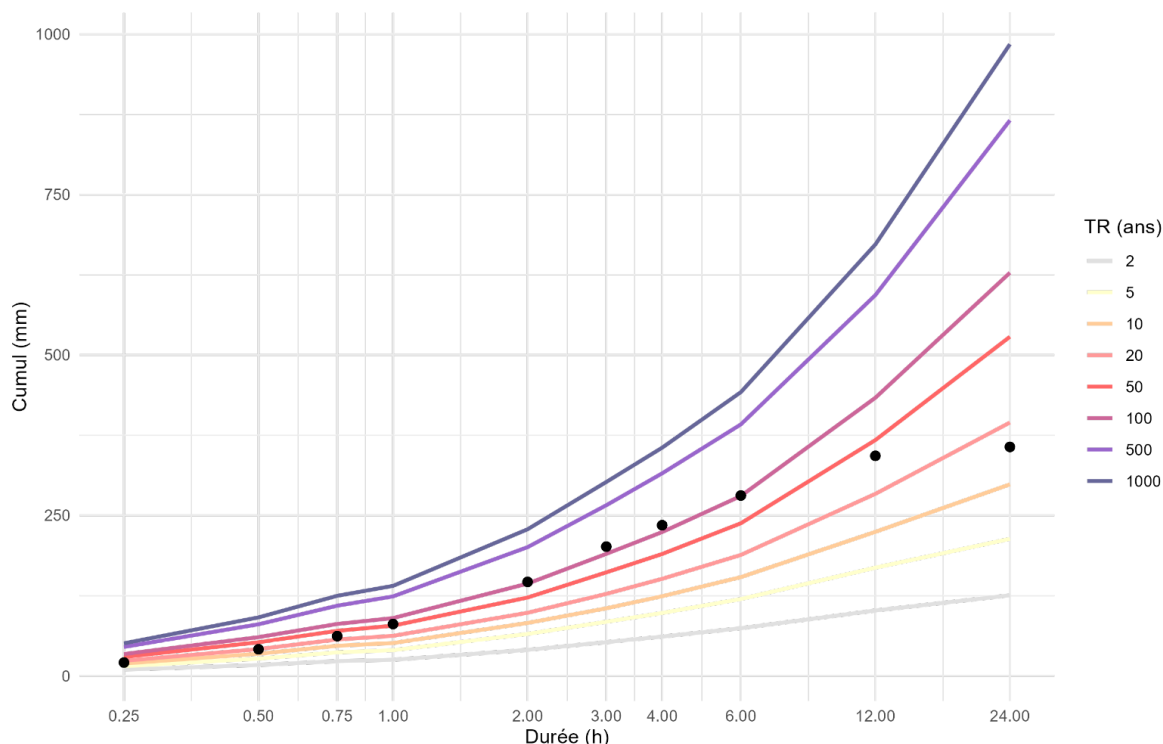


Figure 50 : Bassin versant de l'étang Saint-Paul: Comparaison des cumuls de pluie de bassin et des quantiles SHYREG abattus (les points noirs représentent les cumuls maximaux glissants observés pour la pluie de bassin Antilope)

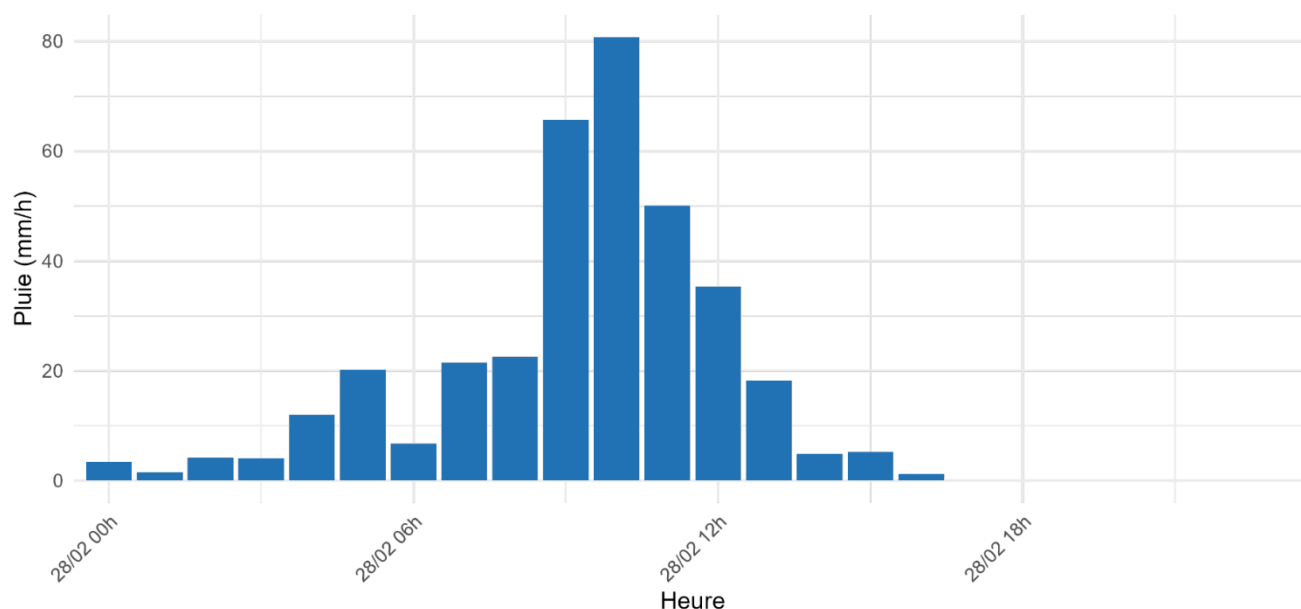


Figure 51 : Hyétogramme horaire du bassin versant de l'étang Saint-Paul – cumul horaire des précipitations (mm/h) issu des données ANTILOPE (Météo-France) au pas de 15 minutes, agrégées à l'échelle horaire (heure UTC)

Sur le bassin versant de l'Étang Saint-Paul, l'analyse spatio-temporelle des cumuls de pluie fait apparaître là-encore une forte intensité pluviométrique sur les périodes courtes, notamment pour les cumuls sur 1 à 6 heures, avec des périodes de retour comprises entre 20 et 100 ans sur une grande partie du bassin, voire supérieures à 100 ans ponctuellement dès 3 heures sur la zone médiane et aval du bassin. Ces fortes intensités sont cohérentes avec l'hyétogramme, qui montre un pic marqué de plus de 80 mm/h autour de 13h00 et 14h00 HL. Au-delà de 6 heures, l'aléa pluviométrique diminue progressivement : les périodes de retour repassent sous le seuil de 50 ans à 12 h sur la moitié est, puis sous les 20 ans à 24 h, avec un gradient aval/amont bien marqué. Spatialement, la

moitié nord-ouest du bassin (ravine Bernica notamment) reste la plus exposée, en lien probable avec l'orientation des flux cycloniques au moment de l'événement.

3.10.2 Caractéristiques des relevés de terrain effectués

Les investigations de terrain réalisées par le Cerema dans la zone de l'Étang Saint-Paul ont principalement porté sur la ravine Bernica, en raison du temps limité disponible lors de la mission de reconnaissance. Dix-sept observations ont été effectuées sur ce cours d'eau, avec un focus sur l'analyse hydromorphologique et la caractérisation des laisses de crue (voir Tableau 10 et Figure 52). Ces relevés ont permis d'identifier les principales dynamiques d'écoulement à l'aval des gorges et au droit de la traversée de la RD5, ainsi que les hauteurs atteintes par la ligne d'eau (ligne de charge).

Type d'observation	Nombre
Relevés totaux	17
Observations hydromorphologiques	8
Mesures de ligne de charge (avec cote)	4
Laisses de crue sans mesure	0
Granulométrie / Blocométrie	1
Description de flottants	1
Domages/impacts sur les enjeux	3
Observations simples (description sans impact)	0

Tableau 10 Relevés de terrain effectués sur la ravine Bernica



Figure 52 : Cartographie des relevés de terrain effectués sur la ravine Bernica (et zone de l'étang de manière annexe)

À ce jour, la zone de l'étang proprement dite n'a pu faire l'objet que d'un repérage à distance, malgré des indices visibles sur les images satellites comparant l'état avant et après crue (voir photos en annexe). Une reconnaissance complémentaire serait nécessaire autour de l'exutoire des ravines secondaires (ravine Divon, ravine Renaud, ravine Tête Dure...), ainsi qu'au droit de la ravine de la Plaine, en amont et en aval de la route digue, notamment dans le secteur du stade.

Par ailleurs, aucune donnée de terrain issue de la campagne post-crue menée par la DEAL n'a encore été récupérée sur ce secteur à ce stade du retour d'expérience. Des échanges avec les riverains, ainsi que la recherche de témoignages ou de supports photographiques ou vidéo (en particulier au niveau du stade, de la RN1 et de la route digue), sont également à envisager pour compléter l'analyse.

3.10.3 Débordements et ruissellements

La crue liée au passage de Garance a engendré une réaction importante de la ravine Bernica avec, en sortie de gorges, une expansion significative des écoulements dans la zone de l'étang. Plusieurs indices de débordement ont été identifiés, notamment des laisses de crue sur les arbres et des traces de submersion localisées en rive gauche, jusqu'au niveau des remblais routiers ouest. En rive droite, l'expansion latérale s'est étendue jusqu'au chemin de la ravine Bernica avec des laisses de crues sur les clôtures grillagées des habitations. L'ouvrage de franchissement de la RD5 a été submergé avec des dommages visibles sur les garde-corps. En aval du pont de la RD5, les écoulements se sont diffusés jusqu'au chemin des Tours des Roches en rive droite. L'étendue exacte des débordements dans le secteur de Grande Fontaine reste à préciser et nécessite des investigations complémentaires.

3.10.4 Dommages aux enjeux (infrastructures, habitations, etc.)

En rive gauche, à la sortie des gorges, les clôtures d'habitations ont été endommagées avec une extension des écoulements jusqu'à proximité immédiate des propriétés riveraines (voir encadré rouge sur la Figure 53). Ce secteur a également été marqué par l'empot d'un véhicule au niveau du coude de la ravine Bernica, en rive gauche, témoignant d'une dynamique de crue particulièrement intense ((voir encadré rouge sur la Figure 53). Par ailleurs, des doutes subsistent quant à d'éventuels impacts directs sur les habitations situées en rive droite de la « ravine Bernica / Canal d'en-travers », notamment dans les quartiers de Grande Fontaine et Bouillon. Des investigations complémentaires ainsi que la collecte de témoignages et de documents (photos, vidéos) seront nécessaires pour préciser les limites de l'inondation et mieux caractériser l'ampleur des impacts sur les enjeux. Enfin, des dommages significatifs ont été observés sur l'infrastructure routière, notamment au niveau du pont de la RD5, dont les garde-corps ont été arrachés, traduisant une hauteur d'eau importante et une forte charge hydraulique au plus fort de la crue.



Figure 53 : À gauche : amas de débris végétaux et matériaux contre une clôture qui a cédée en partie. À droite : voiture emportée en rive gauche au niveau du coude Ravine Bernica / Canal d'en-travers..

3.10.5 Impacts hydromorphologiques (érosion, dépôts, embâcles, évolution du lit, etc.)

Les gorges situées à l'amont du tronçon visité de la ravine Bernica se caractérisent par une activité morphodynamique relativement contenue. Bien que des indices d'érosion et de dépôt y soient observables, ils restent relativement limités en comparaison d'autres ravines réunionnaises fortement impactées. Dans ce tronçon encaissé, les blocs grossiers semblent en grande partie en place, suggérant une remobilisation faible du transport solide, vraisemblablement liée à une forte rugosité et à une pente localement plus modérée.

La présence, immédiatement en amont de la zone observée, d'une cascade naturelle formant un important seuil géomorphologique joue un rôle clé dans le contrôle du transit sédimentaire. Ce point de contrôle bloque une partie significative du transport solide et des flottants, comme en attestent les accumulations notables de débris végétaux visibles en pied de cascade. Ce dispositif naturel participe ainsi à la limitation des impacts hydromorphologiques en aval en amortissant l'intensité du flux torrentiel.

En sortie des gorges, la partie aval s'est comportée comme une zone d'expansion et de dissipation d'énergie avec des faciès d'épandage peu structurés.

Réunion : retour d'expériences suite au passage du cyclone Garance

Phase 1 : Reconnaissances terrain et premières analyses post-cyclone

Juillet 2025

3.10.6 Particularités ou points remarquables

L'analyse diachronique des images avant/après crue met en évidence une inondation temporaire de la zone de l'étang avec stagnation des eaux, coloration brune marquée dans les canaux de drainage et forte charge en matière en suspension (voir Figure 54). Le secteur offre ainsi un bon exemple de zone d'expansion active des crues et de dissipation morphodynamique en aval de bassin versant au relief marqué.

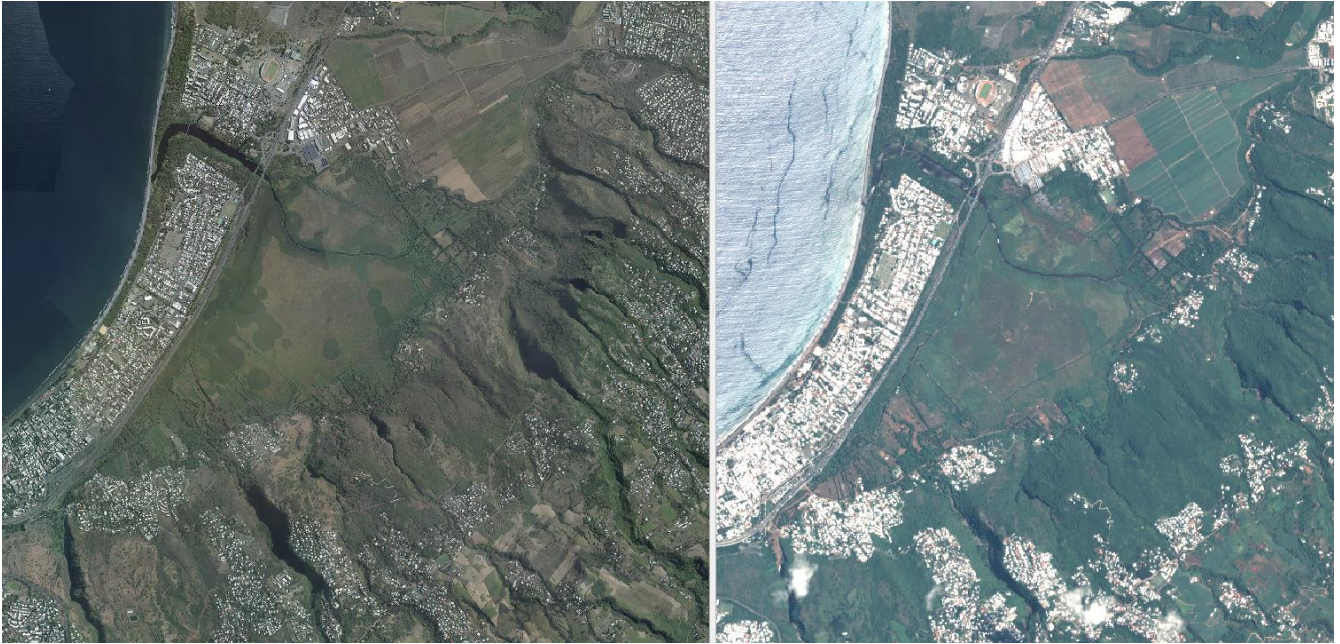


Figure 54 : Zone de l'étang (vues aériennes) : avant (gauche) / après (droite) la crue Garance

3.11 Ravine Saint-Gilles

3.11.1 Contexte hydrométéorologique du bassin versant

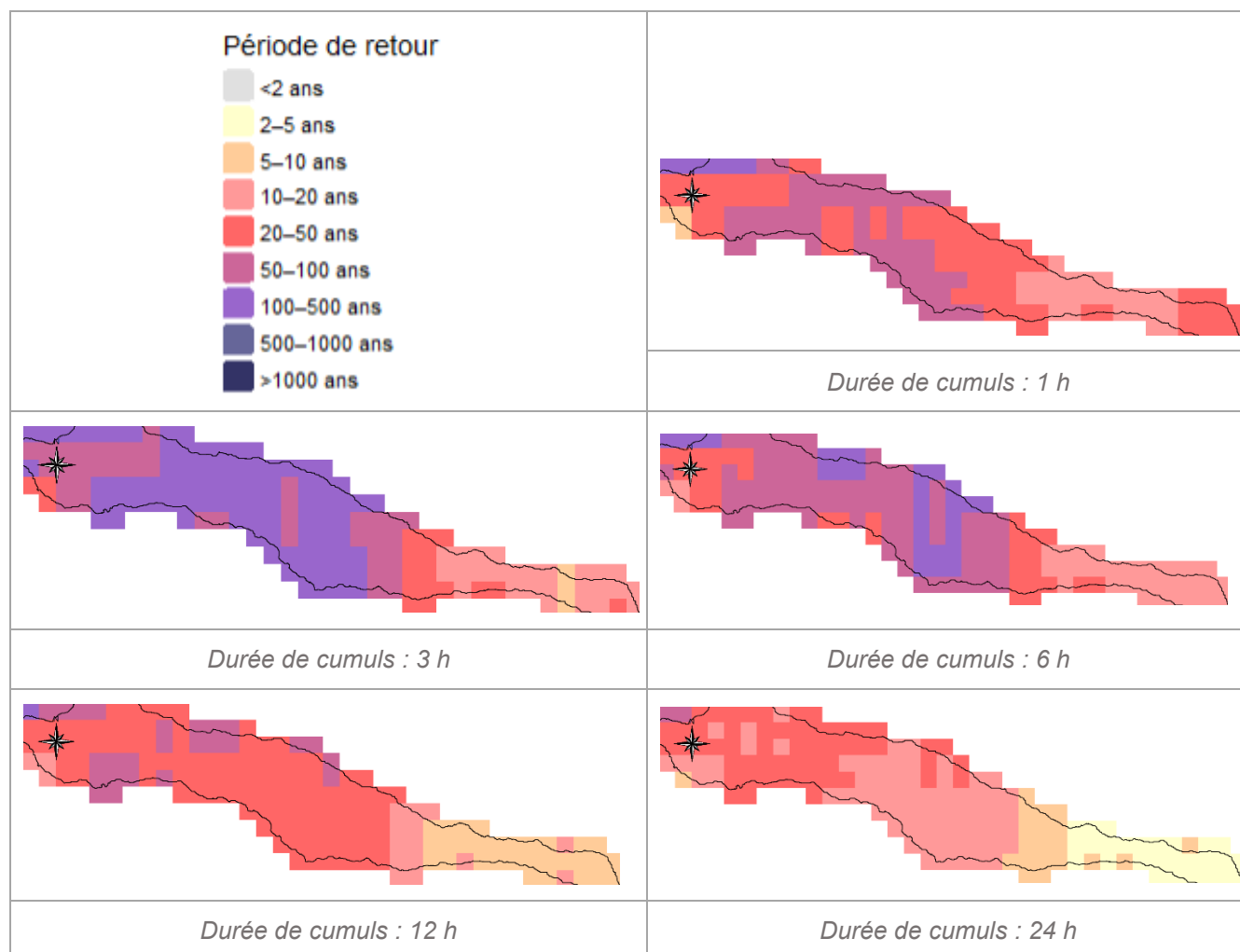


Figure 55 : Bassin versant de la ravine Saint-Gilles : carte des périodes de retour – cumul glissant sur 1h, 3h, 6h, 12h et 24h

La Figure 55 présente le croisement pixel par pixel entre les cumuls de pluie ANTILOPE et les références SHYREG et la Figure 56 montre l'évaluation globale à l'échelle du bassin versant, par comparaison des pluies moyennes de bassin aux valeurs SHYREG interpolées au centroïde : cf. paragraphe 2.1.1 pour plus de détails sur l'établissement de ces croisements. En complément, le hyétogramme horaire de l'épisode à l'échelle du bassin est représenté à la Figure 57.

Le bassin versant de la ravine Saint-Gilles a été exposé à des pluies intenses durant l'épisode cyclonique, avec une intensité horaire marquée entre 9h et 11h UTC (jusqu'à 70 mm/h). L'analyse spatio-temporelle montre que les périodes de retour les plus élevées sont atteintes principalement pour les durées courtes (1 à 6 h), avec des niveaux souvent supérieurs à 50 ans dans la moitié aval et centrale du bassin, jusqu'à 100 ans localement pour 3 h. À 12 h, l'intensité reste significative (TR 20–50 ans) sur la même zone, tandis qu'à 24 h, la majorité du bassin retombe en-dessous de 20 ans, voire entre 5 et 10 ans sur l'aval, illustrant là-encore un épisode concentré dans le temps.

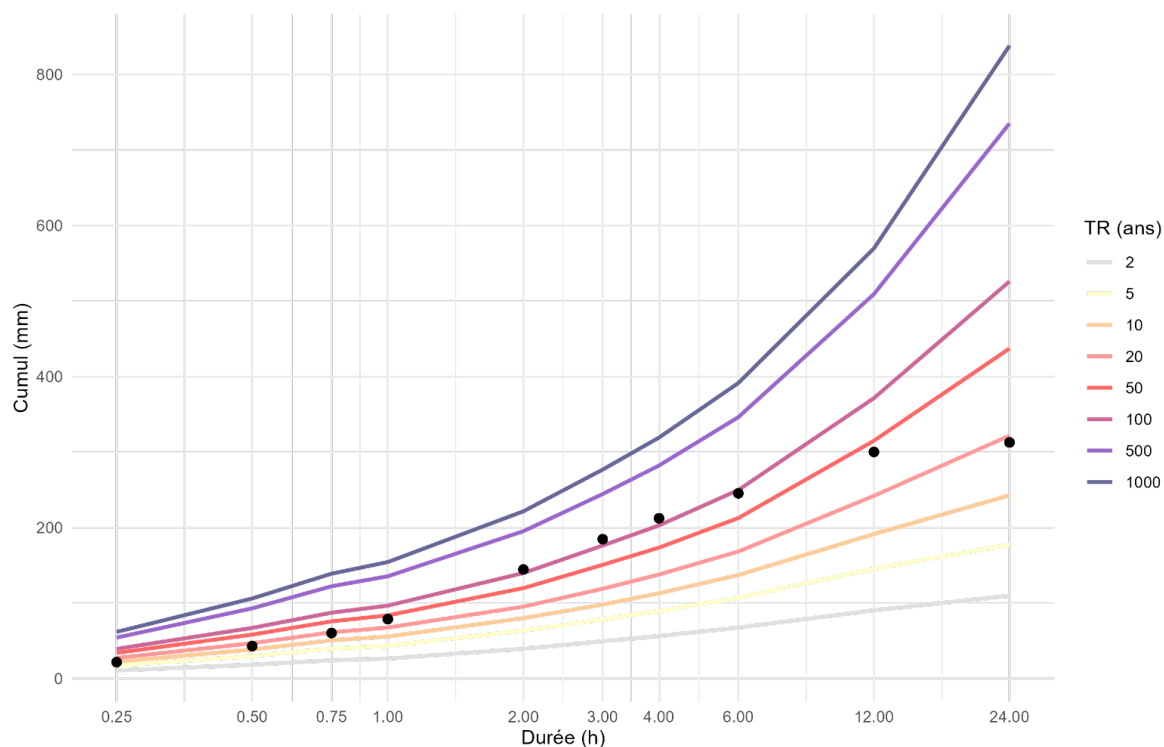


Figure 56 : Bassin versant de l'étang Saint-Paul: Comparaison des cumuls de pluie de bassin et des quantiles SHYREG abattus (les points noirs représentent les cumuls maximaux glissants observés pour la pluie de bassin Antilope)

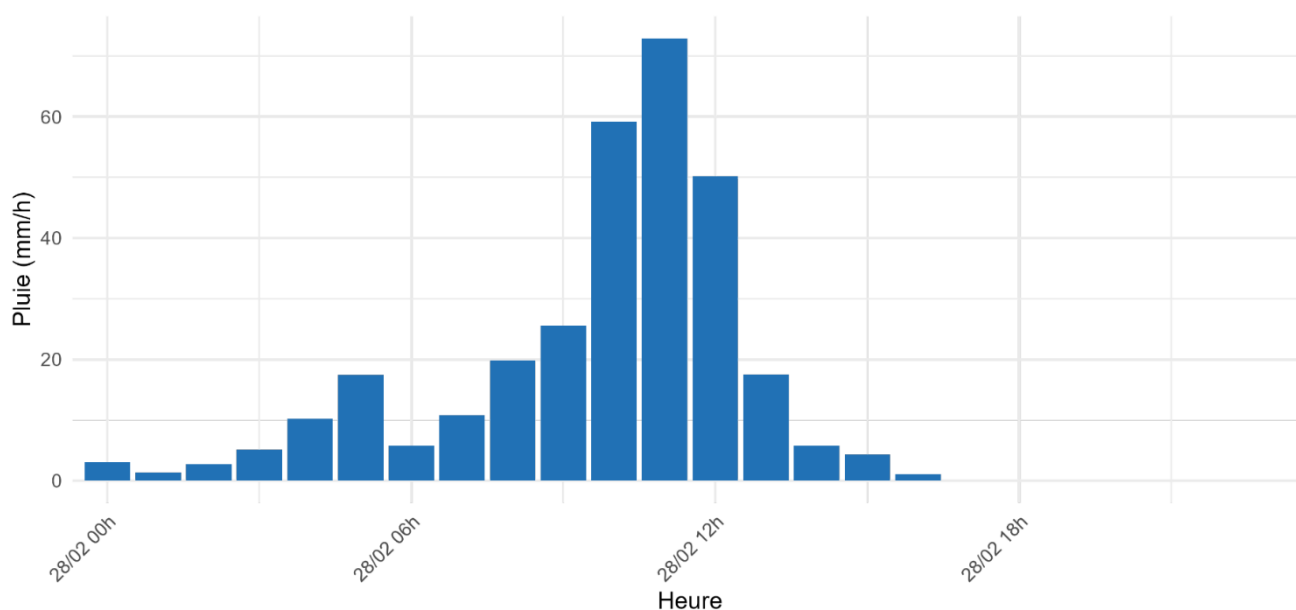


Figure 57 : Hyétogramme horaire du bassin versant de la ravine Saint-Gilles – cumul horaire des précipitations (mm/h) issu des données ANTILOPE (Météo-France) au pas de 15 minutes, agrégées à l'échelle horaire (heure UTC)

3.11.2 Caractéristiques des relevés de terrain effectués

Les relevés réalisés sur la ravine Saint-Gilles se sont concentrés sur la partie amont et médiane du bassin versant, en particulier en sortie de zones naturelles et en entrée des secteurs urbanisés (voir Figure 58 et Tableau 11). Ce choix s'explique par l'intervention antérieure de la DEAL Réunion, qui a mené une reconnaissance post-crise dans le centre-ville de Saint-Gilles immédiatement après l'épisode Garance. À ce stade, les données de la DEAL n'ont pas encore pu être récupérées, ce qui limite l'analyse pour l'aval du bassin.

Le complément d'investigation sur le centre-ville reste nécessaire, au vu des impacts significatifs observés sur les images satellites post-crise et les nombreuses vidéos et photos circulant sur les réseaux sociaux. Ces éléments

témoignent d'importants débordements, d'une mise en charge et de la destruction du pont sur la RN2001 et d'inondations dans plusieurs rues du centre. Une documentation plus fine sera donc à intégrer ultérieurement.

Type d'observation	Nombre
Relevés totaux	18
Observations hydromorphologiques	8
Mesures de ligne de charge (avec cote)	5
Laisses de crue sans mesure	0
Granulométrie / Blocométrie	1
Description de flottants	2
Dommages/impacts sur les enjeux	0
Observations simples (description sans impact)	2

Tableau 11 Relevés de terrain effectués sur la ravine Saint-Gilles

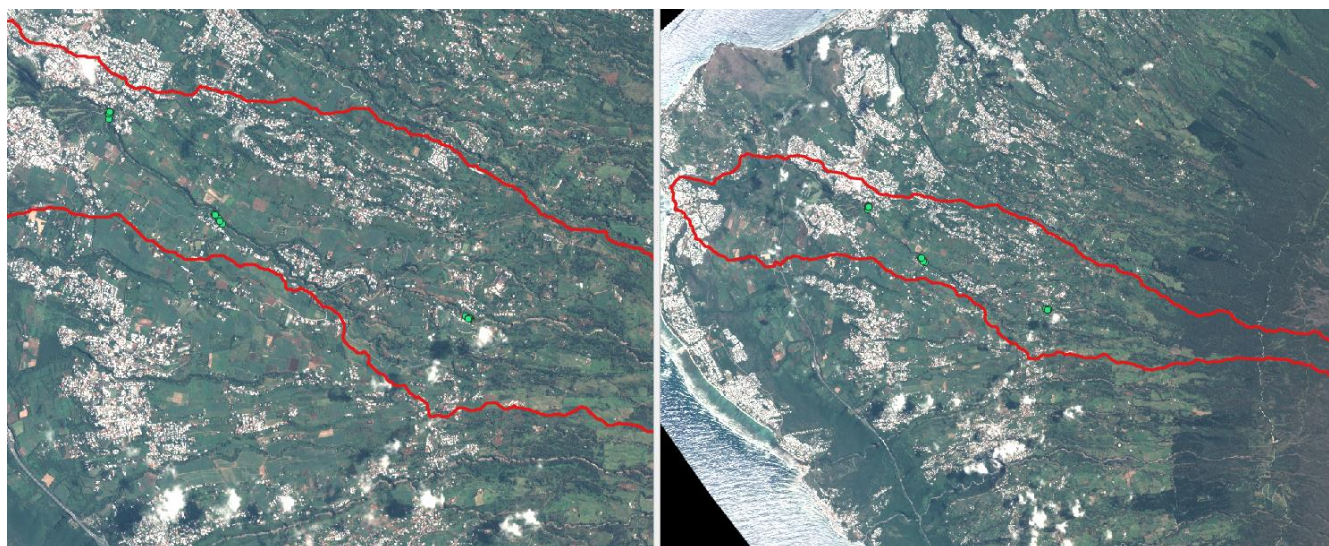


Figure 58 : Cartographie des relevés de terrain effectués sur la ravine Saint-Gilles

3.11.3 Débordements et ruissellements

La crue liée au cyclone Garance a entraîné des inondations importantes dans le centre-ville de Saint-Gilles-les-Bains. En l'absence de données de terrain détaillées pour l'aval (non encore récupérées auprès de la DEAL), l'analyse repose pour l'instant sur les photos et vidéos circulant sur les réseaux sociaux, ainsi que sur l'imagerie post-crue (voir Figure 59). On y observe des traces d'écoulement sur les rues du centre-ville, notamment à proximité du pont de la RN2001 qui a été emporté. Il est compliqué de distinguer les dégâts liés au débordement de la ravine Saint-Gilles et au ruissellement provoqué par les pluies intenses sur le secteur.

Concernant la ravine Saint-Gilles, la submersion du pont semble avoir été facilité par une combinaison de facteurs : forte onde de crue, possible obstruction partielle du pont et influence d'une surcote marine.



Figure 59 : Centre-ville de Saint-Gilles-les-Bains : images satellitaires avant et après la crue entraînée par le passage de Garance

En amont, les relevés réalisés par le Cerema mettent en évidence des écoulements concentrés et de nombreux indices de ruissellement latéral dans les secteurs urbanisés des mi-pentes. Ces écoulements, souvent canalisés par la voirie ou les aménagements urbains, ont convergé rapidement vers la ravine principale, renforçant la dynamique de crue.

3.11.4 Dommages aux enjeux (infrastructures, habitations, etc.)

Les dommages les plus spectaculaires ont été relevés en aval, dans le centre de Saint-Gilles, où un pont routier a été emporté et plusieurs rues ont été inondées (voir Figure 60 et Figure 61). Les vidéos et images diffusées en ligne montrent des véhicules piégés, des commerces inondés, et des habitations touchées par la montée des eaux. En amont, les observations du Cerema révèlent des dégâts localisés sur des infrastructures routières.

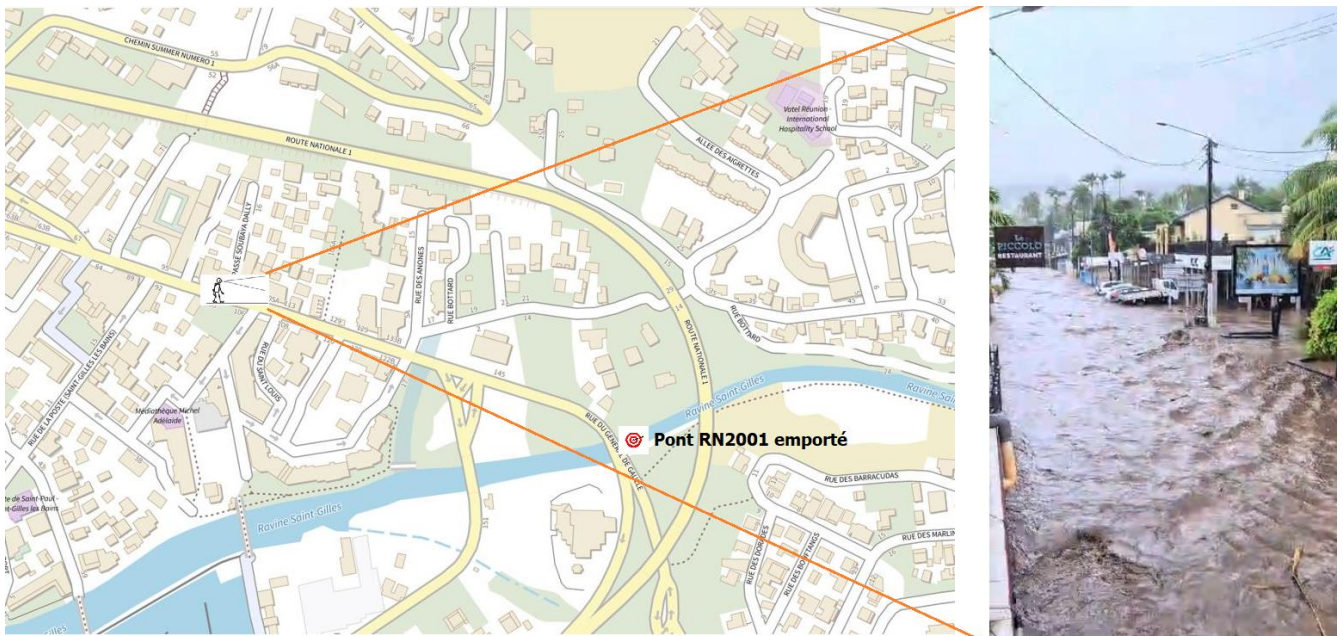


Figure 60 : Prise de vue depuis la rue générale de Gaulle pendant la crue de Garance



Figure 61 : Photos du pont de la RN2001 détruit

3.11.5 Impacts hydromorphologiques (érosion, dépôts, embâcles, évolution du lit, etc.)

La crue a contribué à remodeler le lit de la ravine dans ses portions médianes, où le substrat rocheux affleure encore largement. Le lit a été localement élargi, avec la mise en place de nombreux dépôts de galets et la remobilisation ponctuelle de blocs sur ce socle rocheux très présent, visible à de multiples endroits. Les relevés montrent une succession de faciès d'épandage peu structurés, témoignant d'un charriage actif et d'une dynamique torrentielle. Des embâcles ligneux ont été recensés, notamment en pied d'ouvrage ou dans les zones de courbure du lit.

En aval, la morphologie reste à caractériser plus finement mais les images indiquent des accumulations importantes de matériaux à l'embouchure.

3.12 Ravines Ermitage/Saline

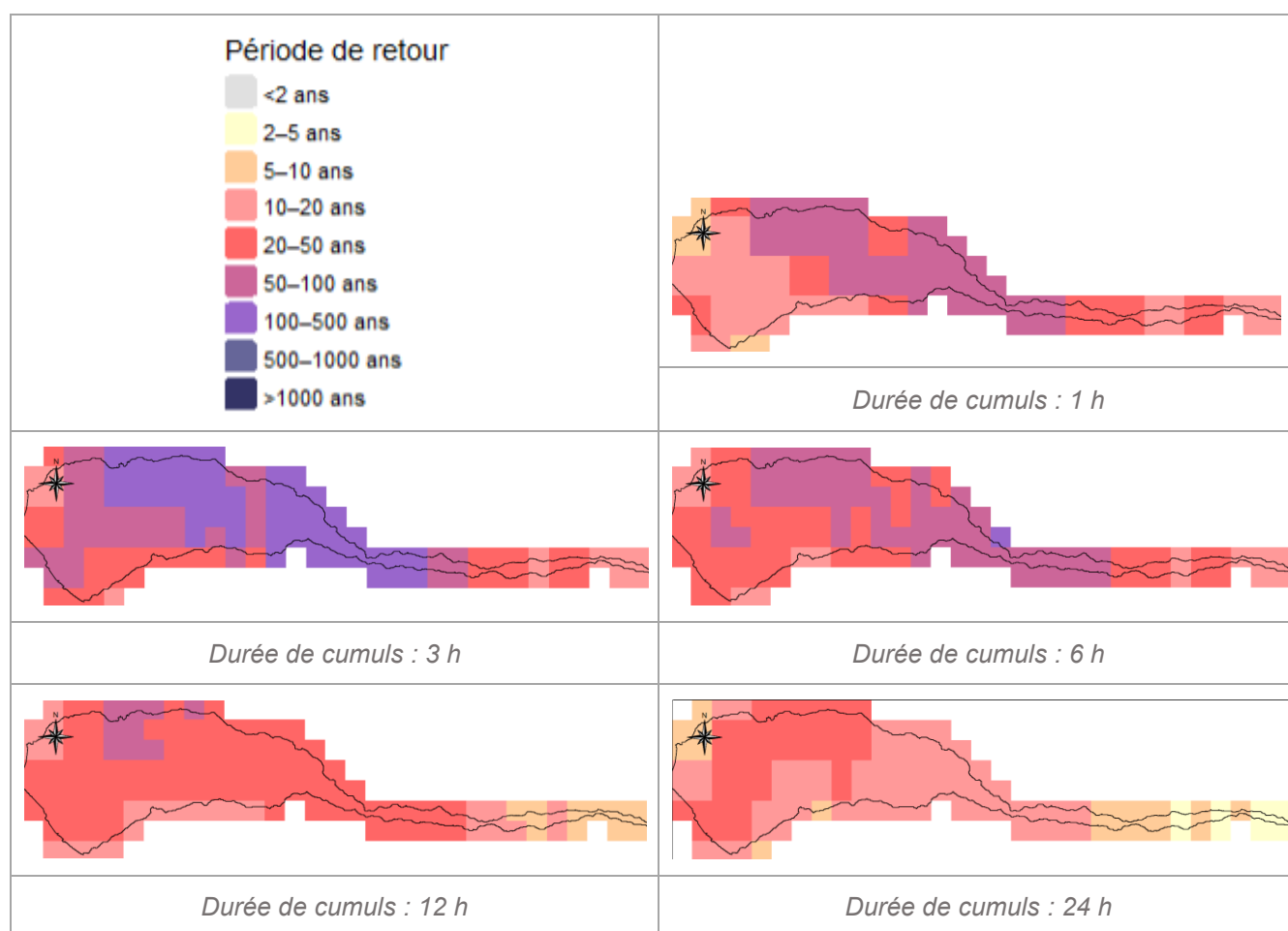


Figure 62 : Bassin versant de la ravine Ermitage-Saline : carte des périodes de retour – cumul glissant sur 1h, 3h, 6h, 12h et 24h

La Figure 62 présente le croisement pixel par pixel entre les cumuls de pluie ANTILOPE et les références SHYREG, et la Figure 63 montre l'évaluation globale à l'échelle du bassin versant, par comparaison des pluies moyennes de bassin aux valeurs SHYREG interpolées au centroïde (voir paragraphe 2.1.1 pour la méthodologie). En complément, le hyétogramme horaire à l'échelle du bassin est représenté à la Figure 64.

Le bassin versant de la ravine Ermitage-Saline a été exposé à des pluies intenses durant l'épisode cyclonique, avec un pic de précipitations entre 14h et 16h HL, atteignant 70 mm/h. L'analyse croisée des cumuls glissants et des quantiles SHYREG indique que les périodes de retour les plus élevées concernent les durées de 2 à 4 heures, avec des niveaux localement supérieurs à 100 ans dans la partie amont et centrale du bassin. Pour les durées de 6 à 12 heures, les périodes de retour restent significatives (20 à 50 ans) sur les mêmes secteurs, traduisant une intensité soutenue sur plusieurs heures. À 24 heures, les niveaux de retour diminuent nettement sur l'ensemble du bassin, ce qui confirme le caractère concentré dans le temps de l'épisode pluvieux.

Selon les éléments recueillis auprès de l'autorité gemapienne compétente (TO), la ravine de l'Ermitage-Saline, équipée d'un système d'endiguement combinant digues et bassins écrêteurs de crue, a été sollicitée de manière différenciée selon les secteurs. Les casiers 4 (digue 5) et 7 (digue 6) ont atteint un niveau d'eau proche du seuil de pré-atteinte du niveau de protection, avec un volume stocké estimé entre 300 000 et 400 000 m³ selon les données du Dossier Loi sur l'Eau. En revanche, les casiers au Nord (digues D3 et D2) ont été peu sollicités. Le pont de l'ex-RN, situé en aval immédiat, a connu un dépassement de sa capacité hydraulique (50 m³/s), traduisant un débit de pointe supérieur à cette valeur.

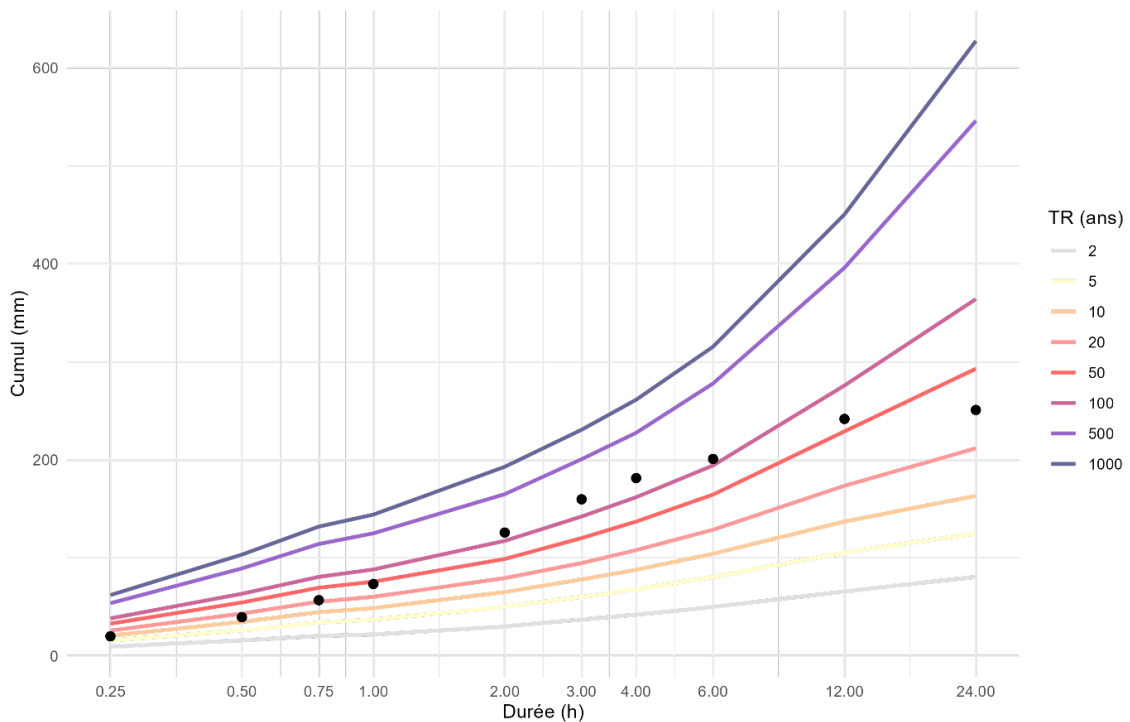


Figure 63 : Bassin versant de la ravine Ermitage-Saline: Comparaison des cumuls de pluie de bassin et des quantiles SHYREG abattus (les points noirs représentent les cumuls maximaux glissants observés pour la pluie de bassin Antilope)

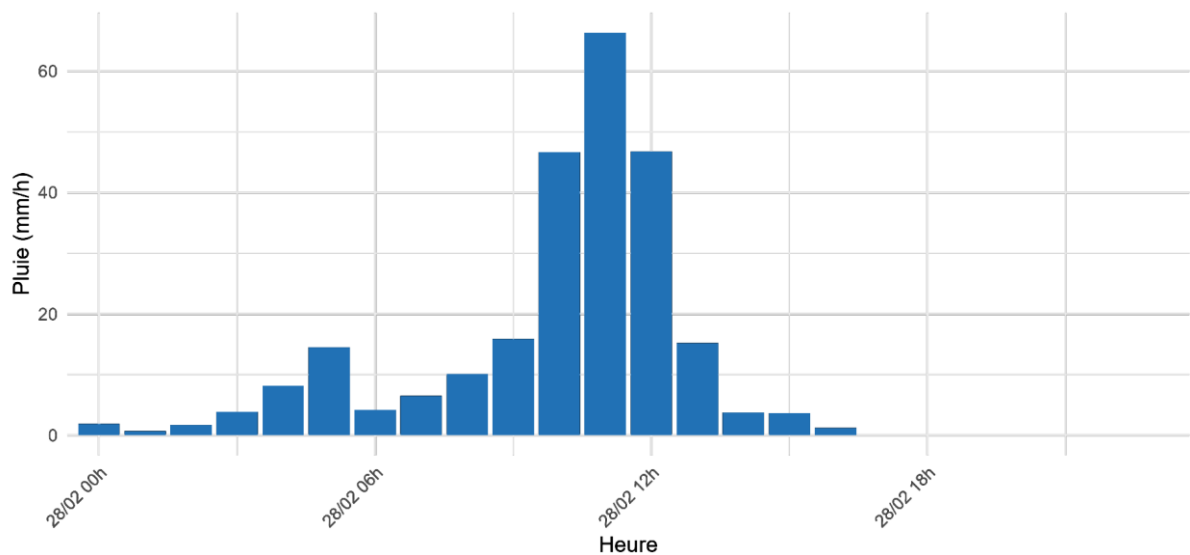


Figure 64 : Hyétoqramme horaire du bassin versant de la ravine Ermitage-Saline – cumul horaire des précipitations (mm/h) issu des données ANTILOPE (Météo-France) au pas de 15 minutes, agrégées à l'échelle horaire (heure UTC)

3.13 Ravine Sèche (Plaine des Palmistes)

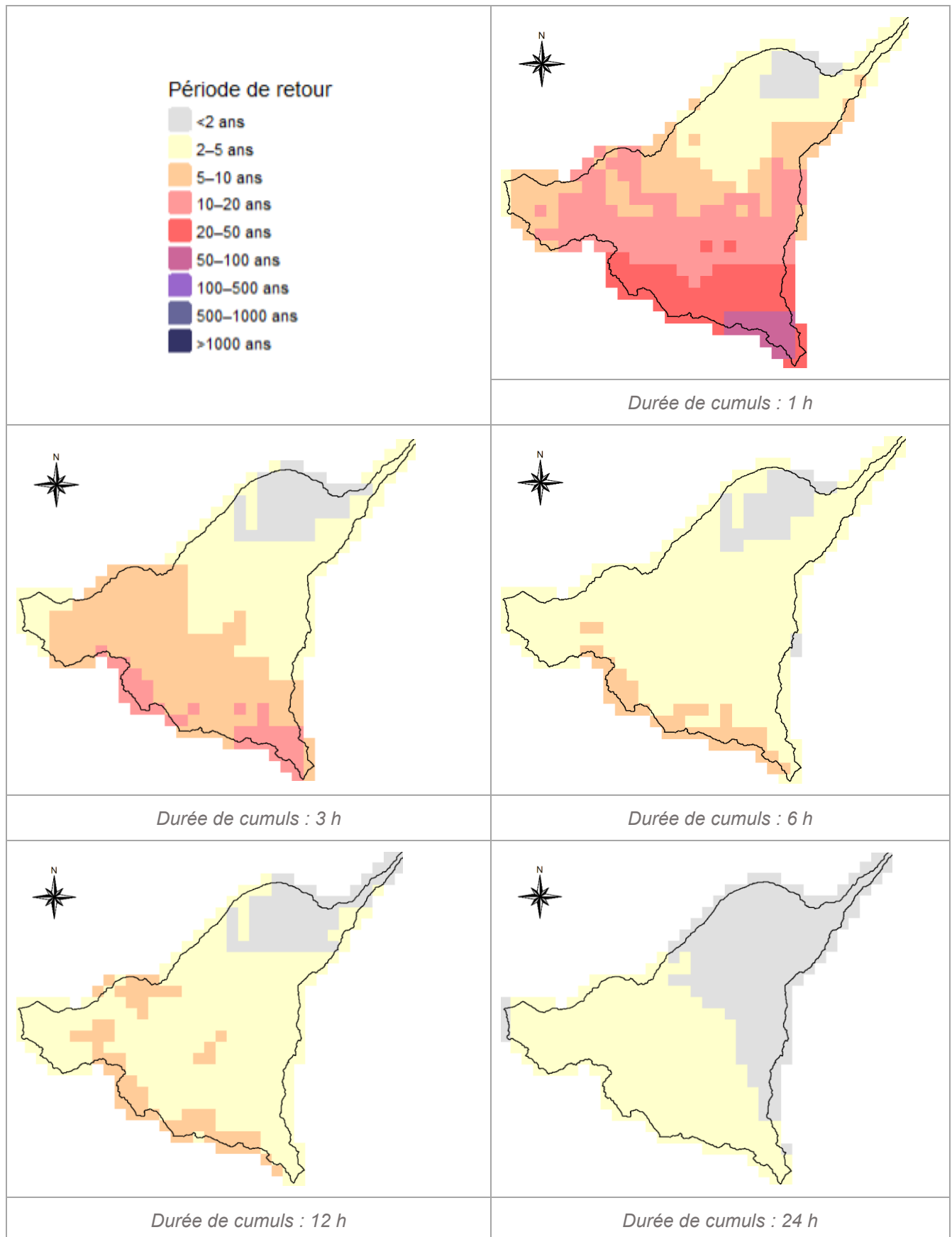


Figure 65 : Bassin versant de la ravine Sèche (Plaine des Palmistes) : carte des périodes de retour – cumul glissant sur 1h, 3h, 6h, 12h et 24h

La Figure 65 présente le croisement pixel par pixel entre les cumuls de pluie ANTILOPE et les quantiles SHYREG, tandis que la Figure 66 permet une évaluation globale à l'échelle du bassin versant, en comparant les cumuls moyens observés à ceux issus du référentiel SHYREG interpolé au centroïde (cf. paragraphe 2.1.1 pour les détails méthodologiques). Le hyétogramme horaire de l'épisode est représenté en Figure 67.

Le bassin versant de la ravine Sèche a été exposé à un épisode pluvieux intense, avec un pic de précipitation concentré autour de 09h à 11h HL, atteignant localement plus de 70 mm/h. L'analyse spatio-temporelle montre que les périodes de retour les plus élevées sont atteintes pour les durées de 1 à 3 heures, avec des TR localement supérieurs à 50 ans dans le tiers sud du bassin. Au-delà de 6 h, les intensités décroissent fortement, avec des périodes de retour généralement inférieures à 20 ans, voire inférieures à 10 ans sur la majorité de la surface pour les durées de 12 et 24 h. Cette configuration traduit un épisode bref, fortement concentré en milieu de matinée, dont l'impact s'est atténué rapidement dans le temps.

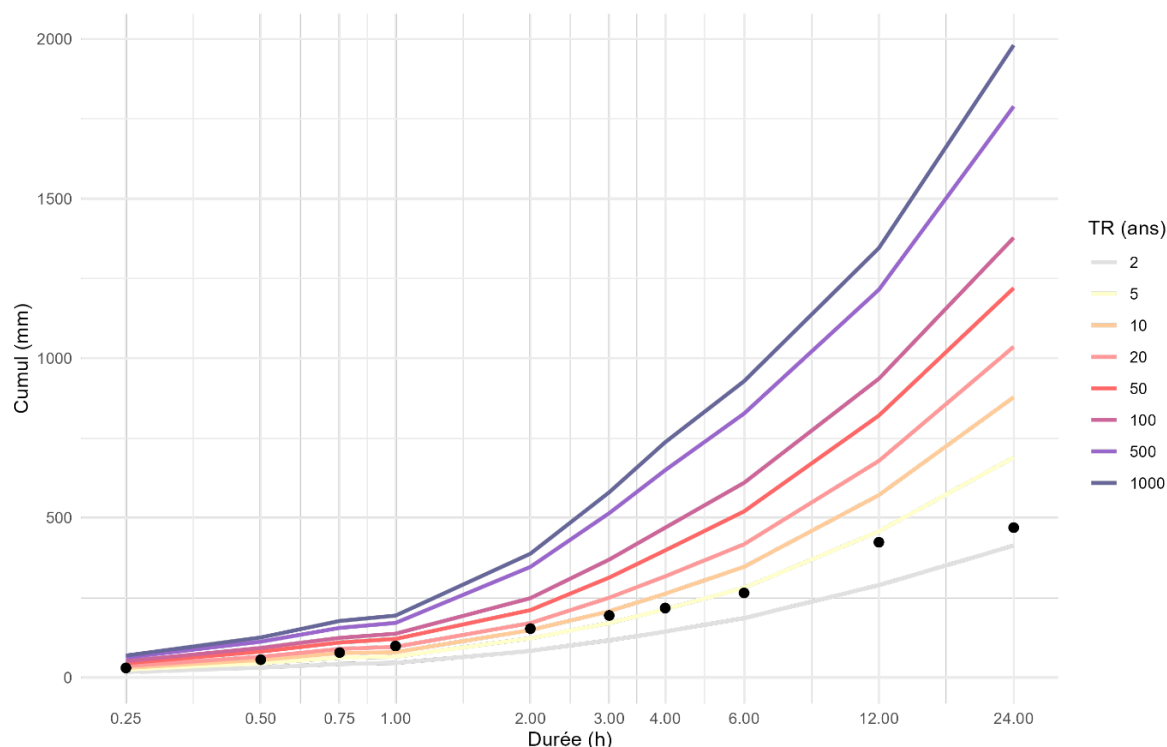


Figure 66 : Bassin versant de la ravine sèche (Plaine des Palmistes) : Comparaison des cumuls de pluie de bassin et des quantiles SHYREG abattus (les points noirs représentent les cumuls maximaux glissants observés pour la pluie de bassin Antilope)

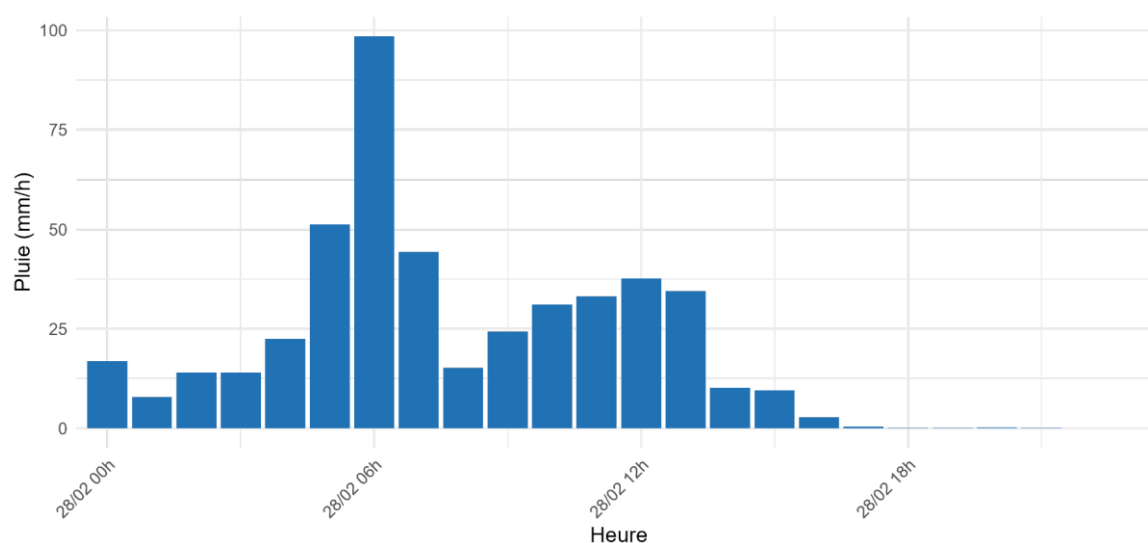


Figure 67 : Hyétogramme horaire du bassin versant de la ravine Sèche (Plaine des Palmistes) – cumul horaire des précipitations (mm/h) issu des données ANTILOPE (Météo-France) au pas de 15 minutes, agrégées à l'échelle horaire (heure UTC)

4 PREMIERS ELEMENTS D'ANALYSE GLOBALE

Cette partie vise à replacer les observations dans leur contexte hydrométéorologique et morphologique afin de fournir, en première analyse, une lecture technique globale de l'événement, fondée sur les données de terrain et les analyses croisées menées dans le cadre du présent retour d'expérience.

4.1 Un aléa pluviométrique d'intensité exceptionnelle

Les cartes de périodes de retour issues du croisement entre les données ANTILOPE et les quantiles SHYREG démontrent le caractère exceptionnel de l'épisode pluvieux associé au cyclone Garance. Des précipitations supérieures à 200 mm en 3 heures ont été relevées sur une large portion du nord et de l'ouest de l'île, avec des maxima locaux dépassant les seuils associés à des périodes de retour de 100 à 500 ans, voire 1000 ans dans les hauts de Saint-Denis.

Surtout, cette intensité extrême s'est concentrée sur des durées de 1 à 6 heures, très proches des temps de concentration naturels des bassins versants étudiés. Cette concomitance entre forte intensité et durée caractéristique a favorisé des réactions hydrologiques très importantes, générant des écoulements intenses sur des bassins versants parfois de petite taille.

4.2 Des conditions hydrauliques aggravées par la surcote marine

À l'aléa de surface s'est ajouté un contexte marin défavorable. En plusieurs points du littoral nord et ouest, les observations de terrain, corroborées par les données des houlographes et marégraphes disponibles, indiquent un niveau marin élevé conjugué à une houle significative. Cette surcote marine a vraisemblablement freiné l'écoulement vers la mer, provoquant une forte accumulation d'eau (ressaut hydraulique) dans les tronçons aval des ravines. Ce phénomène a contribué à l'élévation des hauteurs d'eau et a favorisé des débordements en amont immédiat des exutoires. Un cas particulièrement illustratif de cette situation a été observé sur la ravine du Butor, au droit du passage de la rue Maréchal Leclerc. Il a également pu aggraver les dynamiques de dépôts dans les parties aval (réduction des vitesses d'écoulement, changement de régime d'écoulement).

4.3 Le rôle de la végétation

Si des flottants ont été observés dans la quasi-totalité des ravines visitées, leur rôle dans les débordements reste à objectiver. Dans les cas de débordements généralisés, ils n'ont pas constitué un facteur de premier ordre dans l'importance de ces derniers au-dessus des berges ou des ponts. En revanche, leur impact a pu être plus marqué lors de débordements localisés, notamment lorsqu'ils ont contribué à la mise en charge d'ouvrages hydrauliques déjà sous-dimensionnés face aux débits liquides survenus lors de l'épisode Garance.

Par ailleurs, dans certains secteurs, c'est la végétation enracinée – notamment celle issue de la revégétalisation naturelle d'anciennes terrasses alluviales – qui a joué un rôle dans la répartition des écoulements. Situés en lit majeur et végétalisés de longue date, ces espaces ont été mobilisés par la crue. Le couvert végétal en place a alors agi comme un obstacle, retenant les matériaux transportés (blocs, galets), ce qui a aggravé localement la divagation latérale du lit au droit de ces zones.

4.4 Une complexité à appréhender bassin par bassin

Au final, les débordements généralisés observés dans certaines ravines relèvent principalement d'une combinaison de facteurs : des précipitations extrêmes entraînant une réponse hydrologique très marquée, des conditions d'évacuation difficiles en aval, et parfois une occupation anthropique d'espaces initialement fonctionnels pour la dissipation (respiration torrentielle) ou l'expansion des crues.

Enfin, les observations de terrain confirment que chaque bassin versant a réagi selon ses propres caractéristiques topographiques, hydrauliques et morphologiques. L'analyse détaillée par ravine montre des enchaînements de

processus variés – ruissellement concentré, débordement localisé, engravement, érosion latérale, dépôts massifs – dont les causes sont multiples. Il serait donc réducteur d'attribuer les effets de la crue à un seul facteur.

Ce constat plaide pour une approche différenciée, combinant des diagnostics par bassin, une connaissance fine des trajectoires morphodynamiques et une appréhension de l'effet combiné des forçages hydrométéorologiques et marins.

5 PERSPECTIVES POUR LA PHASE 2 DU RETEX

La phase 2 du RETEX visera à approfondir l'analyse des phénomènes observés à travers des études complémentaires. Elle s'appuiera sur les données collectées en phase 1, mais intégrera également de nouveaux jeux de données (levés LiDAR, chroniques pluviométriques, retours d'expérience des communes, etc.). Cette phase permettra notamment d'objectiver plus finement les trajectoires hydromorphologiques et de consolider les diagnostics de fonctionnement des ravines en crue. Ce chapitre esquisse certaines propositions pour ce second temps d'étude.

L'objectif général de cette phase 2 est de caractériser les impacts torrentiels de la crue Garance à La Réunion. Cette analyse devra permettre d'évaluer la magnitude et l'ordre de grandeur de période de retour des crues observées ainsi que de retracer/cartographier leurs emprises et impacts. Ces analyses permettront de capitaliser la connaissance pour le futur, notamment vis à vis des stratégies de protection des populations (zonage réglementaire, ouvrages de protection, etc.).

Notons que les bassins versants concernés sont assez diversifiés que ce soit en termes de fonctionnement ou d'aménagement et d'enjeux menacés. Aussi, la trame générale proposée devra être adaptée au cas par cas (ajout/retrait de certaines analyses selon la pertinence). En particulier, des réflexions sur les stratégies d'aménagement ne pourront être menées que sur certains secteurs.

La trame générale suivante peut être envisagée :

5.1 Analyses transversales

5.1.1 Amélioration de la caractérisation de la pluviométrie

Certaines actions permettraient d'affiner l'objectivation de l'aléa pluviométrique réalisé lors de la phase 1 :

- Potentielle amélioration de lame d'eau Antilope J+1 : intégration de données pluviométriques extérieures au réseau Météo France notamment celles issues des capteurs de l'association Météor Océan Indien, afin de combler les lacunes observées dans certaines zones sans pluviographes (secteurs à forts cumuls mais sans instrumentation directe).
- Réflexion sur les lois d'abattement des pluies dans le contexte réunionnais dans le cadre de comparaison avec des pluies statistiques.
- Analyse fréquentielle multivariée des pluies (volume cumulé vs intensité de pointe), afin d'objectiver la sévérité de l'aléa selon les logiques de couples extrêmes.

5.1.2 Caractérisation hydrologique

Cet axe visera à reconstituer les réponses hydrologiques des bassins versants et à qualifier leur intensité au regard du caractère exceptionnel de la pluie :

- Travail sur l'hydrométrie pour les bassins jaugés :
 - Estimation des quantiles de débit rares sur les stations de mesure de la CVH et de l'Office de l'Eau.
 - Validation des valeurs enregistrées via analyses comparées (croisement avec les débits max estimés au niveau des secteurs avec laisses de crues relevés).
- Exploitation de modèles hydrologiques existants :
 - SMASH (modèle opérationnel au sein de la CVH) : recalcul de l'événement Garance à l'échelle régionale à partir des données de pluies éventuellement « corrigées ».
 - Cartino 2D (25 m) : simulation événementielle d'un modèle calibré sur des événements antérieurs, à titre de comparaison et d'acquisition de premiers éléments pour une analyse hydraulique plus fine.

- Analyse bivariable « débit de pointe / volume écoulé » selon l'approche d'Evin & Piton (2020) [14] sur les stations disposant d'une chronique suffisamment longue. Ces analyses permettent de mieux qualifier les crues à fort potentiel morphogène, en tenant compte à la fois de leur intensité et de leur durée.
- Modélisation hydraulique, à partir de MNT post-crues, simplifiée ou détaillée (Cartino 2D [15] avec maillage déstructuré notamment), selon les secteurs :
 - Simulation des hauteurs d'eau sur certains tronçons critiques.
 - Reconstitution des zones de débordement et de leur cinétique en particulier dans les zones urbaines, où la problématique d'évolution longitudinale et surtout latérale (divagation) du lit n'est pas prédominante.
 - Estimation des hauteurs d'eau pour l'évaluation du rapport L/h (Largeur/Hauteur), utile à la caractérisation géomorphologique (voir ci-dessous).

5.1.3 Caractérisation du niveau marin

La surcote marine et la houle lors du cyclone ont vraisemblablement eu un effet marqué sur les secteurs proches de l'embouchure : réhausse de la condition aval avec remous liquide et/ou solide, voir submersion marine. Il semblerait pertinent de capitaliser les connaissances concernant ces aspects et caractériser les ordres de grandeurs associés. Ces éléments serviront de données d'entrée pour la compréhension du fonctionnement global des cours d'eau étudiés.

5.2 Analyse locale par bassin

5.2.1 Description générale du bassin versant

Afin de contextualiser les observations faites suite au cyclone, rappeler les caractéristiques générales :

- Morphométrie/surface, etc.
- Géologie/Géomorphologie/sources sédimentaires
- Historique des crues
- Aménagement/enjeux
- Documents d'affichage du risque

5.2.2 Description de l'atteinte des enjeux

Documentation via cartographies plus ou moins détaillées et photos/observations des enjeux atteints lors de l'évènement.

5.2.3 Analyses hydrauliques

Selon les secteurs et les problématiques identifiées, mener des analyses des conditions d'écoulement, par exemple (non exhaustif) :

- Calculs hydrauliques simplifiés au droit de points singuliers (ponts, contractions, etc.)
- Sur les secteurs avec évolutions morphologiques négligeables (zones urbaines plates, cours d'eau à faible pente) : modélisation hydraulique à fond fixe afin de reconstituer des hauteurs d'eau sur certains tronçons critiques, de reconstituer des zones de débordement et de leur cinétique, etc.

5.2.4 Caractérisation des évolutions géomorphologiques

Cette partie de l'analyse pourra s'inspirer de la méthodologie du RETEX ALEX (RTM/ONF) [16], [17] qui constitue une référence en matière de caractérisation des impacts torrentiels post-crue. Elle pourrait être menée sur certaines ravines ayant connu des évolutions morphologiques marquées et avec un impact aux enjeux (par exemple) :

- Cartographie des zones de dépôts, d'érosion et d'embâcles (SIG).
- Comparaison des profils en long et profils en travers.
- Analyse de l'évolution de la bande active (quantification des élargissements).
- Descriptions granulométriques.
- Estimation des volumes mobilisés (différentiel MNT si possible).

Ces analyses doivent permettre de comprendre le fonctionnement hydrosédimentaire du cours d'eau lors de la crue et l'effet du transport solide sur l'atteinte des enjeux.

Réunion : retour d'expériences suite au passage du cyclone Garance

Phase 1 : Reconnaissances terrain et premières analyses post-cyclone

Juillet 2025

5.2.5 Réflexions sur la stratégie d'aménagement

Les enseignements tirés de ce RETEX pourront permettre de déterminer des réflexions générales en matière d'aménagement, de surveillance, et d'entretien des ravines à l'issue d'un évènement particulièrement intense comme le cyclone Garance.

Sur certains secteurs ciblés ayant connu des dégâts importants, et pour lesquels des problématiques de forte exposition d'enjeux à court terme est relevée, une réflexion sur les stratégies d'aménagement envisageables à court et moyen terme pourra être menée. Ces premières pistes devront être complétées dans la plupart des cas par des études techniques spécifiques élargies au bassin versant dans une logique globale de prévention des risques avec l'ensemble des acteurs.

5.3 Données complémentaires à collecter

La poursuite de l'analyse dans le cadre de la phase 2 du RETEX nécessitera la mobilisation et/ou l'acquisition de données complémentaires.

Données pluviométriques et météorologiques

- Données issues de réseaux extérieurs à Météo-France, notamment les capteurs de Météo Océan Indien (MOI) et de partenaires locaux (université), permettant d'enrichir les cartes de cumul dans les zones sous-instrumentées.
- Archivage et traitement de données horaires ou infra-horaires brutes (pluviographes, stations automatiques) pour les analyses fréquentielles.

Données hydrologiques et hydrométriques

- Chroniques de débits sur les stations jaugées (CVH, ODE) avec pas de temps fin (10 ou 15 min) pendant l'épisode Garance.
- Données sur les repères de crue, traces de lignes d'eau et hauteurs relevées par les équipes terrain (Cerema, DEAL) avec les relevés complémentaires identifiés lors de cette phase 1.
- Données issues des modélisations passées (études hydrauliques ou de PPRI) pouvant servir de référence ou de point de comparaison.

Données géomorphologiques et topographiques

- MNT post-crue, issus des levés Lidar commandés par la DEAL Réunion ou par les collectivités permettant les comparaisons avec les levés de 2023 du Lidar HD de l'IGN et des Lidar réalisés après la crue BELAL en janvier 2024.
- MNT obtenus par traitement photogrammétrique d'images satellitaires post-crue, acquises en stéréoscopie à partir de paires d'images prises par satellites à haute résolution.
- Orthophotos post-crue (images aériennes, drone, satellites) et photographies géoréférencées de terrain, pour identifier les dynamiques d'érosion, de dépôt et d'élargissement.
- Profils en long et en travers mesurés sur le terrain.
- Données anciennes (études BRGM, SOGREAH, RTM etc.) pour les analyses diachroniques sur le fonctionnement des ravines.

Données d'observation post-crue

- Retours d'expérience des collectivités notamment des Gemapiens (témoignages, signalements, visites post-crues) pour compléter les observations de terrain.
- Consolidation et structuration des données DEAL de reconnaissance terrain, non encore récupérées à ce jour.
- Photos, vidéos, témoignages issus des réseaux sociaux, médias ou habitants, à croiser avec les observations de terrain.
- Relevés de terrain complémentaires à planifier dans certains secteurs peu documentés à ce stade (zone de l'Étang Saint-Paul etc.).

6 GLOSSAIRE

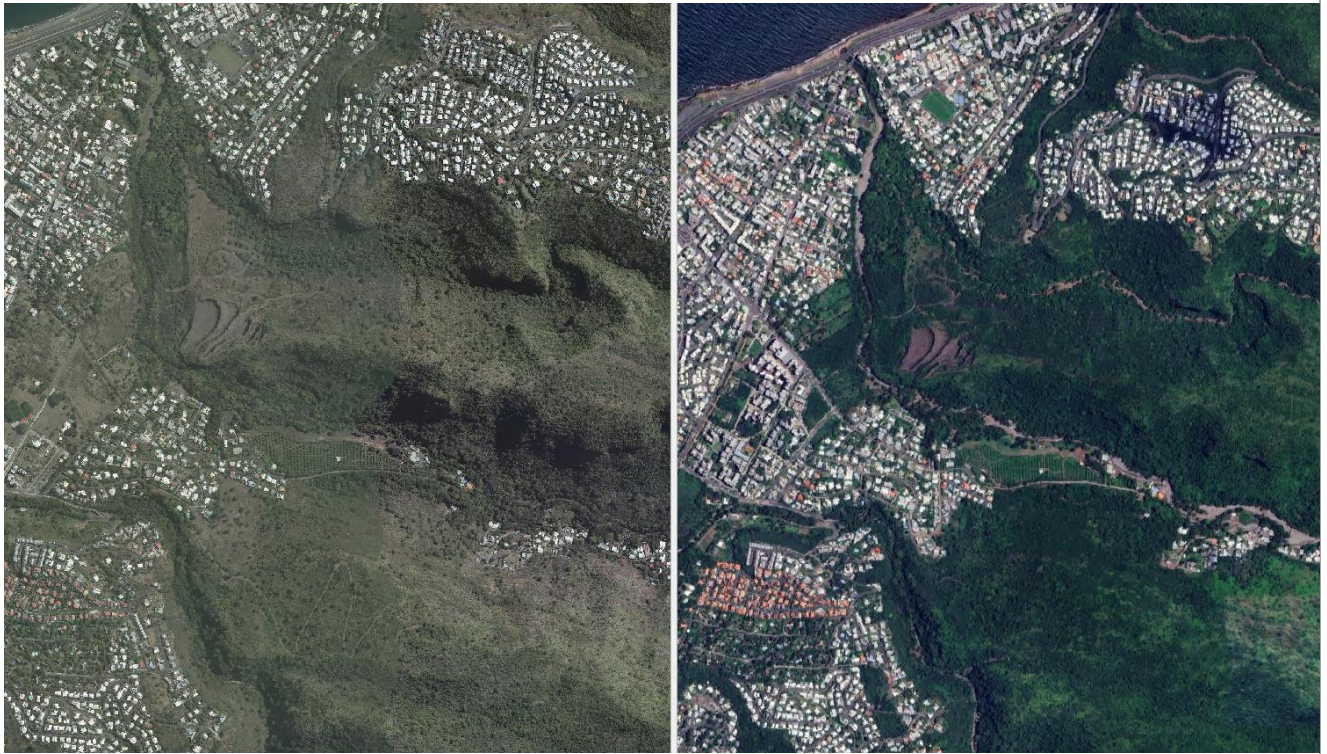
6.1 Bibliographie

- [1] Météo-France, « LE CYCLONE GARANCE A FRAPPÉ LA RÉUNION par Météo-France La Réunion ». Consulté le: 12 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://meteofrance.re/fr/actualites/le-cyclone-garance-frappe-la-reunion>
- [2] P. Cantet, « Réalisation de la base SHYREG pluie infra-horaire à la Réunion », Hydrys Hydrologie - INRAE, nov. 2023.
- [3] P. Cantet, « Réalisation de la base SHYREG pluie horaire à la Réunion », Hydrys Hydrologie, sept. 2023.
- [4] « Tempête ALEX Crue des 2 et 3 octobre 2020 : Analyse de l'évènement météorologique et des données pluviométriques », CEREMA, juin 2021.
- [5] L. Neppel, C. Bouvier, et J. Lavabre, « Abattement spatial des précipitations en Languedoc-Roussillon. », in *Proceedings of an international symposium held at Montpellier*, avr. 2003, p. 276-283.
- [6] « Appli mobile Scout | Cerema ». Consulté le: 15 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/applications/appli-mobile-scout>
- [7] « Rapport méthodologique pour l'étude hydraulique préalable au PPRI - Commune de Saint-Leu », CEREMA, nov. 2024.
- [8] C. Misset, « Étude hydrogéomorphologique de la Rivière des Pluies », ONF/RTM, juin 2024.
- [9] « Système d'Endiguement de la Rivière des Pluies _ Étude de dangers », CEREMA, sept. 2022.
- [10] « Etude géomorphologique de la Rivière des Pluies », BRGM, avr. 2008.
- [11] « Note hydraulique – Étude de dangers de la ravine du Butor (Saint-Denis) », Suez COnsulting, 21MRU064, 2022.
- [12] « Crue du cyclone Garance – Expertise post-crue dans le secteur de la rue Joseph Ouvrier et de l'allée de la Forêt (commune de Saint-Denis). », BRGM, mars 2025.
- [13] « Crue torrentielle (Garance) – Chemin Tête Tunnel », BRGM, Rapport d'expertise, mars 2025.
- [14] G. Evin et G. Piton, « Analyse bivariée des liens entre magnitude et durée des crues en zones Alpine et Pyrénéenne », INRAE, Rapport de recherche fhal-02509705, 2020.
- [15] F. Pons, M. Alquier, E. Paya, C. Moulin, N. Panier, et A. E. Chollet, « First tests of Cartino2D method on Toulon French metropolis », *LHB Hydrosoci. J.*, vol. 107, n° 1, 2021, doi: <https://doi.org/10.1080/00186368.2021.1912968>.
- [16] « Retour d'expérience technique de la crue du 2 octobre 2020 dans la vallée de la Vésubie _ Volet torrentiel », ONF/RTM.
- [17] « Retour d'expérience technique de la crue du 2 octobre 2020 dans la vallée de la Roya _ Volet Torrentiel », ONF/RTM, févr. 2022.

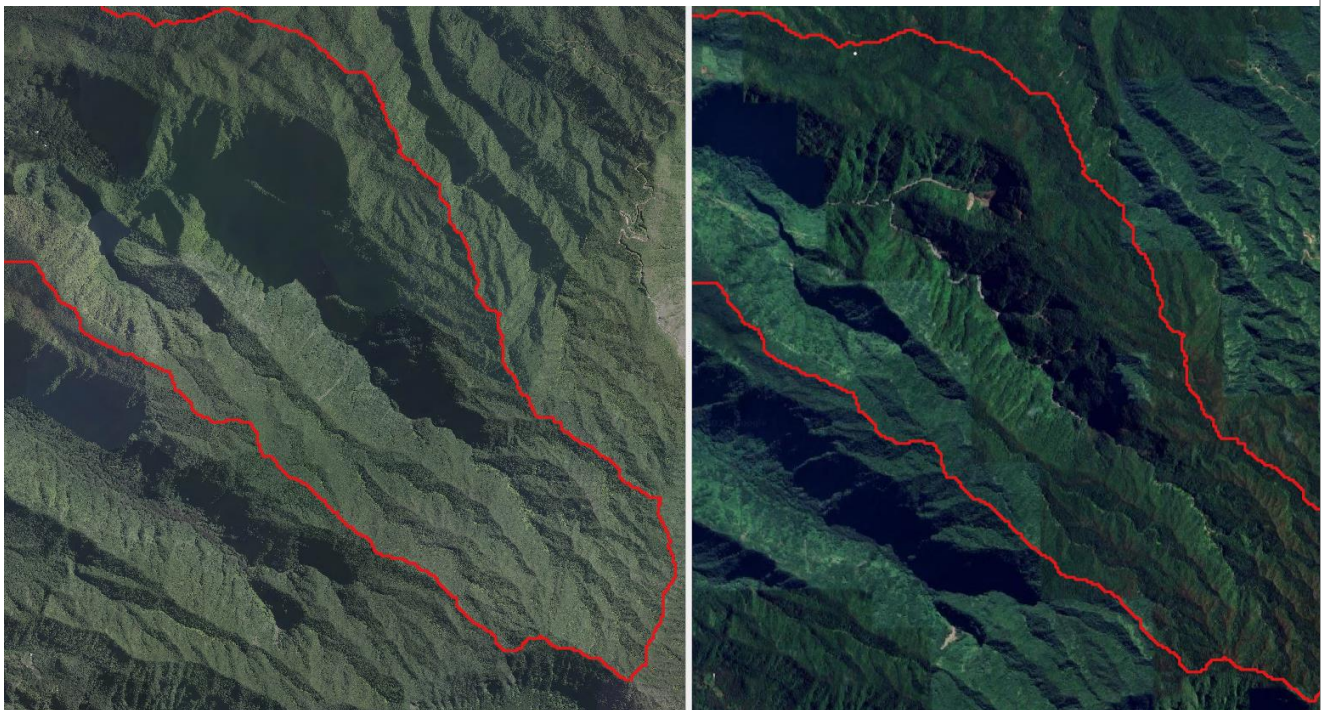
ANNEXES

Annexe 1 : Comparatifs avant/après crue Garance à partir d'images satellitaires et aériennes

Zone médiane et embouchure



Zone amont (tête de bassin)

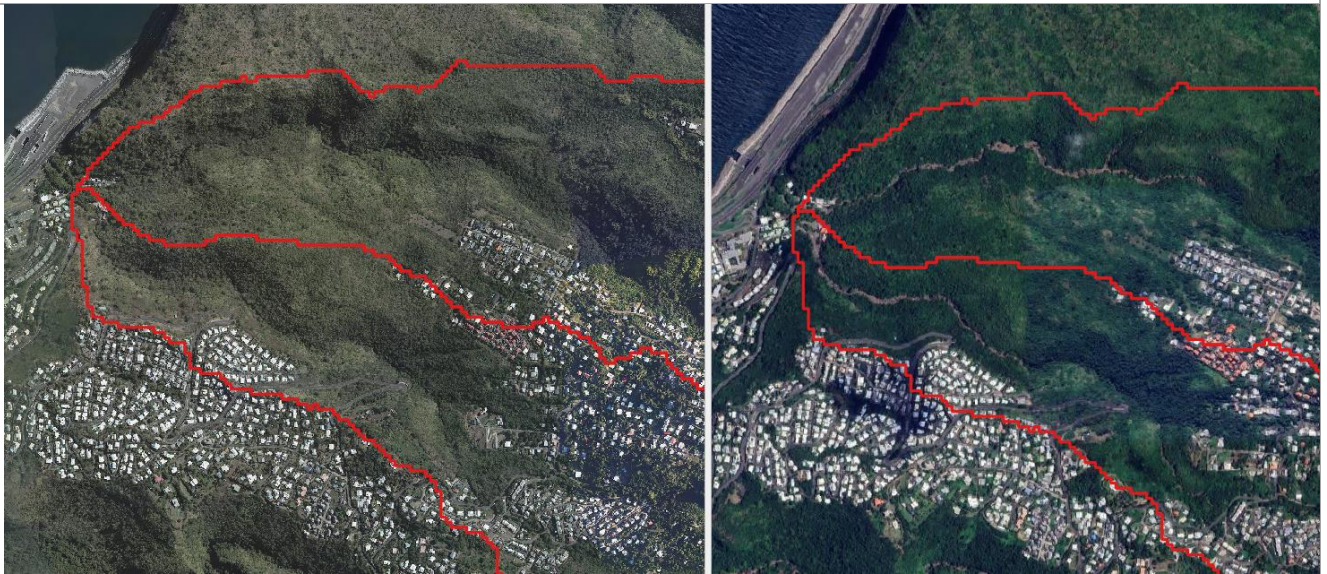


Grande Ravine des Lataniers : avant (gauche) / après (droite) la crue Garance

Zone aval : embouchure



Partie médiane du bassin versant

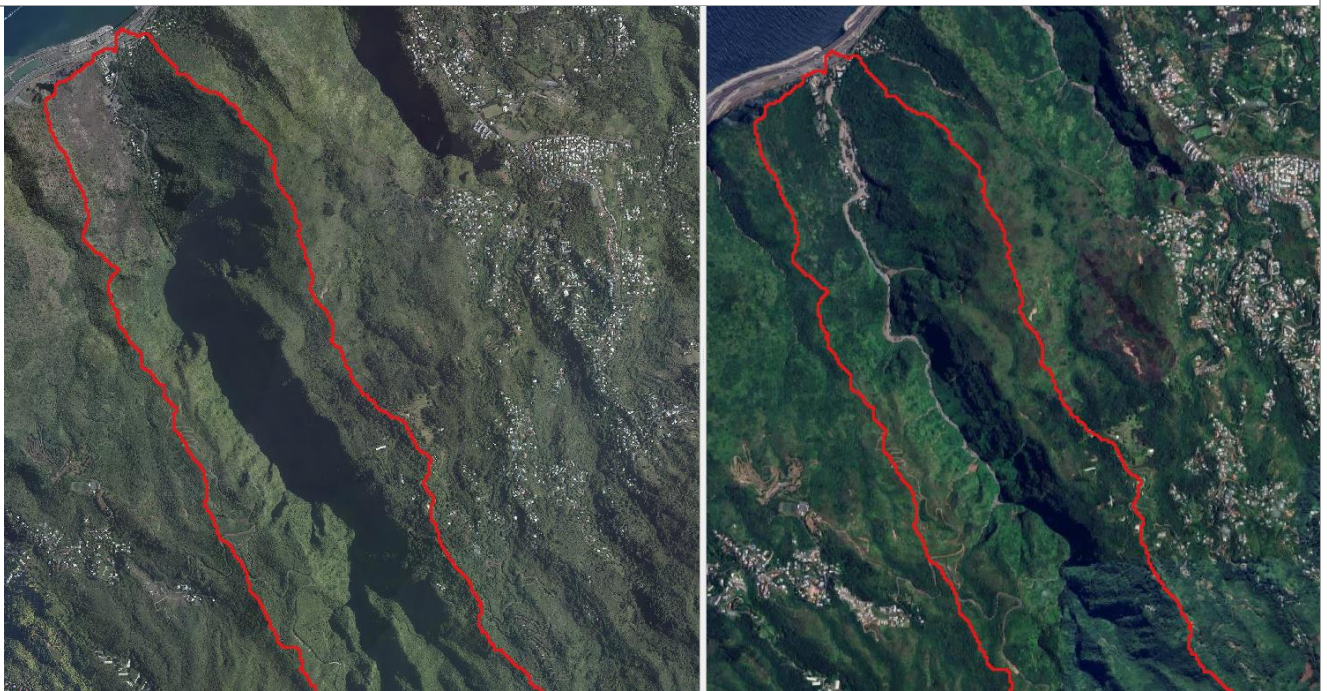


Ravine Lafleur / Petit Ruisseau : avant (gauche) / après (droite) la crue Garance

Zone aval : embouchure



Partie médiane du bassin versant

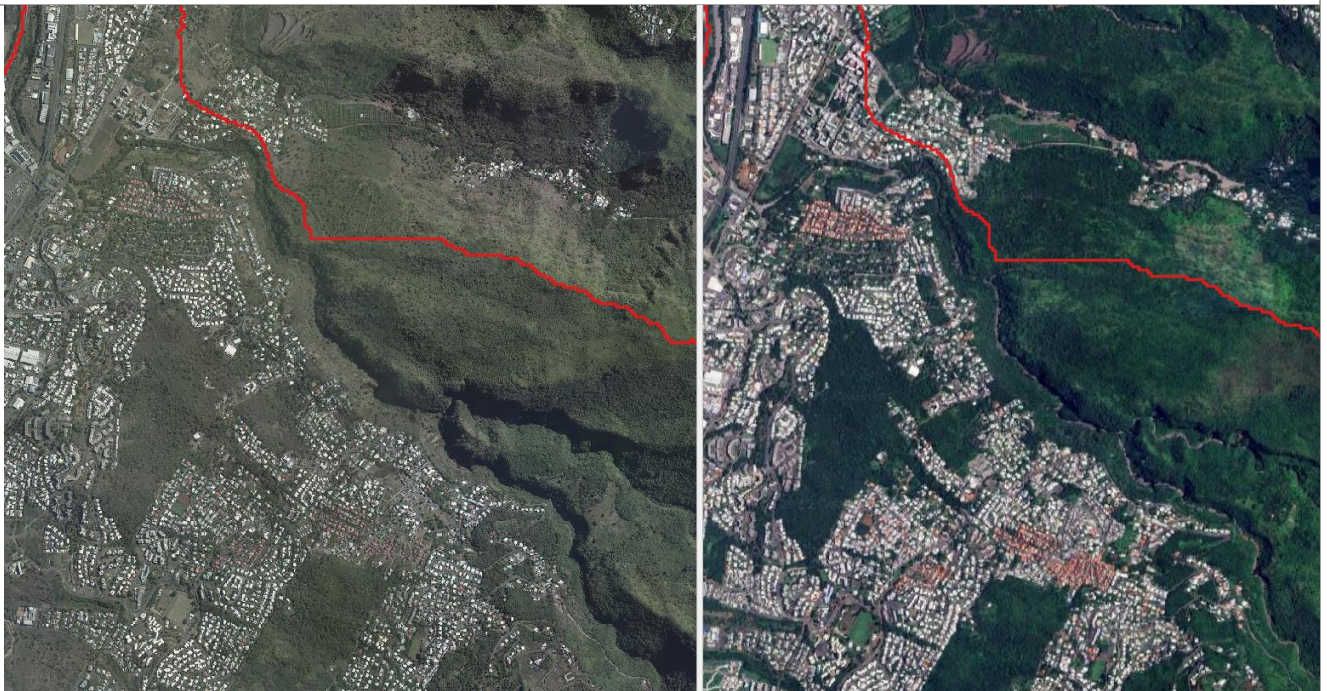


Ravine Grande Chaloupe : avant (gauche) / après (droite) la crue Garance

Zone aval : embouchure



Partie médiane du bassin versant

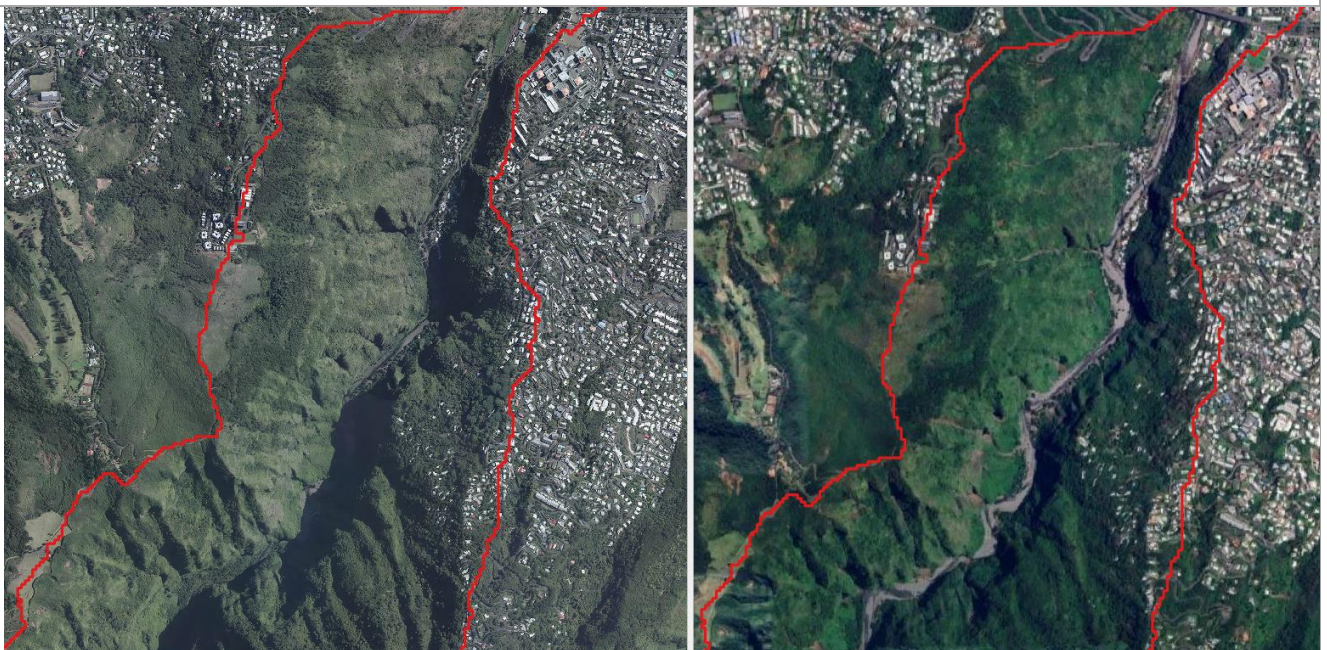


Ravine à Marquet: avant (gauche) / après (droite) la crue Garance

Hameau de la Colline



Partie médiane du bassin versant

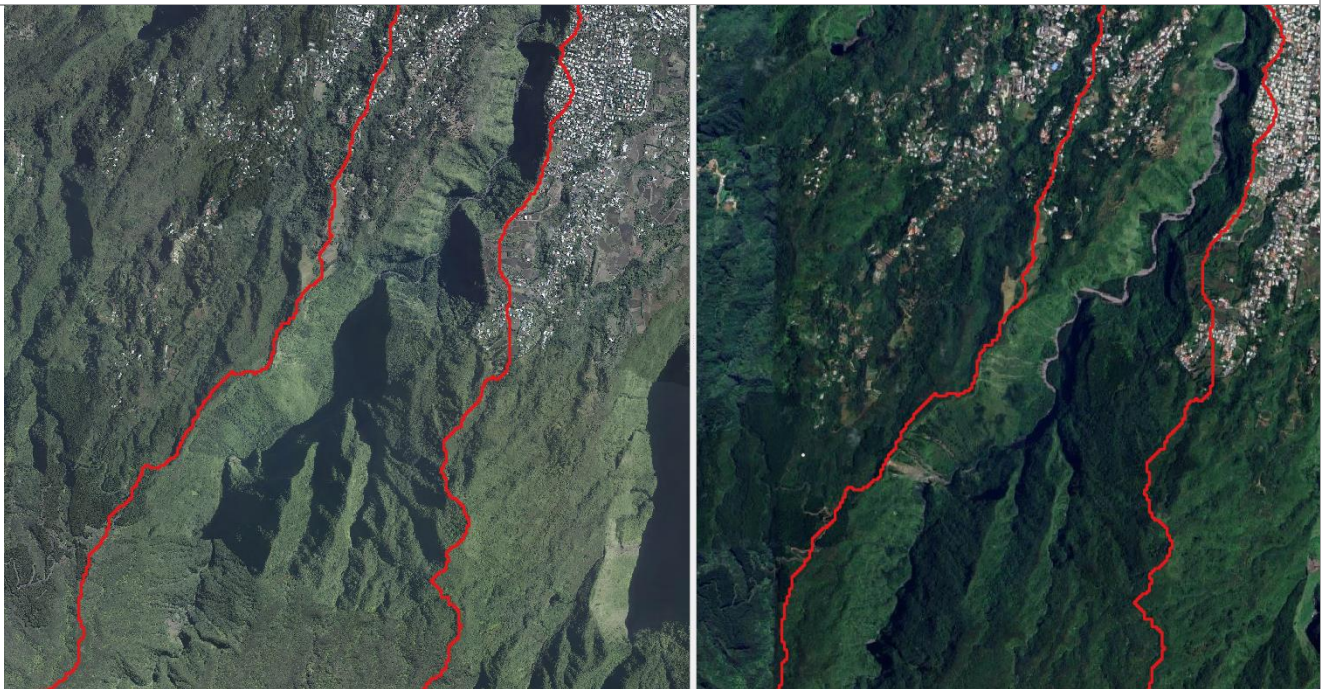


Ravine Saint-Denis: avant (gauche) / après (droite) les crues Belal et Garance

Zone de dépôts en amont du canal bétonné



Partie médiane du bassin versant



Ravine Patates à Durand : avant (gauche) / après (droite) les crues Belal et Garance

Quartier Jacquot et Savanna : étang saint-paul et ravine de la plaine



Savanna et Déboulé : ravine de la plaine et ravine tête Dure



Etang Saint-Paul : avant (gauche) / après (droite) la crue Garance

Grande Fontaine et Bouillon: ravine Bernica et ravine Divon



Bernica : secteur médian de la ravine Bernica



Ravine Bernica : avant (gauche) / après (droite) la crue Garance

Port de Saint-Gilles : en aval de la ravine Saint-Gilles



Saint-Gilles les Hauts : secteur médian de la ravine Saint-Gilles



Ravine Saint-Gilles : avant (gauche) / après (droite) la crue Garance

Annexe 2 : Comparaison des pluies de bassin Antilope vs SHYREG abattu

BV	Durée (h)	Antilope (mm)	SHYREG TR2 (mm)	Coef TR2	SHYREG TR10 (mm)	Coef TR10	SHYREG TR50 (mm)	Coef TR50	SHYREG TR100 (mm)	Coef TR100	SHYREG TR1000 (mm)	Coef TR1000
Ravine à Marquet	0.25	44	11	0.86	22	0.84	34	0.83	40	0.82	62	0.80
	0.5	78	19	0.88	39	0.87	59	0.86	69	0.85	108	0.83
	0.75	112	25	0.90	52	0.89	78	0.87	91	0.87	145	0.85
	1.0	139	27	0.91	56	0.90	87	0.88	100	0.88	161	0.86
	2.0	216	42	0.92	87	0.92	130	0.91	154	0.90	250	0.89
	3.0	258	54	0.93	109	0.92	168	0.92	199	0.91	323	0.90
	4.0	284	62	0.94	127	0.93	196	0.92	232	0.92	374	0.91
	6.0	326	74	0.95	156	0.94	243	0.93	287	0.93	460	0.92
	12.0	414	101	0.96	223	0.95	369	0.95	437	0.94	684	0.93
	24.0	431	123	0.96	293	0.96	524	0.96	626	0.95	988	0.95
Ravine Bernica	0.25	26	11	0.83	21	0.81	33	0.79	39	0.78	58	0.76
	0.5	46	19	0.86	38	0.84	58	0.83	67	0.82	102	0.80
	0.75	67	25	0.87	51	0.86	77	0.85	89	0.84	139	0.82
	1.0	84	27	0.88	55	0.87	85	0.86	98	0.85	155	0.83
	2.0	155	43	0.90	89	0.89	132	0.88	156	0.88	253	0.86
	3.0	210	56	0.92	113	0.91	175	0.90	206	0.89	334	0.88
	4.0	246	65	0.92	133	0.91	205	0.91	243	0.90	392	0.89
	6.0	295	79	0.93	164	0.92	255	0.92	302	0.91	482	0.90

	12.0	358	108	0.94	239	0.94	392	0.93	462	0.93	720	0.92
	24.0	374	132	0.96	318	0.95	562	0.95	667	0.94	1051	0.93
Ravine de l'Étang	0.25	21	10	0.74	19	0.72	29	0.70	34	0.69	51	0.65
	0.5	41	17	0.79	34	0.77	52	0.74	60	0.74	91	0.70
	0.75	62	23	0.81	47	0.79	70	0.77	81	0.76	125	0.73
	1.0	81	25	0.82	51	0.80	78	0.79	90	0.78	140	0.75
	2.0	146	40	0.85	82	0.84	122	0.82	144	0.81	228	0.79
	3.0	201	52	0.87	105	0.85	161	0.84	190	0.83	302	0.81
	4.0	235	61	0.88	124	0.87	190	0.85	224	0.85	355	0.82
	6.0	281	74	0.89	154	0.88	238	0.87	280	0.86	442	0.84
	12.0	343	102	0.91	224	0.90	367	0.89	433	0.89	672	0.87
	24.0	357	125	0.93	298	0.92	528	0.91	628	0.91	984	0.89
Ravine de la Grande Chaloupe	0.25	66	14	0.91	26	0.90	40	0.89	46	0.89	70	0.87
	0.5	127	23	0.93	46	0.92	69	0.91	79	0.91	121	0.89
	0.75	181	31	0.94	61	0.93	90	0.92	103	0.92	162	0.90
	1.0	229	34	0.94	66	0.93	99	0.93	113	0.92	181	0.91
	2.0	341	54	0.95	103	0.95	152	0.94	179	0.94	293	0.93
	3.0	417	70	0.96	130	0.95	200	0.95	236	0.95	384	0.94
	4.0	449	80	0.96	154	0.96	234	0.95	275	0.95	448	0.94
	6.0	505	97	0.97	190	0.96	290	0.96	342	0.96	542	0.95

	12.0	612	132	0.97	281	0.97	443	0.97	516	0.97	789	0.96
	24.0	638	162	0.98	385	0.98	641	0.97	745	0.97	1153	0.97
Ravine des Lataniers	0.25	52	12	0.89	24	0.88	38	0.87	44	0.86	66	0.84
	0.5	103	21	0.91	42	0.90	65	0.89	75	0.89	116	0.87
	0.75	143	28	0.92	57	0.91	85	0.90	98	0.90	155	0.89
	1.0	171	30	0.93	61	0.92	94	0.91	108	0.91	172	0.89
	2.0	264	48	0.94	96	0.94	143	0.93	169	0.93	277	0.91
	3.0	322	62	0.95	121	0.94	187	0.94	222	0.93	363	0.92
	4.0	348	72	0.95	142	0.95	219	0.94	259	0.94	422	0.93
	6.0	391	86	0.96	176	0.95	271	0.95	322	0.95	515	0.94
	12.0	491	117	0.97	257	0.96	415	0.96	488	0.96	759	0.95
	24.0	511	143	0.97	345	0.97	596	0.97	703	0.97	1101	0.96
Ravine du Butor	0.25	42	13	0.88	26	0.86	38	0.85	43	0.84	65	0.82
	0.5	78	23	0.90	45	0.89	66	0.88	75	0.87	114	0.85
	0.75	111	32	0.91	60	0.90	87	0.89	99	0.89	151	0.87
	1.0	141	34	0.92	64	0.91	96	0.90	108	0.89	169	0.88
	2.0	233	56	0.93	103	0.93	151	0.92	176	0.91	281	0.90
	3.0	312	73	0.94	133	0.93	201	0.93	235	0.92	374	0.91
	4.0	353	84	0.95	158	0.94	237	0.93	277	0.93	443	0.92
	6.0	396	103	0.95	197	0.95	296	0.94	345	0.94	538	0.93

	12.0	457	142	0.96	298	0.96	456	0.95	527	0.95	789	0.94
	24.0	469	177	0.97	418	0.97	670	0.96	772	0.96	1164	0.95
Ravine Lafleur	0.25	58	12	0.95	26	0.95	40	0.94	46	0.94	74	0.93
	0.5	109	21	0.96	44	0.96	67	0.95	77	0.95	125	0.94
	0.75	150	28	0.97	57	0.96	86	0.96	100	0.96	163	0.95
	1.0	186	30	0.97	62	0.97	95	0.96	109	0.96	179	0.95
	2.0	266	45	0.97	90	0.97	136	0.97	160	0.97	260	0.96
	3.0	312	56	0.98	111	0.98	172	0.97	202	0.97	326	0.97
	4.0	330	64	0.98	128	0.98	198	0.98	232	0.97	375	0.97
	6.0	366	76	0.98	155	0.98	242	0.98	284	0.98	450	0.97
	12.0	429	101	0.99	217	0.98	357	0.98	422	0.98	649	0.98
	24.0	443	122	0.99	278	0.99	496	0.99	597	0.99	940	0.98
Ravine Patates à Durand	0.25	34	15	0.89	28	0.88	41	0.87	47	0.87	63	0.85
	0.5	66	27	0.91	48	0.90	72	0.89	82	0.89	108	0.87
	0.75	98	36	0.92	65	0.92	94	0.91	106	0.90	146	0.89
	1.0	123	37	0.93	66	0.92	102	0.91	115	0.91	159	0.90
	2.0	216	66	0.94	117	0.94	164	0.93	191	0.93	303	0.92
	3.0	296	90	0.95	158	0.94	237	0.94	279	0.94	441	0.93
	4.0	344	108	0.95	196	0.95	296	0.94	346	0.94	541	0.93
	6.0	400	136	0.96	251	0.96	378	0.95	437	0.95	678	0.94

	12.0	522	198	0.97	397	0.96	591	0.96	674	0.96	994	0.95
	24.0	545	262	0.97	587	0.97	870	0.97	989	0.97	1457	0.96
Rivière Saint Denis	0.25	47	14	0.85	25	0.83	38	0.81	43	0.81	59	0.78
	0.5	90	24	0.87	45	0.86	66	0.85	76	0.84	101	0.82
	0.75	130	33	0.89	61	0.88	87	0.86	100	0.86	137	0.84
	1.0	168	34	0.90	62	0.89	94	0.87	108	0.87	149	0.85
	2.0	285	61	0.92	110	0.91	155	0.90	180	0.89	284	0.88
	3.0	372	83	0.93	149	0.92	224	0.91	262	0.90	418	0.89
	4.0	431	100	0.93	186	0.92	280	0.92	326	0.91	515	0.90
	6.0	497	125	0.94	237	0.93	358	0.93	413	0.92	652	0.91
	12.0	643	181	0.95	373	0.95	565	0.94	648	0.94	955	0.93
	24.0	669	235	0.96	545	0.96	836	0.95	956	0.95	1403	0.94
Ravine Saint Gilles	0.25	22	11	0.84	22	0.83	34	0.81	39	0.80	62	0.78
	0.5	43	19	0.87	39	0.86	58	0.84	67	0.84	106	0.81
	0.75	60	24	0.88	51	0.87	76	0.86	87	0.85	139	0.83
	1.0	79	27	0.89	56	0.88	84	0.87	97	0.86	154	0.84
	2.0	145	40	0.91	80	0.90	120	0.89	140	0.89	222	0.87
	3.0	185	49	0.92	98	0.92	151	0.91	176	0.90	277	0.89
	4.0	212	56	0.93	113	0.92	174	0.91	203	0.91	319	0.90
	6.0	245	68	0.94	137	0.93	213	0.92	250	0.92	392	0.91

	12.0	300	90	0.95	191	0.94	315	0.94	372	0.94	570	0.93
	24.0	313	110	0.96	243	0.96	437	0.95	526	0.95	838	0.94
Rivière des Pluies	0.25	26	15	0.82	27	0.80	41	0.78	46	0.77	62	0.74
	0.5	47	27	0.85	49	0.83	72	0.82	82	0.81	110	0.78
	0.75	71	36	0.87	66	0.85	95	0.84	108	0.83	152	0.81
	1.0	94	38	0.88	67	0.86	103	0.85	117	0.84	163	0.82
	2.0	182	68	0.90	122	0.89	169	0.88	198	0.87	322	0.85
	3.0	252	94	0.91	167	0.90	250	0.89	294	0.89	481	0.87
	4.0	298	115	0.92	211	0.91	317	0.90	373	0.89	604	0.88
	6.0	365	147	0.93	274	0.92	412	0.91	482	0.91	754	0.89
	12.0	491	218	0.94	443	0.93	651	0.93	744	0.92	1092	0.91
	24.0	521	298	0.95	666	0.95	971	0.94	1097	0.94	1619	0.93



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN