

Cybergeo : European Journal of Geography

Environnement, Nature, Paysage

2019

937

Collecte et gestion des débris post-cycloniques à Saint-Martin (Antilles françaises) après le passage du cyclone Irma (sept. 2017)

Post Hurricane Irma debris collection and management in Saint-Martin (sept. 2017, French West Indies)

FREDDY VINET, MATHIEU PEROCHE, PHILIPPE PALANY, FRÉDÉRIC LEONE, MONIQUE GHERARDI, DELPHINE GRANCHER, ANNABELLE MOATTY ET STÉPHANIE DEFOSSEZ

<https://doi.org/10.4000/cybergeo.34154>

Résumés

Français English

L'augmentation du volume des débris, les impératifs de protection de l'environnement, le coût de la collecte et du traitement pour les collectivités territoriales ou les entreprises sont des défis de plus en plus complexes dans les territoires soumis à des catastrophes naturelles, technologiques ou géopolitiques (conflits) destructrices. Le passage des cyclones Irma, et dans une moindre mesure José, a généré environ 60 000 tonnes de débris sur la partie française de l'île Saint-Martin, soit 1,7 tonne par habitant ou l'équivalent de trois ans de collecte normale de déchets. La collecte a nécessité quatre mois alors que le traitement et la valorisation étaient toujours en cours en novembre 2018 soit plus d'un an après le cyclone. Les opérations ont été entravées par le cyclone lui-même (destruction des infrastructures et des moyens matériels, pénurie de main d'œuvre) et par les contraintes de l'insularité (faibles volumes à valoriser, manque d'aire de stockage...). En revanche, Saint-Martin bénéficiait d'une part d'un opérateur public unique (la collectivité territoriale de Saint-Martin), d'autre part d'un lieu de stockage et de traitement appelé Écosite qui monte en compétence depuis une dizaine d'années dans la valorisation des déchets malgré des moyens modestes. L'exemple de Saint-Martin montre toutes les difficultés du traitement des débris post-cycloniques et souligne la dépendance de la production de débris et de leur traitement aux caractéristiques du territoire.

In the aftermath of a disaster, the debris caused by the destruction of property or vegetation become a crucial problem. The increase in the volume of debris, the growing requirements for environmental protection, the cost of waste collection and treatment for local authorities or companies are increasingly complex challenges for lands subject to natural, technological or political disasters (conflicts). The landfall of the cat 5 hurricane Irma and, to a lesser extent Jose, generated an amount of debris estimated up to 60 000 metric tons only for the French part of the island of St. Martin, i.e. 1.7 metric ton per capita. The waste collection and treatment represented a huge challenge. The waste collection took four months whereas the full process (treatment and recycling) was still going on in November 2018. Operations have been hampered by the cyclone itself (destruction of infrastructure and material resources, lack of laborers...) and by the constraints of insularity (low volume to value, lack of storage areas...). On the other hand, Saint-Martin benefits from a single public operator (the collectivity of Saint-Martin) and a recycling and landfill site called "Écosite" with rising skills in waste valorization despite modest funds. The example of Saint-Martin shows all the difficulties of post-cyclonic debris management and emphasizes the dependence of the production of debris and their treatment to the characteristics of the island.

Entrées d'index

Mots-clés : risque naturel, déchet, approche quantitative, gestion de crise, catastrophe

Keywords : natural hazard, waste, quantitative approach, risk management, disaster

Texte intégral

Remerciements à Jean-Pierre Tey et Anaëlle Romain de la société VerdeSXM, à Jacques Lake de la société Terrassement des Antilles, à M. Perreau et Ch. Terrac de la collectivité de Saint-Martin et à toutes les autres personnes rencontrées.

Introduction

¹ Les cyclones produisent de grandes quantités de débris qui constituent un véritable défi pour les autorités locales

chargées de les collecter et de les traiter. Les volumes en jeu représentent parfois plusieurs années de flux « normal » de déchets produits par un territoire. Le cyclone Irma qui a frappé l'île de Saint-Martin le 6 septembre 2017 illustre parfaitement la disproportion entre le défi à relever et les moyens dégradés à la disposition des acteurs locaux de la filière en phase post-crise. À partir de reconnaissances de terrain et des données récoltées auprès des acteurs locaux, cet article reconstitue la phase de collecte post-Irma entre septembre 2017 et avril 2018. Au-delà des difficultés rencontrées, le traitement des débris et déchets dans un lieu unique permet une évaluation relativement précise des quantités de débris collectés, chose peu fréquente dans la littérature scientifique et technique. Il s'agit d'étudier la réaction et les capacités d'absorption du système local de gestion des déchets face à la production quasi instantanée d'une grande quantité de débris hétérogènes.

² L'étude développée dans cet article participe d'un retour d'expérience plus général sur les conséquences de la saison cyclonique 2017 et la reconstruction dans les îles du Nord¹. Elle porte plus précisément sur la partie française de l'île Saint-Martin, que nous désignerons par Saint-Martin, car l'île Saint-Martin englobe également une partie hollandaise nommée Sint Maarten. La recherche s'appuie sur une analyse qualitative et quantitative des débris collectés par l'entreprise concessionnaire du lieu final et unique de dépôt des débris post-Irma à Saint-Martin (l'Écosite). La typologie des débris post-cycloniques a été affinée à partir d'observations de terrain en octobre-novembre 2017, mai 2018 et novembre 2018. Des entretiens ont été menés auprès des responsables de la collecte et du traitement des débris post-cycloniques notamment la communauté territoriale de Saint-Martin et les entreprises en charge de cette collecte. Ainsi l'article décrit d'abord les types de débris produits par le cyclone puis le processus de collecte. L'étude envisage ensuite une quantification des débris collectés à l'Écosite de Saint-Martin. Nous verrons enfin de manière synthétique comment les caractéristiques du phénomène cyclonique et celle du territoire touché influencent le type et le volume des débris ainsi que leur collecte et leur traitement.

La gestion des débris post-catastrophe : des enjeux croissants

Débris et déchets

³ On préférera le terme de débris à celui de déchets même si la distinction n'est pas toujours nette (Popescu *et al.*, 2014). Le déchet est le résidu d'une opération de production ou d'un processus de consommation qui a rendu l'objet obsolète. Les déchets sont produits quotidiennement par la consommation des ménages ou des collectivités. Le débris résulte quant à lui de la destruction d'un objet (plante, bâtiment, automobile...) par un agent extérieur, en l'occurrence un phénomène naturel. Évidemment, en phase post-catastrophe, la production de déchets ne s'interrompt pas et ces derniers se mêlent aux débris générés par la catastrophe. C'est d'ailleurs l'un des problèmes à régler pour les gestionnaires. La nature des débris produits dépend du type d'aléa (inondation, vent, gel...) et du type d'enjeux exposés (bâtiments, végétation...). Les processus d'endommagement, l'intensité du phénomène, le

contexte matériel et le type d'enjeu vont déterminer la nature et le volume des débris produits. Ainsi, le débris post-catastrophe par sa nature et ses volumes est un marqueur du territoire : chaque risque inscrit dans son contexte territorial va produire des débris spécifiques et influencer la chaîne de traitement.

⁴ Depuis une dizaine d'années, la production scientifique et la littérature grise (rapports d'ONG, agences gouvernementales...) témoignent de l'intérêt croissant porté au sujet et de la criticité du problème (Béraud, 2013 ; CEPRI, 2007 ; Durand *et al.*, 2015 ; GEIDE, 2013 ; Luther, 2017). Les guides de bonne pratique insistent sur la diversité et l'hétérogénéité des débris post-catastrophe (Office of Emergency Services California, 2005). Les séismes sont les phénomènes les plus producteurs de débris (McEntire, 2006 ; Ekici *et al.*, 2009), suivis des tsunamis et des cyclones/submersion marine. Ce sont les trois phénomènes qui ont suscité le plus d'études (Brown *et al.*, 2011). Les séismes font l'objet de l'attention la plus ancienne. Ils génèrent en effet de gros volumes de débris résultant de l'éroulement des immeubles et de la destruction des infrastructures. Le cyclone Katrina a suscité une attention particulière après 2005 (Luther, 2008 ; Brown *et al.*, 2011).

Enjeux et défis de la gestion des débris post-cycloniques

⁵ Les enjeux de la gestion des débris et déchets en phase post-cyclonique sont multiples et souvent contradictoires : sécuritaire, sanitaire et environnemental, politique.

⁶ L'enjeu est d'abord sécuritaire puisque les débris (branches, tôles...) représentent un danger par les projectiles qu'ils constituent et par l'encombrement des voies de communication et d'évacuation, comme cela a été étudié pour les séismes (Bertran Rojo *et al.*, 2017). Les débris peuvent également receler des produits potentiellement inflammables ou explosifs insoupçonnés. De même, la formation de gaz dans des dépôts mal contrôlés peut favoriser des incendies, comme l'ont montré les nombreux départs de feu dans la décharge de Pond Island à Phillipsburg dans la partie néerlandaise de l'île (Sint Maarten) en 2018.

⁷ La gestion des débris constitue aussi un enjeu sanitaire et environnemental. Les débris post-catastrophe renferment des produits polluants dont la liste s'allonge au fur et à mesure de l'augmentation du niveau technologique de nos sociétés : hydrocarbures, produits phytosanitaires, produits d'entretien domestique, objets électroniques contenant des métaux lourds et des terres rares, non biodégradables et dont les effets sur l'environnement sont irréversibles. L'enjeu est aussi sanitaire du fait de la présence de ces produits et du risque de prolifération d'animaux vecteurs de maladies dans les déchets non traités (Branjeon, 2015 ; GEIDE, 2013).

⁸ L'enjeu sanitaire devient politique lorsque s'ajoutent les nuisances olfactives et esthétiques. Les retours d'expérience soulignent également qu'un site de stockage des débris post-catastrophe non nettoyé devient rapidement un site de dépôt d'ordures ménagères (UNOCHA, 2011 ; Moatty, 2015). À Saint-Martin, des espaces abandonnés ont servi de dépôts sauvages associant débris polluants, déchets verts et ordures ménagères (Photo.1). Malgré les efforts de la collectivité de Saint-Martin, les dépôts sauvages se reconstituaient sitôt déblayés. Ce sont ces dépôts sauvages, en bord de route, qui ont suscité des craintes et des réprobations de la part de la population.

Photographie 1 : Brûlage dans un dépôt non officiel (près de Cul de Sac à Saint-Martin). Cliché : F. Vinet, nov. 2017.



⁹ Pour répondre à ces enjeux, la collecte et le traitement des débris post-cycloniques doivent relever des défis multiples. Il s'agit tout d'abord d'un défi logistique consistant à mobiliser suffisamment de moyens techniques et humains en un temps réduit afin d'assurer la collecte de gros volumes de débris dans des conditions dégradées (Pramudita, 2014, Béraud, 2013). Le défi est également financier pour les acteurs en charge de la gestion des débris post-catastrophe.

Le cyclone Irma sur l'île de Saint-Martin

La séquence cyclonique de septembre 2017 sur les îles du Nord

¹⁰ La saison cyclonique 2017 a été marquée par une forte activité dans le bassin caraïbe. La séquence la plus intense s'est déroulée entre la mi-août et la mi-octobre avec six ouragans majeurs (catégories 4 et 5). Le cyclone Irma a touché les Iles du Nord dans la nuit du 5 au 6 septembre 2017 après avoir traversé l'Atlantique en s'intensifiant régulièrement. Les vents soutenus ont été estimés par le National Hurricane Center (NHC) à 285 km/h au moment de son passage sur Saint-Barthélemy et Saint-Martin, avec des rafales supérieures à 350 km/h. Les cumuls de pluie ont sans doute dépassé 150 mm en 6 heures d'après Météo-France, tandis qu'une surcote de 2,04 mètres a été enregistrée à Marigot. Resté en catégorie 5 durant 75 heures, avec des vents supérieurs à 297 km/h pendant plus d'un jour et demi, Irma fut en 2017 le cyclone le plus intense dans l'aire caraïbe, dépassant ainsi l'intensité de Katrina en 2005. Quatre jours après, dans la soirée du 9 septembre, l'ouragan de catégorie 4 José passe à 130 km des Iles du Nord, générant des vents finalement inférieurs à 100 km/h sur les îles, accompagnés de précipitations significatives (50 mm) et d'une forte houle.

¹¹ Le cyclone Maria s'est approché à 50 km de la Martinique en fin d'après-midi du 18 septembre 2017 tout en

subissant une intensification explosive, avant d'aller dévaster la Dominique en catégorie 5. L'ouragan a ensuite frôlé l'archipel des Saintes dans la nuit du 18 au 19 septembre, générant des rafales estimées à plus de 215 km/h par le NHC de Miami, ainsi que des pluies diluviales dont les cumuls mesurés dépassent les 400 mm en 24 heures sur la Basse-Terre. Maria n'a pas directement affecté les îles du Nord mais les opérations de secours ont pu être retardées par l'interruption des liaisons avec la Guadeloupe. Si Irma a été à l'origine des destructions les plus massives, d'une part la succession de trois cyclones et notamment José le 8/9 septembre a participé à la production de débris par le remaniement de structures fragilisées par Irma, d'autre part elle a retardé l'arrivée de l'aide, empêchant le bâchage et favorisant l'infiltration d'eau par les plafonds².

Saint-Martin et la gestion des déchets

12 Face aux enjeux évoqués plus haut et face à l'intensité d'Irma, on devine le désarroi des gestionnaires locaux devant les volumes à gérer qui dépassent largement les capacités de traitement courants de l'île.

13 Saint-Martin, qui regroupait 38 000 habitants permanents en 2016, a progressivement structuré son système de gestion des déchets en installant en 2006 un Écosite à Grandes Cayes au nord de l'île (Robin des Bois, 2018). L'Écosite, géré depuis 2011 par l'entreprise VerdeSXM, a pour fonction de traiter les déchets issus de la collecte d'ordures ménagères, de la déchetterie de Galisbay et des entreprises (Fig.1). À titre indicatif, les volumes traités en 2016 sont indiqués ci-dessous (Tab.1).

Figure 1 : L'Écosite de Grandes Cayes (situation voir Fig.3). Source : Peroche M., Vinet F., nov. 2017.



Tableau 1 : Répartition des déchets collectés à Saint-Martin en 2016. Source : VerdeSXM/collectivité territoriale de Saint-Martin, 2017a et 2017b.

Type de déchet	Tonnage 2016

Ordures ménagères	16 608
Déchets verts ³	5 654
Encombrants	6 615
Gravats	6 977
Emballages Ménagers	84
Verre	369
DEEE	175
Cartons	657
Ferraille	570
Véhicules Hors d'Usage (VHU) ⁴	613
Pneus	91
Meubles	17
Total	38 430

¹⁴ Certains types de déchets sont relativement stables en terme de volume annuel et évoluent en fonction de la qualité de la collecte et de la population (verre, ordures ménagères...). D'autres sont soumis à des aléas comme les déchets verts et les gravats (liés à des démolitions programmées). Pour les déchets verts, les augmentations de tonnage peuvent être liées à des opérations particulières comme la collecte de sargasses, algues qui envahissent parfois les plages de Saint-Martin comme en 2015 et 2016 (Florenne *et al.*, 2016) puis de nouveau en mai 2018. En 2016, 728 tonnes de sargasses s'étaient ajoutées aux déchets verts courants et ont été traitées au fur et à mesure de leur arrivée à l'Écosite. En 2018, les sargasses ont été déposées en grande partie sur les débris d'Irma à l'Écosite, le mauvais soin apporté au ramassage ne permettant pas un compostage de qualité.

¹⁵ Certains types de déchets sont dits « cyclono-dépendants », c'est-à-dire que les tonnages sont fortement réactifs à l'occurrence de cyclones. Pour apprécier l'effort à produire en termes de traitement des débris post-cycloniques, il faut donc isoler ces débris météo-sensibles du flux habituel des déchets. C'est l'un des objectifs de cet article.

Sources des données

¹⁶ La collectivité de Saint-Martin a fait le choix de traiter l'ensemble des débris post-cycloniques sur place à l'Écosite,

contrairement à la collectivité de Saint-Barthélemy qui a préféré exporter une grande partie de ses débris post-Irma par barge vers la Guadeloupe. Ainsi, à Saint-Martin, les camions apportant des débris sur le site de Grandes Cayes ont été pesés. On dispose donc du tonnage de l'ensemble des débris collectés grâce aux données de la société VerdeSXM. Volume et tonnage sont deux données importantes qui déterminent notamment les capacités de transport nécessaires à la collecte mais nous avons privilégié les tonnages car ces derniers sont mesurés (par pesage) alors que les volumes sont estimés à différents moments du processus de collecte et à des degrés de compactage différents, ce qui engendre une marge d'erreur plus grande.

¹⁷ Cette étude visant à identifier la nature, le volume et la chronologie des débris collectés après le cyclone Irma s'est principalement appuyée sur les statistiques journalières (et agrégées au mois) d'entrée des camions à l'Écosite de Grandes Cayes fournies par l'entreprise VerdeSXM, concessionnaire du site. Les tableaux décrivent le tonnage par jour et par type de débris, sachant que lors de la période post-Irma la répartition par type de débris est approximative, nous y reviendrons en détail. De septembre 2017 à janvier 2018, lors de la période de pointe de la collecte, ce sont plus de 7 000 camions qui ont déversé des débris à l'Écosite (Source : VerdeSXM). La journée du 7 novembre 2017 détient le record avec le déchargement de 309 camions à Grandes Cayes soit un toutes les deux minutes. Un échantillon de camions a été pesé. La moyenne était de 6 tonnes par camion. VerdeSXM a appliqué cette moyenne à l'ensemble des camions pour estimer le tonnage total déposé à Grandes Cayes. Le nombre de camions est fiable puisque c'est sur cette base que VerdeSXM est rémunéré par la collectivité territoriale ou les entreprises pour la prise en charge des déchets et débris à l'Écosite.

¹⁸ Les données de collecte à l'Écosite lors des années précédentes ont servi d'étalon pour estimer ce qui, dans le tonnage collecté lors de la période d'étude (septembre 2017-Avril 2018), relève d'Irma et ce qui relève du flux courant des déchets. Des précisions méthodologiques sur les données prises en compte sont introduites aux différents stades de la recherche (notamment sur les périodes retenues).

¹⁹ Des entretiens ont été conduits par les auteurs en novembre 2017 et novembre 2018 lors de deux périodes d'investigation de dix jours à Saint-Martin. Les entretiens menés auprès des responsables et employés de l'entreprise VerdeSXM ont porté sur la nature des données de pesage, sur la typologie des débris et sur les différentes filières de traitement et de valorisation des débris, de façon à éclairer le traitement statistique des tableaux fournis par VerdeSXM. Des entretiens complémentaires ont été effectués auprès des entreprises de transport et auprès des personnes en charge de la gestion des déchets à la collectivité de Saint-Martin.

Nature des débris post-cycloniques

Les agents d'endommagement : la cyclono-dépendance des types de débris

²⁰ La diversité des agents d'endommagement accompagnant les cyclones (vent, submersion marine...) génère des

débris très hétérogènes (Tab.2).

21 Le vent est le principal générateur de dommages par effet de pression et impact de projectiles. À Saint-Martin, les toitures ont été endommagées ou carrément arrachées, de même que les structures légères (charpentes en bois, auvents, terrasses). À Grand Case, les premiers diagnostics de dommages font état de 47% du bâti ayant subi des dommages modérés à très graves, allant de pertes importantes de couverture à l'effondrement total des édifices. Compte tenu de la vitesse des vents, les structures métalliques en poutres IPN ont été parfois déséquilibrées. Le vent est également le principal producteur de déchets verts (branches, feuillages...)⁵.

22 Aux dégâts du vent s'ajoutent ceux liés à l'eau. Saint-Martin n'étant pas doté de cours d'eau permanent et ayant reçu peu de précipitations, seuls quelques secteurs ont été inondés par des débordements de cours d'eau ou du ruissellement. En revanche, les submersions marines et les chocs mécaniques liés à l'action des vagues ont produit de nombreux dommages aux structures légères, notamment à Sandy Ground, Baie Nettlé, Grand Case et Baie Orientale. Dans le cas des submersions marines, les dommages sont aggravés à la fois par la salinité qui attaque les structures métalliques des maçonneries et peut ruiner un édifice mal construit, et par la turbidité de l'eau qui endommage définitivement mobilier, matériel électroménager et véhicules... La submersion marine et les vagues déposent également d'abondants volumes de débris parfois enfouis sous le sable ou les végétaux des mangroves. Aux dommages directs sur les bâtiments, il faut ajouter les débris libérés par la reconstruction des réseaux et des infrastructures (voirie, câblages, fils électriques...).

23 En phase post-cyclonique et en particulier à Saint-Martin, où nombre de toitures étaient fragiles (Build Well, 2018), la disparition des couvertures majoritairement constituées de tôles a eu pour conséquence d'endommager l'intérieur des habitations par infiltration des eaux de pluie. Les couvertures provisoires de toit (par des bâches par exemple) ont été tardives faute de main d'œuvre et de matériel. Ces couvertures fournissent à terme des déchets lorsque le toit est réparé. La phase de collecte de débris et déchets post-cycloniques peut durer plusieurs années tant que la reconstruction n'est pas achevée. De plus, la gestion de crise produit elle-même des déchets spécifiques comme du matériel médical ou les abris temporaires (Béraud, 2013 ; Branjeon, 2015).

Tableau 2 : Typologie des débris cycloniques (classement par ordre décroissant de cyclono-dépendance).

Type de débris	Détail	Vent et impacts de projectiles	Infiltrations	Ruisseau urbain et submersion marine	Erosion et accumulations marines
Débris de démolition	Gravats	+	+	++	+++
	Débris de construction légers (Charpente...)	+++	+	+	+++
	Tôles	+++	-	-	+
Encombrants	Mobilier	+++	++	+++	+
	Vêtements		++	+++	+

	Macro déchets encombrants	+++	++	++	+
Véhicules	BHU (bateaux hors d'usage)	+++	-	+++	-
	VHU (véhicule hors d'usage)	+++	-	++	-
	Epaves avions	+++	-	-	-
Déchets végétaux	Arbres, branches	+++	-		++
	Embâcles			++	
	Laisses de mer			++	++
Déchets dangereux et polluants	Réseaux électriques	+++		++	++
	DEEE blanc		++	++	++
	Petits DEEE (GPS app. Photo...)	+	++	++	++
	Climatiseurs	+++			++
	Déchets explosifs (fusée bateau, feux artifice...)	Voir BHU			
	Bois peints	Voir débris de construction			
	Déchets médicaux (surcroît d'activité médicale)	(+)	(+)	(+)	(+)
	Déchets putrécibles (Cadavres animaux, Résidus de nourriture...)	(+)	(+)	(+)	(+)
Ordures ménagères	Impact des cyclones sur le volume des OM : à discuter				

Légende : (+++ : forte relation entre agent d'endommagement et type de débris ; + : faible relation ; - : pas de relation)

24 Ainsi, les postes les plus cyclono-dépendants sont *a priori* les déchets verts, les tôles et matériaux de constructions, les encombrants, les déchets des équipements électriques et électroniques (DEEE), les VHUs. Certains postes comme le verre ou les plastiques recyclables sont peu cyclono-dépendants. La question des déchets ménagers, quant à elle, devra être discutée au regard des volumes collectés.

La diversité des débris à traiter

25 Il existe de nombreuses typologies des déchets post-cycloniques dont le tableau 2 tente de faire la synthèse (Luther, 2017 ; Brown *et al.*, 2011 ; GEIDE, 2013). Jadis fondées sur l'origine des débris cycloniques, elles se rapprochent de plus en plus aujourd'hui des nomenclatures ICPE qui classent les déchets non plus en fonction de leur provenance mais en fonction de leur dangerosité et du type de traitement qu'ils doivent et/ou peuvent subir⁶ (Durand *et al.*, 2017 ; CEPRI, 2013). Les grands types de débris sont : les déchets verts, les débris de construction (tôles, charpentes...), les encombrants (mobilier), les VHU, les épaves maritimes... À l'intérieur de grands postes de débris comme les métaux ferreux, les types de collecte et de traitement peuvent être complètement différents entre par exemple des poutres IPN ou des tôles, sachant que les broyeurs de métaux classiques absorbent les débris métalliques jusqu'à 3 mm d'épaisseur. Les charpentes métalliques doivent être découpées au chalumeau ou à la pince afin d'être réduites et éliminées.

26 Cependant, la production de déchets ne s'arrête pas après le passage du cyclone. Le déchet courant se retrouve mêlé aux débris produits par le cyclone. Toutes les recherches et retours d'expérience pointent la difficulté du tri sélectif préalable au traitement des débris de catastrophe (Brown et Milke, 2016 ; GEIDE, 2013 ; Moatty, 2015 ; Nithart, 2018). Le mélange des débris et la nécessité de collecter en mode dégradé (diminution des moyens, urgence...) entraîne une altération des filières de traitement notamment pour les produits dangereux et polluants (GEIDE, 2013 ; Robin des bois, 2018). Ainsi les bois traités (peinture, produits insecticides...) doivent subir un traitement particulier donc un tri préalable par rapport au bois naturel. De fait, ce tri n'a pas été fait à Saint-Martin. De même le petit matériel électronique (GPS, tablettes, portable...) n'est pas toujours trié et passe dans les sacs d'ordures ménagères qui ne sont ni ouverts ni triés. Enfin il faut signaler les effets non contrôlés de l'élimination des débris qui échappent aux filières de traitement et de valorisation comme le brûlage incontrôlé. Plusieurs feux d'ordures ménagères et de débris ont été constatés à Saint-Martin en octobre-novembre 2017 sur les lieux de stockage temporaires officiels ou sauvages (Photo.1).

27 L'insularité permet en théorie de mieux contrôler les sorties éventuelles de débris. Après Katrina en 2005 aux Etats-Unis, la dissémination des déchets a été facilitée par l'immensité des territoires touchés qui a pu en faire perdre le contrôle et disperser par exemple des parasites (termite de Formose) ou des polluants (GEIDE, 2007, p.18). A Saint-Martin, si sortie de l'île il y a eu, elle a pu se faire par flottaison naturelle (débris retrouvés sur île voisine) ou sciemment, par exportation non contrôlée.

28 Il faut ajouter à cette liste les macro déchets issus des VHUs (véhicules hors d'usage), dont la collecte est assez complexe mais dont le traitement est relativement bien maîtrisé maintenant. Les épaves maritimes constituent certainement les débris les plus difficiles à collecter. Environ 200 épaves de bateaux, principalement de plaisance, ont été identifiées sur l'île de Saint-Martin dont 140 dans la partie française. La difficulté technique et le coût de leur renflouage, la complexité juridique (propriétaire absent et/ou nombreux, contrat d'assurance imprécis...) expliquent pourquoi huit mois après le cyclone, seuls une cinquantaine d'entre eux avaient été dégagés des ports de plaisance d'Oyster Pond, de la baie de Marigot ou d'Anse Marcel. Enfin, les enquêtes du Sertit confirmées par les témoignages de l'aérodrome de Grand Case ont attesté l'existence d'avions hors d'Usage (AHU)⁷. Ces avions ne font pas partie des rubriques ICPE et n'ont pas été traités à l'Écosite.

29 L'afflux de volumes importants de débris non triés pose un défi logistique, technique, financier voire politique aux autorités locales.

La collecte des débris post-cycloniques à Saint-Martin

30 Au lendemain d'une catastrophe majeure comme le cyclone Irma, les autorités locales sont confrontées à une multitude de tâches toutes plus prioritaires les unes que les autres (fourniture d'eau potable, dégagement de la voirie, remise en fonctionnement des services...). Or, à partir du 10 septembre 2017, passée la phase de sidération et après l'éloignement du cyclone José, les habitants ont commencé à déverser sur les trottoirs et sur tout espace libre les débris engendrés par les cyclones sur leur propriété. De plus, la production de déchets ne s'arrête pas avec le cyclone. Les ordures ménagères continuent d'être produites par la population qui cherche à s'en débarrasser de façon sauvage lorsque les filières de collecte sont défaillantes. À Saint-Martin, de nombreux obstacles ont entravé la collecte des débris et la reprise du service d'enlèvement des ordures ménagères.

Les obstacles spécifiques

31 Les contraintes furent d'abord logistiques. La route littorale qui conduisait à l'Écosite de Grandes Cayes, construite trop près de l'océan, a été détruite sur 200 m par l'érosion littorale lors du passage du cyclone Irma. Ainsi le centre de stockage et de traitement s'est retrouvé inaccessible. La route d'accès à l'Écosite, a été provisoirement remise en état vers le 15 septembre. À cela s'ajoute l'endommagement à des degrés divers de 80% du matériel de l'Écosite (broyeurs, véhicules, hangars...). Le manque de moyens humains et logistiques a aussi pénalisé la remise en place de la collecte des déchets. Les véhicules et le personnel des entreprises sous-traitantes de la collectivité pour la collecte des déchets se sont retrouvés en grande partie indisponibles ou mobilisés pour d'autres tâches. À partir de la mi-septembre, l'afflux de moyens matériels n'était pas destiné en priorité à la collecte des débris mais au maintien de l'ordre, à la fourniture d'eau potable ou au rétablissement des communications, tâches jugées, à tort ou à raison, plus urgentes. En l'occurrence, l'insularité et l'éloignement sont des handicaps qui ont été soulignés pour d'autres pans de la gestion de crise (Lirec, 2018) mais qui sont particulièrement criants pour la gestion des débris. Ainsi, pour diverses raisons, Saint-Martin s'est retrouvé face à des quantités importantes de débris impossibles à collecter et à traiter dans l'immédiat. Le stockage temporaire s'imposait.

32 La littérature distingue trois temps dans la collecte (Brown *et al.*, 2011) : la phase d'urgence qui consiste à extirper les débris potentiellement dangereux (santé, instabilité...), une phase de post crise (*recovery*) qui correspond au dégagement du mobilier et des éléments de structure endommagés, préalable à la reconstruction, puis une troisième phase de dégagement des débris nécessaires à la reconstruction. L'ensemble peut prendre plusieurs années. À Saint-Martin, la collecte des débris s'est calée en gros sur ce schéma. Une première phase qui va de mi-septembre à fin octobre 2017 correspond au dégagement - un peu anarchique - des débris les plus gênants vers les sites temporaires. Dans une deuxième phase, le dégagement des sites temporaires de stockage vers l'Écosite s'est fait d'octobre 2017 à

janvier 2018 (Fig.3). La troisième phase, plus diluée était toujours en cours en juin 2018, mêlant le dégagement des derniers débris d'Irma et l'enlèvement des déblais de reconstruction.

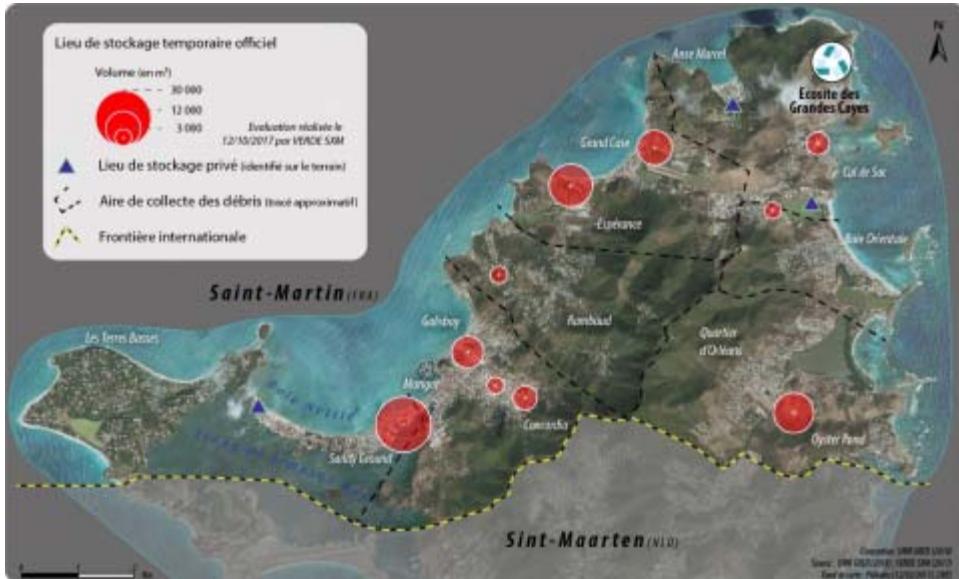
Figure 2 : Chronologie de la collecte des débris post-Irma à Saint-Martin (partie française).



Mise en dépôt et chronologie de la collecte

33 Le rassemblement des débris post-catastrophe sur des lieux d'entrepôts temporaires est une pratique qui s'est généralisée (Brown, 2011 ; Cheng et Thompson, 2016). Elle s'impose car les filières existantes de traitement des déchets ne peuvent absorber le flux massif de débris engendrés par le cyclone. De plus le tri ne peut souvent pas être fait dans l'urgence. Cette pré collecte, dite de premier ordre, a pour objectif de dégager les débris des zones dévastées afin de faciliter les déplacements, rétablir les réseaux et contribuer à la reconstruction d'urgence tout en se ménageant des solutions de traitement ultérieures. À Saint-Martin, dix lieux de dépôt temporaire ont été choisis (Fig.3). À cela s'ajoutent des sites sur des espaces privés et des dépôts sauvages dans des secteurs accessibles (terrains abandonnés près des routes comme à la sortie de Marigot sur la route de Sint Maarten ou le long de la route de l'aéroport de Grand Case par exemple).

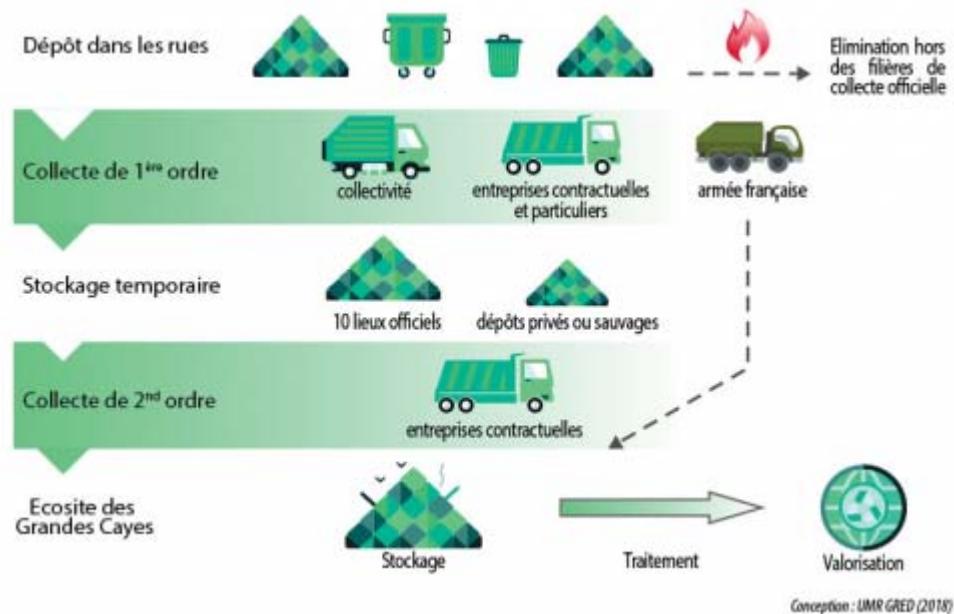
Figure 3 : Les dépôts temporaires de débris post Irma



34 Les lieux de dépôt temporaires officiels ont été mis à disposition par la collectivité. Il s'agit en majorité de terrains vagues et de terrains de sport. Leur répartition spatiale est contrainte avant tout par la disponibilité foncière et par la proximité des lieux habités. La collecte de premier ordre a été effectuée entre la mi-septembre et le 6 novembre 2017 par 50 entreprises payées par la collectivité ou les particuliers, assistées des agents territoriaux et des militaires (RSMA / Marine Nationale). La priorité était de dégager des axes principaux – tous les axes sont dégagés le lundi 25 septembre. La plus grande part de la collecte était terminée le 12 octobre, correspondant à la fin de contrat pour certaines entreprises et date d'estimation des volumes de débris sur les sites temporaires Fig.3). Le dépôt sur les sites temporaires s'est poursuivi jusqu'au début novembre. En théorie, ces sites accueillaient uniquement les encombrants et les tôles ramassés par les entreprises délégataires dans les rues⁸. La réalité était plus complexe. Un premier tri a consisté au départ à séparer tôle et tout venant. Si ce tri a pu se faire dans certains endroits, il n'a pas été systématique. De plus, si le dépôt d'ordures ménagères était interdit sur les plateformes de dépôt temporaire, le retard dans la collecte de ces déchets a poussé certains habitants à les y déposer ce qui a engendré des nuisances olfactives voire sanitaires et rendu plus difficile le tri et le traitement final des débris.

35 Au 12 octobre 2017, date d'une estimation à dire d'expert, les stockages temporaires accueillaient 89 300 m³ d'encombrants (densité estimée à 0,2) et 19 900 m³ de tôles (densité estimée à 0,1). Le dépôt du stade d'athlétisme Albéric Richard à Sandy Ground fut le plus volumineux des 10 sites officiels (30 000 m³). Les second et troisième plus importants étaient respectivement ceux de Grand Case et Quartier d'Orléans.

Figure 4 : L'organisation de la collecte des débris post-cycloniques à Saint-Martin.



36 Parallèlement, la collecte des ordures ménagères a repris dès l'ouverture de l'accès routier vers l'Écosite, soit environ deux semaines après le passage du cyclone. Un nouvel accès sécurisé, non exposé à l'érosion marine, a été construit avec l'aide du 19^e régiment du génie de Besançon et ouvert le 11 octobre⁹ (Fig.1). Face à l'amoncellement des débris et aux difficultés de circulation sur l'île, les forces armées ont contribué au transport des ordures ménagères les premiers jours, en renfort de la reprise graduelle du fonctionnement normal. Les services de la collectivité estimaient à 40 à 50% la part du territoire desservie fin septembre 2017. Il a fallu attendre le 9 octobre, soit un peu plus d'un mois après Irma, pour que le ramassage quotidien des ordures ménagères reprenne selon les circuits habituels¹⁰.

37 Les dépôts secondaires, privés ou sauvages, n'ont pas transité par les lieux de stockages temporaires officiels. L'évacuation des dépôts privés a été réalisée par des entreprises directement vers l'Écosite de Grandes Cayes. Les délais sont variables en fonction de la capacité des copropriétés à mobiliser des financements. Les dépôts sauvages se sont multipliés sur le territoire. Ils peuvent atteindre parfois des volumes importants. Malgré les rappels de la collectivité dans la presse locale sur l'interdiction par la loi des dépôts sauvages (article L. 541-3 du code de l'environnement), ces dépôts persistaient encore en juin 2018.

38 La collecte de second ordre est organisée par la collectivité. Le marché public a concerné 10 entreprises en charge de déblayer les dépôts temporaires vers l'Écosite des Grandes Cayes. Les débris, mélanges de tôles, de déchets verts et d'encombrants ont été pour une part pris en charge par les filières de traitement et de valorisation sur l'Écosite dans la limite de leur capacité. Le surplus non absorbable a été stocké temporairement à proximité de l'Écosite à partir du 23 octobre 2017 en attendant un traitement ultérieur (Fig.1). Les derniers dépôts temporaires ont été libérés en décembre 2017 et les sites remis en état en janvier 2018, soit plus de quatre mois après le cyclone Irma. Le dépôt temporaire à Grandes Cayes (Fig.1 et 2), appelé « tas Irma », fut compacté et recouvert de terre par la société

VerdeSXM afin de limiter le risque d'incendie. La société VerdeSXM gestionnaire du site de Grandes Cayes a enregistré une comptabilité des tonnages et du nombre de camions à l'arrivée sur le site. C'est donc à partir de ces données que la quantité de débris imputable à Irma a été estimée.

Estimation des volumes et tonnages collectés à Saint-Martin

³⁹ L'estimation des volumes et tonnages de débris collectés après une catastrophe est toujours complexe. Toutefois, à Saint-Martin, l'existence d'un lieu de traitement final unique (l'Écosite), l'insularité et la petite taille de l'île favorisent une évaluation relativement précise du volume et du tonnage des débris.

La difficile estimation des volumes collectés

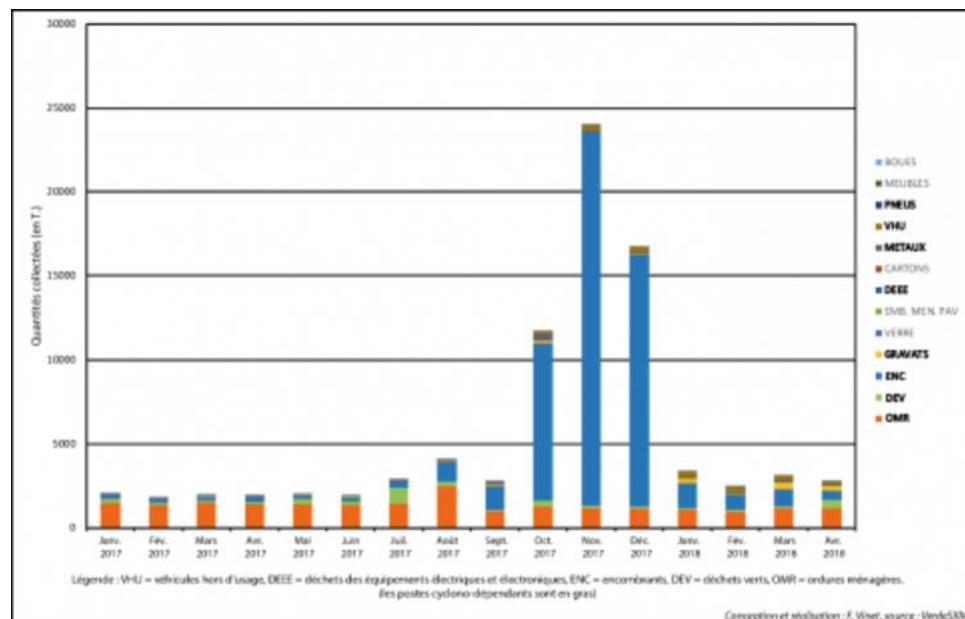
⁴⁰ Comme signalé précédemment, il faut séparer, dans la phase de collecte post cyclonique, les déchets banals produits en temps normal des débris spécifiques générés par le cyclone (en l'occurrence le cyclone Irma). Il se peut également que les débris couvrent plusieurs événements se succédant à un intervalle de temps réduit. Ce fut le cas à Saint-Martin où il est impossible de distinguer les débris provoqués par Irma de ceux générés par José et Maria. La grande majorité des débris ont été provoqués par le cyclone Irma. José et Maria ont repris des structures fragilisées par Irma ou/et amplifié les dégâts des eaux dans les bâtiments dont la toiture était détruite. Ainsi le contexte météorologique des semaines suivant la catastrophe peut-il augmenter (en cas de précipitations ou d'autres cyclones) sensiblement le volume des débris. Un troisième facteur brouille l'estimation du volume de débris de la catastrophe, c'est l'élimination des déchets et débris hors des filières de collecte officielle (brûlage, immersion en mer, dépôts sauvages...). Ces éliminations sauvages peuvent provoquer des pollutions à court ou long terme voire se révéler dangereuses (Béraud, 2013, 138 ; Béraud et al., 2019). Par ailleurs certains débris ont pu être « recyclés » c'est-à-dire réutilisés soit indument (trafic de VHUs vers Sint Maarten) soit dans le cadre du développement d'une économie circulaire vertueuse visant à limiter les débris définitivement mis au rebut¹¹ mais il est impossible d'évaluer les quantités concernées. Ainsi l'estimation des volumes est-elle la plupart du temps minorante (GEIDE, 2013). Par ailleurs, la littérature scientifique donne souvent des estimations en volume ce qui recouvre des réalités très différentes en termes de collecte et de traitement. Rien de commun évidemment entre des m³ de gravats, de déchets verts ou d'encombrants hétérogènes de type matelas ou mobilier. Les densités moyennes estimées pour les débris post séisme sont de 0,59 t/m³ non compactés (forte présence de gravats) alors que pour les débris cycloniques, on dépasse rarement 0,2 (déchets verts, tôles...) (Brown et al., 2011). Pour cette raison, nous essaierons de privilégier les résultats en tonnage.

Estimations des tonnages de débris post-cycloniques à Saint-Martin

Les tonnages collectés après le passage d'Irma

⁴¹ La figure 5 montre la chronologie de la collecte des déchets à l'Ecosite entre janvier 2017 et avril 2018. La période de janvier 2017 à août 2017 est donnée comme élément comparatif d'une collecte normale principalement constituée par les ordures ménagères. La période post Irma commence en septembre 2017 avec une collecte minorée ce mois-ci compte tenu des difficultés d'accès au site puis une collecte qui augmente fortement d'octobre à décembre 2017 par l'afflux des débris entreposés sur les lieux de stockage temporaires. Il n'a pas été possible de ventiler tous les débris par catégorie, la ligne « encombrants non triés » formant la plus grosse masse stockée entre fin octobre et fin décembre sur le site de Grandes Cayes (Fig.5). Le travail suivant a été de dégager le tonnage généré par Irma en défalquant la collecte courante du volume collecté en phase post-Irma.

Figure 5 : Tonnages et type de déchets/débris collectés à l'Écosite de janvier 2017 à avril 2018.



Estimation de la surcollecte de débris post Irma

⁴² Afin d'estimer la surcollecte de débris directement liés à Irma, nous avons arrêté une période allant de septembre 2017 à avril 2018 inclus. À partir de mai 2018, la ventilation des déchets par type retrouve un profil normal perturbé

en juin-juillet par une campagne de prévention des débris cycloniques qui a modifié la collecte ordinaire et provoqué un afflux de déchets qui n'est pas directement lié à Irma. Nous avons comparé la collecte de la période septembre 2017 – avril 2018 à la période équivalente un an auparavant soit septembre 2016-avril 2017, les déchets étant soumis à des variations saisonnières, notamment les ordures ménagères et les déchets verts. La période de référence peut donc être considérée comme représentative de la collecte normale précédent l'arrivée d'Irma. Nous n'avons pas pris pour référence les moyennes 2013-2016 car sur cette période, la valorisation est en voie d'organisation sur l'île et l'activité de l'Écosite monte en charge avec le développement de nouvelles filières de collecte et de valorisation qui expliquent l'augmentation des volumes et les changements dans la typologie des déchets. Ces changements rendent difficiles les comparaisons sur une période de plusieurs années.

⁴³ La répartition de la collecte est significative sur certains postes cyclono-dépendants (Tab.3). Le plus gros poste est constitué par les encombrants non triés (52 000 tonnes), mélange décrit plus haut de déchets verts, de tôles et de tout venant (matelas, meubles...). Le volume de déchets verts n'est pas représentatif car beaucoup sont inclus dans le tas d'encombrants non triés. D'après l'entreprise VerdeSXM, ils constituaient 25 à 30% du « tas Irma » soit 15 000 tonnes. Le troisième poste est celui des VHUs : plus de 2 000 tonnes collectées¹², pneus inclus. Au 1er juin 2018, 1 784 VHUs avaient été acheminés et stockés sur l'Écosite dont 874 ont fait l'objet d'une dépollution à raison de 6 à 8 véhicules par jour. En réalité, il resterait sur le territoire environ 5 000 épaves automobiles¹³. De nombreuses interrogations planent autour de la question des VHUs. Les rumeurs évoquent des trafics entre la partie française et la partie hollandaise de l'île avec des véhicules qui seraient ré-immatriculés côté hollandais où les contrôles sont moins sévères voire seraient réexportés vers les Antilles. Les responsables de la collectivité de Saint-Martin estiment quant à eux que des habitants du côté hollandais viennent déposer leur VHUs côté français. Ces allégations sont difficilement vérifiables et les flux concernés encore moins facilement évaluables. À titre de comparaison, la moyenne annuelle du nombre de VHUs à Saint-Martin est de 500 à 600. Il existait probablement avant Irma 2 000 véhicules abandonnés sur le territoire de Saint-Martin malgré les campagnes de résorption menées en 2015-2016 par la collectivité. Par ailleurs, 400 à 500 véhicules proviendraient de l'île de Saint-Barthélemy qui n'a pas de filière de traitement des VHUs.

⁴⁴ Enfin, en avril 2018, 943 tonnes de métaux avaient été collectées, principalement des tôles résultant du démantèlement des toitures sachant que de nombreuses tôles sont encore en dépôt à l'Écosite.

Tableau 3 : Tonnage de débris et déchets collectés après Irma et comparaison avec 2016

	Collecte post Irma (sept.2017 - avr. 2018)	Moyenne mensuelle post Irma	Collecte période référence (sept.2016 - avr. 2017)	Moyenne mensuelle (sept 16-avr. 17)	Différence post Irma - pré Irma	Différence post Irma - pré Irma (en %)
Ord. ménagères	8948	1118	11155	1394	-2207	-19,8
Déchets verts	1536	192	1608	201	-72	-4,5
Encombrants	52090	6511	2005	251	50085	+ 2500

Gravats	1208	151	2909	364	-1701	-58,5
Verre	86	11	255	32	-169	-66,3
Emb. ménagers	41	5	68	8	-26	-38,2
DEEE	70	9	99	12	-28	-28,2
Cartons	40	5	40	5	0	n. s.
Métaux	943	118	158	20	785	+ 497
VHU	2040	255	335	42	1705	+ 509
Pneus	7	1	11	1	-4	n. s.
Boues	300	38	413	52	-112	-27
Totaux	67312	8414	19056	2382	48256	

Source : Verde SXM, n.s. = non significatif

45 Enfin, certains déchets ont vu leur collecte diminuer, comme le verre ou les ordures ménagères. Pour le premier, cela peut s'expliquer par la diminution de la vigilance de tri lors de la phase post-cyclonique, les habitants sinistrés ne prenant pas le temps de trier le verre ou d'autres déchets, les filières de tri étant d'ailleurs fortement endommagées et désorganisées. La collecte des ordures ménagères a quant à elle diminué de 2 200 tonnes (-20%) lors de la phase post Irma. Cette baisse peut s'expliquer de plusieurs manières. Lors de l'immédiate post crise (septembre et début octobre 2017), la défaillance de la filière de collecte a induit des éliminations sauvages d'ordures ménagères. Par ailleurs, des déchets habituellement éliminés en ordures ménagères ont été glissés dans les débris post-cycloniques. Ceci a été signalé par la presse et sur les réseaux sociaux compte tenu des nuisances engendrées par le mélange débris/ordures ménagères (odeurs, animaux nuisibles...). Plus sûrement, la diminution des ordures ménagères (et celle du verre en partie) reflète la diminution de population. Les départs de population ont été estimé à 8 000 personnes dans le mois qui a suivi Irma¹⁴, même si en janvier une grande partie de ces personnes étaient de nouveau sur l'île¹⁵. À cela s'ajoute la diminution de la fréquentation touristique. D'ailleurs la baisse de la collecte d'ordures ménagères est particulièrement sensible au mois de décembre 2017 (-35%) qui marque traditionnellement le début de la saison touristique. La diminution de la collecte d'ordures ménagères est une preuve, s'il en était besoin, de l'insuccès de la saison touristique 2017-2018 à Saint-Martin.

46 Ce sont ainsi 67 000 tonnes de déchets et débris qui ont été collectés dans les huit mois qui ont suivi le passage d'Irma. Si l'on compare avec la collecte lors de la même période l'année précédente, le surplus de collecte s'élève à 48 000 tonnes¹⁶.

Une sous-estimation des tonnages

47 L'estimation présentée plus haut n'est qu'une estimation a minima. En effet, plusieurs catégories de débris n'ont pas été comptabilisées dans ce total. Il s'agit tout d'abord des déchets et débris non collectés. En effet, une partie des débris post Irma a été dispersée en mer ou dans des zones littorales peu accessibles (mangroves). Des opérations de collecte ont débuté en 2018. Elles sont l'œuvre de la collectivité territoriale, d'associations et d'ONG¹⁷. En mai 2018, quelques secteurs d'avant plage ont été nettoyés à Grand Case et à Galisbay¹⁸. Sur une partie seulement de la plage de Grand Case, 10 tonnes d'encombrants ont été sortis des eaux, ce qui laisse penser que le tonnage des débris immersés doit être d'au moins de 200 ou 300 tonnes sur l'ensemble des littoraux.

48 Ne sont pas comptabilisés non plus les débris et déchets brûlés (notamment des ordures ménagères et des déchets verts), les débris récupérés pour la reconstruction, les vols et exportations illicites de débris post-cycloniques comme les débris métalliques (bloc de climatisation), sans qu'il soit possible d'en estimer le volume. Très peu de cadavres d'animaux ont été déposés à l'Écosite. Or, des articles de presse font état d'une forte mortalité parmi les animaux d'élevage de l'île qui n'ont pas été traités par les filières décrites plus haut. Les animaux ont en général été incinérés rapidement pour des raisons sanitaires la semaine suivant le cyclone, l'Écosite n'étant pas accessible à ce moment-là. De plus, ne sont pas comptabilisés les rebuts de reconstruction évacués par les grands opérateurs privés ou parapublics (ERDF, opérateurs télécoms...) lors de la remise en état des réseaux. Enfin, parmi les encombrants non encore collectés, il faudra ajouter les BHU (bateaux hors d'usage). Environ 140 ont été répertoriés mais, fin juin 2018, trente seulement avaient été broyés à Grandes Cayes pour un tonnage de 96 tonnes. On peut raisonnablement estimer le volume total de BHU à plus de 500 tonnes.

49 Enfin, le tonnage de gravats affiché dans le tableau 3 n'est pas significatif. Dans le cas des cyclones, le gravat a un statut particulier et constitue plus un débris de reconstruction que de phase post crise (Luther, 2008). Si des gravats ont été collectés dans les mois qui ont suivis Irma, le volume reste faible car le cyclone n'a pas détruit directement les structures maçonniées des habitations sauf par submersion marine. En revanche, lors de la phase de reconstruction, des bâtiments relativement anciens et ne répondant plus aux normes, sont parfois reconstruits complètement comme à Anse Marcel. Les gravats ont donc été évacués plusieurs mois après le cyclone et, au vu de l'état de reconstruction constaté sur l'île en mai 2018, de gros volumes de gravats sont encore à venir. En réalité les gravats n'ont pour la plupart pas été évacués vers l'Écosite. Les professionnels du bâtiment qui participent au dégagement des bâtiments détruits par Irma utilisent les gravats pour du remblaiement local ou bien les déposent dans des lieux non autorisés (notamment les lagunes), ce qui a été constaté et dénoncé par une association spécialisée dans la veille des déchets post-catastrophe en mai 2018 (Robin des bois, 2018). Seuls quelques gros entrepreneurs de travaux publics disposant de concasseurs traitent correctement les gravats pour les réutiliser en construction. Toutefois cette situation bénéficie de l'accord tacite de nombreux acteurs car elle limite les coûts de transports et de mise en décharge. L'Écosite ne tient d'ailleurs pas à recevoir trop de gravats, débris irréductible qui consomme beaucoup de place, bien rare sur le site de Grandes Cayes.

50 Ainsi en additionnant au « tas Irma » les déchets non collectés, on peut *in fine* estimer la masse des débris générés directement par la séquence cyclonique de septembre 2017 à 60 000 tonnes soit 1,7 t par habitant permanent ou l'équivalent de trois ans et demi de collecte normale. Si l'on applique les densités estimées sur les dépôts

temporaires¹⁹, le volume correspondant non compacté serait de l'ordre de 300 000 à 350 000 m³.

Discussions et comparaisons

⁵¹ L'estimation des volumes de débris causés par des catastrophes naturelles est souvent grossière et englobe l'ensemble des débris sans qu'il soit possible de les catégoriser. Les estimations consolidées sont récentes et assez peu nombreuses dans la littérature internationale. Brown *et al.* (2011) livrent quelques tonnages ou volumes pour des catastrophes emblématiques. Le GEIDE fournit également des estimations notamment pour le cyclone Dean (catégorie 2) qui a frappé la Guadeloupe et la Martinique en 2007. Le volume est estimé à 900 000 tonnes au moins (peut-être le double) sur l'ensemble des deux îles sachant que la Martinique a été plus touchée que la Guadeloupe (GEIDE, 2013). On atteindrait des quantités de 1 à 2 tonnes par habitant pour un cyclone de catégorie 2, le fort volume de débris s'expliquant en partie par l'abondance des déchets verts dans des îles beaucoup plus végétalisées que les Iles du Nord. Même constat à la Réunion pour Dina (cat. 4) où 75% des 50 000 tonnes récoltées étaient constituées de déchets verts.

Tableau 4 : Exemples de quantités de débris post-cycloniques collectés.

Cyclone	Territoire concerné	Population exposée	Masse de débris collectée	source	Volume par habitant
Andrew (cat. 5, 1992)	Miami Dade county	2 000 000	33 Mm ³	GEIDE, 2013	16,5 m ³ /habt
Iniki (cat.4, 1992)	Kauai (Hawai)	50 000	3,8 Mm ³	Ekici, 2009	76 m ³ /habt
Dina (cat.4, 2002)	La Réunion (nord)	400 000	50000 t	Hugodot et Dubois, 2003	0,125 t/habt
Katrina (cat.4, 2005)	Louisiane, Mississippi, Alabama	12 000 000	88 Mm ³	Ekici , 2009 ; Luther, 2008	7,3 m ³ /habt
Dean (cat.2, 2007)	Martinique et Guadeloupe	800 000	0,9 à 1,8 Mt	GEIDE 2013	1 à 2,25 t/habt
Irma (cat.5, 2017)	Wellington (Florida)	60 000	138000 m ³	Municipalité de Wellington	2 ,3 m ³ /habt
Irma (cat.5, 2017)	Saint-Martin	38000	300000 m ³ 60000 t	Verdesxm/collectivité St-Martin	8 m ³ /habt 1,7 t/habt

⁵² Sur des espaces comparables, dans la ville de Wellington (Floride, 60 000 habitants), la collecte de débris post

Irma a généré 138 000 m³ de déchets entre le 14 septembre et le 26 octobre 2017²⁰ mais il ne nous a pas été possible d'obtenir le tonnage. En appliquant un coefficient de 0,2 t/m³, on obtiendrait 28 000 tonnes pour 60 000 habitants, soit nettement moins qu'à Saint-Martin. On peut mettre cela sur le compte de la plus forte fréquence des cyclones et des normes de construction plus sévères en Floride.

53 La surcollecte se mesure parfois en nombre d'années de collecte normale. Ce volume serait de 5 à 15 années de production annuelle de déchets de routine (Nithart, 2017). Pour l'ouragan Sandy dans le New Jersey en 2012, la surcollecte avait atteint sept années normales. Lors de la submersion marine Xynthia, les deux communes les plus impactées ont recueilli l'équivalent de 12 ans de production normale (Robin des Bois, 2010). Pour Irma à Saint-Martin, on serait un peu en-dessous de ces chiffres même en tenant compte des débris non collectés.

Territoire et débris post-cycloniques

54 Les types et les quantités de débris sont étroitement liés aux caractéristiques physiques et socioéconomiques du territoire dévasté. Ce n'est pas le cyclone qui alimente en débris mais le territoire. Le débris en tant qu'impact du cyclone est le reflet de la vulnérabilité face au cyclone. De même, la gestion des débris post-cycloniques se fait dans un territoire contraint par l'insularité ce qui présente un certain nombre d'avantages mais surtout d'énormes contraintes.

Spécificités territoriales et production de débris post-cycloniques

55 Si les déchets verts sont un poste incontournable des débris cycloniques, le type et la quantité de déchets verts voire leur traitement dépend du type de végétation. En l'occurrence, le volume de déchets verts a sans doute été minoré par la faible abondance de la végétation (strate arborée) et surtout la quasi absence de grands arbres qui fournissent des volumes de bois conséquents lors des passages de cyclones, même d'intensité modérée, dans d'autres territoires exposés. D'ailleurs, lors des cyclones en Martinique ou en Guadeloupe, les chutes d'arbres occasionnent des décès, ce qui n'a pas été relevé à Saint-Martin. La végétation est peu dense comparée à d'autres îles antillaises notamment à cause de précipitations plus faibles due à l'absence de relief marquant (point culminant 424 m). À titre de comparaison, les précipitations moyennes annuelles à Gustavia (Saint-Barthélemy) sont de l'ordre de 1000 mm/an alors que les stations littorales de Guadeloupe ou de Martinique enregistrent le double. Ainsi palmiers et xérophytes sont nombreux sur l'île. Ces végétaux ont de hautes teneurs en silice, ce qui a contraint l'Écosite à se doter en janvier 2018 d'un nouveau broyeur de 400 CV capable de réduire la végétation fibreuse.

56 Outre la végétation, le type de construction et leur solidité influence la production de débris (Tansel *et al.*, 1994). Ainsi les gestionnaires ont estimé à 2 000 tonnes la masse de tôles déposée et triée sur les sites de dépôts temporaires. On constate d'ailleurs dans les débris de nombreuses tôles fixées avec des tirefonds de 50 mm au lieu de 70 mm. Sur Grand Case par ailleurs, les relevés de dommages ont montré que 64% du bâti endommagé concernait des toitures en tôles, contre 8,5% des toitures sur dalles en béton²¹.

Atouts et handicaps de Saint-Martin face au défi des débris cycloniques

57 Tout comme la production de débris est liée aux caractéristiques du territoire, la collecte et le traitement doivent se plier aux contraintes locales et aux choix effectués en matière de gestion courante des déchets. Au vu du processus de collecte et de traitement des débris post-Irma, les caractéristiques particulières de l'île Saint-Martin lui offrent quelques avantages mais aussi des handicaps. L'insularité et la faible étendue de l'île ont permis d'organiser la collecte autour d'un site unique de traitement final (en l'occurrence l'Écosite). Les distances de collecte sont relativement faibles. La distance par route entre le point le plus éloigné de l'île (partie française) et l'Écosite n'est que de 18 km. En revanche, l'insularité pose problème car les moyens humains et logistiques de l'île sont très limités, surtout en mode dégradé post-cyclonique. Certaines de ces vulnérabilités sont structurelles (éloignement, étroitesse du territoire...) d'autres sont conjoncturelles et donc remédiabiles comme la sécurisation de l'accès à l'Écosite (Tab.5).

Tableau 5 : handicaps et atouts de Saint-Martin face à la collecte et au traitement de débris post-cycloniques.

Caractéristiques du territoire saint-martinois	handicap	atouts
Insularité	- Manque de moyens	- Contrôle plus aisément de la dispersion des débris
Éloignement	- Coût de l'exportation des débris valorisables - Retard dans l'aide post crise	
Territoire de faible étendue	- Peu de ressources humaines, techniques (machines de traitement spécifiques) et logistiques - Manque d'espaces de stockage - Faibles volumes valorisables	- Nombre limité de prestataires - Interconnaissance des acteurs - Distances faibles

58 Enfin, le traitement des débris cycloniques s'insère dans un système de collecte, de traitement et de valorisation existant. Il dépend donc des choix stratégiques faits par les gestionnaires des déchets dans les années précédentes. En l'occurrence, Saint-Martin a pris le parti du traitement et de la valorisation d'un maximum de déchets dans un site unique (l'Écosite) afin de limiter le stockage et de réduire au minimum les exportations, particulièrement couteuses : l'envoi d'un conteneur de 40 pieds coûte environ 2 000 euros vers la Guadeloupe et 3 000 euros vers la métropole. Ces choix ont sans doute retardé le traitement des débris. Même si des efforts ont été faits ces dernières années pour hisser Saint-Martin aux standards de traitement et de valorisation des déchets, les volumes traités en temps normal sont parfois trop faibles pour justifier économiquement des investissements dans certaines machines de traitement ou pour rentabiliser l'exportation de déchets valorisables. Les déchets verts et le bois sont broyés et compostés après mélange avec les boues d'épuration. Les débris métalliques sont broyés et exportés par conteneur. Le verre et les gravats sont broyés et réutilisés sur place.

59 Le traitement des débris Irma n'était en juin 2018 pas complètement terminé. L'Écosite mettra sans doute plusieurs mois à résorber les débris accumulés. Il a d'ailleurs renforcé ses capacités passant de 15 à 21 employés²². Le tas Irma est en cours de traitement qui consiste en la séparation des débris métalliques et des gravats. Plusieurs incendies entre novembre 2017 et février 2018 ont opportunément réduit la quantité de déchets verts et d'encombrants. Les autres débris (cendres, terre) sont utilisés sur place pour le reprofilage du versant et son engazonnement. Se pose aussi la question du traitement des gros déchets (charpentes métalliques, épaves maritimes) qui n'ont pas encore pu être tous collectés pour des raisons techniques ou juridiques.

Conclusion

60 Le collecte et le traitement des débris post-catastrophe fait l'objet de plus en plus d'attention de la part des associations, des collectivités territoriales et des scientifiques. Pourtant, on manque cruellement de données précises sur les débris post-cycloniques, leur composition, leur volume et leur tonnage. Irma a généré un tonnage de débris que l'on peut évaluer à 60 000 tonnes, soit près d'1,7 tonne par habitant, pour un volume global de 300 000 m³ non compactés. Le débris post-cyclonique est incontestablement un marqueur de la vulnérabilité du territoire face aux cyclones : déchets verts, tôles, encombrants ont jonché les rues de l'île pendant des mois et marquent toujours les paysages dans certains endroits comme la baie Nettlé ou l'Anse Marcel un an après la catastrophe. Ainsi le débris post-cyclonique signe-t-il bien sûr l'intensité du phénomène météorologique mais aussi les vulnérabilités du territoire, le type de logement, le type de végétation. Malgré le volume impressionnant de débris comparé aux modestes moyens de traitement, les quantités de débris récoltés par habitant sont plutôt dans la gamme inférieure des volumes généralement traités lors des cyclones de même catégorie. En l'occurrence il semble que la quantité de déchets verts ait été minorée par l'indigence de la végétation arborée et l'absence de collecte systématique des gravats.

61 La phase de collecte a pris quatre mois entre la mise sur sites de stockage temporaires et le transport vers l'Écosite achevé en janvier 2018. Depuis, une autre phase s'est engagée mêlant tri et valorisation des débris amassés et collecte « en mode chronique » des débris non encore dégagés. Le coût total de la collecte, du traitement des débris est pour l'instant difficile à établir. La collectivité de Saint-Martin a déjà déboursé un montant de l'ordre de 15 millions d'euros en 2017, mais ce n'est qu'une partie du coût final.

62 Le cas de Saint-Martin montre également que tout effort en terme de prévention, que ce soit des normes de construction plus strictes ou des campagnes de prévention pré-cycloniques permettrait de réduire le volume de débris et donc les moyens mobilisés pour leur collecte. Une campagne de prévention a d'ailleurs lieu chaque année à l'initiative de la collectivité de Saint-Martin. Elle avait rencontré assez peu de succès l'an passé où deux journées de collecte avaient permis de récolter seulement quelques dizaines de tonnes d'encombrants. La collectivité a mené une campagne de sensibilisation appuyée en juin-juillet 2018, à la veille de la saison cyclonique, afin de résorber tout objet pouvant se transformer en projectile et générer du débris post-cyclonique. Cet effort doit se doubler d'une planification plus serrée de la gestion post-cyclonique des débris, en prévoyant dans les plans de gestion de crise les lieux de stockage, les moyens de collecte... mobilisables en phase de post-crise (Béraud *et al.*, 2012 ; CEPRI, 2012aet

2012b).

63 Enfin, malgré les difficultés rencontrées, il s'avère que les choix effectués par la collectivité de Saint-Martin dans le traitement et la valorisation des déchets courants (à l'Écosite) ont permis une gestion relativement maîtrisée des débris cycloniques si on la compare à celle de la partie hollandaise où les débris post-Irma sont stockés dans la décharge de Pond Island près de Phillipsburg. Les nombreuses nuisances occasionnées par cette décharge (odeurs, incendies à répétition...) posent la question d'une gestion des déchets unique à l'échelle de l'île mettant en commun les moyens français et hollandais.

64 Il reste toutefois des zones d'ombre dans la collecte des débris post cyclonique comme le signalent Beraud *et al.* (2019). Les auteurs pointent des défaillances dans la gestion des pollutions de l'air des eaux et des sols, l'existence de nombreux dépôts sauvages. Béraud *et al.* (2019) pointent le manque d'anticipation dans la gestion des débris. Des investigations supplémentaires sont nécessaires pour tirer les enseignements d'Irma et mieux préparer le prochain cyclone.

Bibliographie

Béraud H., 2013, *Initier la résilience du service de gestion des déchets aux catastrophes naturelles: le cas des territoires urbains et de l'inondation*. Thèse Université Paris-Est.

Béraud H., Barroca B., Hubert G., 2012, "Functional analysis, a resilience improvement tool applied to waste management system. Application of the household waste management chain", *Natural Hazards Earth System Sciences*, Vol.12, 3671-3682.
DOI : 10.5194/nhess-12-3671-2012

Béraud H., Nithart Ch., Durand M., 2019, « Le difficile suivi des déchets post-catastrophe : le cas de l'Ouragan Irma à Saint-Martin », *Risques Urbains*, Vol.3, No.1.
DOI : 10.21494/ISTE.OP.2019.0329

Bertran Rojo M., Beck E., Lutoff C., 2017, "The street as an area of human exposure in an earthquake aftermath: the case of Lorca, Spain", *Natural Hazards Earth System Sciences*, Vol.17, 581–594.

Brangeon S., 2015, *La gestion des déchets des acteurs de l'aide. Etude de cas : Haïti*, Rapport du groupe URD Urgence réhabilitation développement.

Brown Ch., Milke M., Seville E., 2011, "Disaster waste management: A review article", *Waste Management*, Vol.31, 1085–1098.
DOI : 10.1016/j.wasman.2011.01.027

Brown C., Milke M., 2016, "Recycling disaster waste: Feasibility, method and effectiveness". *Resources Conservation and Recycling*, Vol.106, 21-32.
DOI : 10.1016/j.resconrec.2015.10.021

Build Well, 2018, *Guide de bonnes pratiques pour la construction et la réhabilitation de l'habitat*, Secrétaire d'État à la cohésion des territoires, Présidence de la Collectivité d'outremer de Saint-Martin.

Cheng Ch., Thompson R. G., 2016, "Application of boolean logic and GIS for determining suitable locations for Temporary Disaster Waste Management Sites". *International Journal of Disaster Risk Reduction*. Vol.20, 78-92.
DOI : 10.1016/j.ijdrr.2016.10.011

CEPRI, 2012a, *Rapport gestion des déchets post-inondation. Approche pour une méthodologie d'élaboration de plans de gestion*, CEPRI/ADEME, URL : https://www.cepri.net/tl_files/pdf/rap.%20gestion%20dechets%20post%20cat.pdf.

CEPRI, 2012b, *Les collectivités territoriales face aux déchets des inondations : des pistes de solution. Guide de sensibilisation*, Les guides du CEPRI, URL : http://cepri.net/tl_files/pdf/reglementation_digues/guide%20dechets%20inondation.pdf.

CEPRI, 2013, *Méthode d'évaluation et de caractérisation des déchets post-inondation, MECaDePI*, Les fiches du CEPRI, URL : http://cepri.net/tl_files/pdf/reglementation_digues/MECADEPI.pdf.

Collectivité territoriale de Saint-Martin, 2017a, *Bilan d'activité 2016*, Direction de l'environnement et du cadre de vie.

Collectivité territoriale de Saint-Martin, 2017b, *Rapport annuel sur le prix et la qualité du service public d'élimination des déchets ménagers*.

Durand M., Bahers J.B., Beraud H., 2017, « La mise en territoire de l'économie circulaire : comment mettre en œuvre la proximité dans la circulation des déchets ? », *Géocarrefour*, 91/3, mis en ligne le 30 mai 2017, consulté le 21 juin 2018. URL : <http://journals.openedition.org/geocarrefour/10217>
DOI : 10.4000/geocarrefour.10217

Durand M., Popescu R., D'Ercole R., « Les déchets post-catastrophe à Haïti : les jeux d'acteurs d'une gestion informelle », *Vertigo*, Vol.15, No.1, mis en ligne le 15 mai 2015, URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/15970>.
DOI : 10.4000/vertigo.15970

Ekici S., McEntire David A., Afedzie R., 2009, "Transforming debris management: considering new essentials", *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, Vol.18, No.5, 511-522.

Florenne, T., Guerber F., Colas-Belcour F., 2016, *Le phénomène d'échouage des sargasses dans les Antilles et en Guyane*, CGEDD/La documentation française, URL : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/164000619.pdf>.

GEIDE, 2007, *Déchets post-catastrophe : risques sanitaires et environnementaux*. Association Robin des Bois.

GEIDE, 2013, *Cyclones. Prévenir, réagir, rétablir*. Robin des Bois/ADEME.

Hugodot P., Dubois P., 2003, *Cyclone Dina à la Réunion les 22 et 23 janvier 2002 : caractérisation, conséquences et retour d'expérience*, Rapport de l'inspection générale de l'environnement 08/008, La Documentation française.

Lirec, 2018, *L'ouragan IRMA : gérer une crise exceptionnelle dans un contexte insulaire*. No.56, 15-33.

Luther L., 2008, *Disaster debris removal after Hurricane Katrina: status and associated issues*, Washington, CRSCrf congress.

Luther L., 2017, *Disaster Debris Management: Requirements, Challenges, and Federal Agency Roles*, Congressional Research Service, Report 7-5700, URL : <http://www.crs.gov>.

McEntire D.A., 2006, "Managing debris successfully after disaster: considerations and recommendations for Emergency Managers", *Journal of Emergency Management*, Vol.4, 23-8.

DOI : 10.5055/jem.2006.0039

Moatty A., 2015, *Pour une Géographie des Reconstructions post-catastrophe : Risques, Sociétés et Territoires*, Thèse de doctorat, Université Paul Valéry Montpellier 3.

Nithart Ch., 2018, "la gestion des déchets d'inondation", in : Vinet F. (ed), *Inondations 2 – la gestion du risque*, ISTE press/Elsevier, Chap.23, 337-348.

Office of Emergency Services California, 2005, *Training manual. Debris management in disaster recovery*, Governor's Office of Emergency Services, State of California.

Popescu R., Durand M., D'Ercole R., 2014, "La gestion des déchets post-catastrophe à Port-au-Prince : entre relégation et proximité", *EchoGéo*, No.30, URL : <http://echogeo.revues.org/14070>.

DOI : 10.4000/echogeo.14070

Pramudita A., Taniguchia E., Qureshi A. G., 2014, "Location and Routing Problems of Debris Collection Operation After Disasters with Realistic Case Study", *8th International Conference on City Logistics Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol.125,

445-458.

DOI : 10.1016/j.sbspro.2014.01.1487

Robin des Bois/ADEME, 2010, *Les déchets de la tempête Xynthia*. URL : http://www.robindesbois.org/dossiers/XYNTHIA_Robin_des_Bois_30sept10.pdf.

Robin des bois, 2018, *Les déchets de l'ouragan Irma*, URL : <http://www.robindesbois.org/saint-martin-entre-ile-hors-dusage-et-ile-aux-tresors>.

Tansel B., Whelan M. et Barrera S., 1994, "Building performance and structural waste generation by hurricane Andrew", *International journal for housing science and its application*, Vol.18, 69-77.

UNOCHA, 2011, *Disaster Waste Management Guidelines*, United Nations office for the coordination of humanitarian affairs environmental emergencies section, Geneva Switzerland.

Notes

1 Cette recherche a été financée par les projets Agence Nationale de la Recherche TIREX et PO FEDER Guadeloupe C3AF.

2 « On dort sur la table. Les matelas sont mouillés, et ce n'est pas José qui va les faire sécher » témoignage cité par le Parisien.fr 9 septembre 2017.

3 Inclut les sargasses dont la quantité est extrêmement variable d'une année à l'autre.

4 Campagne de collecte des VHU sur la voie publique en 2016 suite à l'épidémie de Chikungunya. 532 véhicules collectés et traités au centre de traitement VHU installé en 2015.

5 Pour les modes de défaillance des bâtiments sous l'effet du vent, on se reportera aux descriptions des fiches techniques du guide de bonnes pratiques pour la construction et la réhabilitation de l'habitat (Build Well, 2018).

6 Voir « La nomenclature des ICPE du secteur du traitement des déchets », Décision n° 2014/955/UE du 18/12/14 modifiant la décision 2000/532/CE établissant la liste des déchets, conformément à la directive 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil.

7 http://sertit.u-strasbg.fr/RMS/images/ImagesRMS/2018/SERTIT2018_POSTIRMA_07SAINTMARTIN_DEPOTS_EVOLUTION_201710_201712_midres.jpg

8 L'entreposage provisoire des déchets post-catastrophe est encadré par la circulaire du 24 décembre 2010. La rubrique 2719 de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement regroupe les stockages temporaires de déchets issus de pollutions accidentelles marines ou fluviales ainsi que des déchets issus de catastrophes naturelles d'un volume supérieur à 100 m³. Les modalités d'aménagement, d'exploitation et les délais de remise en état sont également prévus.

9 <https://www.stmartinweek.fr/2017/10/14/nouvelle-voie-dacces-leco-site-grandes-cayes/16507>. Cependant, en novembre 2018, la route n'était plus accessible car faute de démarches administratives en bonne et due forme (DUP), les propriétaires des terrains ont contesté la construction de la route et demandé la fermeture du passage.

10 Quotidien le « 97150 », vendredi 13 octobre 2017.

11 On notera à ce titre l'action de l'association TILT <http://www.tiltpublic.com/> sur www.franceantilles.fr le 20 mars 2018.

12 Les véhicules à la date du 1er juin 2018 n'ont pas tous été traités par l'Écosite où ils sont pour l'instant stockés.

13 Chiffres de la collectivité annoncés par le 97150 le 15 juin 2018 à partir de repérages effectués par drone par la collectivité : <https://www.le97150.fr/environnement/5000-epaves-reperes-par-drone.html>. Voir aussi Le pélican Magazine N° spécial automobile avril 2018 p. 3.

14 Déclaration de la Ministre des Outre-mer trois semaines après Irma.

15 On ne dispose pas de chiffres précis mais 85% des élèves étaient présents en classe en janvier contre 60% à la rentrée de novembre (estimations personnelles des auteurs. Relevés de terrains novembre 2017).

16 Ce volume est cohérent avec les bilans publiés ultérieurement par VerdeSXM et cités par Beraud *et al.* (2019). Le bilan de la surcollecte était estimé à 55 889 tonnes en juin 2018 (mais sans plus de détail).

17 <http://www.lepelican-journal.com/saint-martin/environnement/Operation-reussie-pour-le-nettoyage-de-la-plage-de-Sandy-Ground-15611.html>

18 <https://smn-news.com/french-news/29286-nettoyage-des-fonds-marins-10-tonnes-de-dechets-collectes.html>

19 Densité de 0,1 pour les tôles, de 0,2 pour les encombrants

20 <http://www.wellingtonfl.gov/>

21 Enquête terrain mai 2018.

22 Auxquels il faut ajouter 12 prestataires contre 3 auparavant

Table des illustrations

	Titre	Photographie 1 : Brûlage dans un dépôt non officiel (près de Cul de Sac à Saint-Martin). Cliché : F. Vinet, nov. 2017.
	URL	http://journals.openedition.org/cybergeo/docannexe/image/34154/img-1.jpg
	Fichier	image/jpeg, 468k
	Titre	Figure 1 : L'Écosite de Grandes Cayes (situation voir Fig.3). Source : Peroche M., Vinet F., nov. 2017.
	URL	http://journals.openedition.org/cybergeo/docannexe/image/34154/img-2.png
	Fichier	image/png, 2,7M
	Titre	Figure 2 : Chronologie de la collecte des débris post-Irma à Saint-Martin (partie française).
	URL	http://journals.openedition.org/cybergeo/docannexe/image/34154/img-3.png
	Fichier	image/png, 53k
	Titre	Figure 3 : Les dépôts temporaires de débris post Irma
	URL	http://journals.openedition.org/cybergeo/docannexe/image/34154/img-4.jpg
	Fichier	image/jpeg, 420k
	Titre	Figure 4 : L'organisation de la collecte des débris post-cycloniques à Saint-Martin.
	URL	http://journals.openedition.org/cybergeo/docannexe/image/34154/img-5.jpg
	Fichier	image/jpeg, 76k
	Titre	Figure 5 : Tonnages et type de déchets/débris collectés à l'Écosite de janvier 2017 à avril 2018.
	URL	http://journals.openedition.org/cybergeo/docannexe/image/34154/img-6.png
	Fichier	image/png, 67k

Pour citer cet article

Référence électronique

Freddy Vinet, Mathieu Peroche, Philippe Palany, Frédéric Leone, Monique Gherardi, Delphine Grancher, Annabelle Moatty et Stéphanie Defossez, « Collecte et gestion des débris post-cycloniques à Saint-Martin (Antilles françaises) après le passage du cyclone Irma (sept. 2017) », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 937, mis en ligne le 16 mars 2020, consulté le 18 mars 2020. URL : <http://journals.openedition.org/cybergeo/34154> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/cybergeo.34154>

Auteurs

Freddy Vinet

Professeur, UMR GRED 220, Université Paul-Valéry Montpellier 3, IRD, Montpellier, France. freddy.vinet@univ-montp3.fr

Articles du même auteur

La simplification des Atlas de Zones Inondables par approche hydrogéomorphologique : une nécessité pour la pérennité de la méthode [Texte intégral]

Article 831

Paru dans *Cybergeo : European Journal of Geography*, Cartographie, Imagerie, SIG

Mathieu Peroche

Maître de Conférences, UMR GRED 220, Université Paul-Valéry Montpellier 3, IRD, Montpellier, France. matthieu.peroche@univ-montp3.fr

Philippe Palany

Responsable Division Etudes, Climat, Maîtrise Production Finalisée, Direction interrégionale Antilles-Guyane, Météo-France, Fort-de-France, Martinique, France. philippe.palany@meteo.fr

Frédéric Leone

Professeur, UMR GRED 220, Université Paul-Valéry Montpellier 3, IRD, Montpellier, France. frederic.leone@univ-montp3.fr

Articles du même auteur

Accessibilité territoriale et gestion de crise volcanique aux Antilles françaises (Guadeloupe & Martinique) : contribution à la planification des évacuations [Texte intégral]

Article 865

Paru dans *Cybergeo : European Journal of Geography*, Espace, Société, Territoire

Monique Gherardi

Ingénierie d'étude, UMR GRED 220, Université Paul-Valéry Montpellier 3, IRD, Montpellier, France. monique.gherardi@univ-montp3.fr

Delphine Grancher

Ingénierie de recherche, Laboratoire de Géographie Physique UMR 8591, CNRS/Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne/UPEC, Meudon, France. delphine.grancher@lgp.cnrs.fr

Articles du même auteur

Quand l'aléa devient la ressource : l'activité d'extraction des matériaux volcaniques autour du volcan Merapi (Indonésie) dans la compréhension des risques locaux [Texte intégral]

Article 525

Paru dans *Cybergeo : European Journal of Geography*, Environnement, Nature, Paysage

Annabelle Moatty

Post-doctorante, Laboratoire de Géographie Physique UMR 8591, CNRS/Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne/UPEC, Meudon, France. amoatty@yahoo.fr

Stéphanie Defossez

Maître de Conférences, UMR GRED 220, Université Paul-Valéry Montpellier 3, IRD, Montpellier, France.
stephanie.defossez@univ-montp3.fr

Droits d'auteur



La revue *Cybergeo* est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé.