

Le projet BATISOLID ANTILLES s'engage pour la résilience des territoires d'outre-mer, face au risque cyclonique !



Jean-Yves BONNAIRE - Paul QUISTIN

| Date | Ind | Objet |
|---------------|-----|-------------|
| 15 Avril 2025 | 00 | Elaboration |

Sommaire

| | |
|---|----|
| Sommaire..... | 2 |
| 1. PREAMBULE | 3 |
| 2. GENESE DE LA REGLEMENTATION | 4 |
| 3. ETUDES ET TRAVAUX INTERMEDIAIRES | 6 |
| 3.1. Mise à jour de la vitesse de référence du vent..... | 9 |
| 3.2. Position des professionnels Antillais | 11 |
| 4. DES ETUDES A LA REGLEMENTATION | 11 |
| 5. BATISOLID ANTILLES -Le projet résilient | 15 |
| 5.1. Adaptation des guides techniques au relèvement de vitesses de vent | 15 |
| 5.2. Intégration des missiles sur menuiseries..... | 16 |
| 5.3. Punir les points faibles : fixations et ancrages, trop fusibles ? | 19 |
| 5.4. La catégorie d'importance IV gère sa crise..... | 20 |
| 5.5. Réflexion sur la notion « d'abri sûr » et conceptualisation du « bâtiment refuge » | 21 |
| 5.6. Le contrôle gage de qualité ?..... | 22 |
| 6. LES PHENOMENES CYCLONIQUES..... | 24 |
| 6.1. Définition selon Météo France..... | 24 |
| 6.2. Les Antilles | 26 |
| 6.2.1. La classification officielle | 26 |
| 6.2.2. Les cyclones récents | 28 |
| 6.2.2.1. IRMA | 28 |
| 6.2.2.2. MARIA | 30 |
| 6.2.2.3. BERYL | 31 |
| 6.3. L'Océan Indien..... | 33 |
| 6.3.1. La classification officielle | 33 |
| 6.3.2. Les cyclones récents | 35 |
| 6.3.2.1. MAYOTTE | 35 |
| 6.3.2.1.1. CHIDO | 35 |
| 6.3.2.2. LA REUNION | 38 |
| 6.3.2.2.1. GARANCE | 38 |
| 7. CONCEPTION ARCHITECTURALE | 42 |
| 8. CONCLUSION..... | 44 |

1. PREAMBULE

Dans l’imaginaire populaire, le risque cyclonique est traditionnellement vu sous l’angle des vents extrêmes. Les phénomènes cycloniques sont d’ailleurs classés uniquement en fonction de la vitesse des vents relevés en leur centre dépressionnaire. Dans la réalité, le risque cyclonique est pourtant bien multi-aléas. Menace saisonnière relativement fréquente, le risque cyclonique est au cœur des stratégies de résilience territoriale des territoires concernés par ce risque.

Le risque cyclonique peut être la cause d’importants dégâts dans les zones soumises au risque. Les dégâts sont principalement matériels et environnementaux, du fait des vents violents, mais également en raison des inondations de nature diverse qu’ils peuvent générer. Des pertes humaines sont malheureusement encore trop souvent constatées ; la principale cause de décès étant liée aux inondations (submersion marine et choc mécanique des vagues associé, débordements de cours d’eau, crues torrentielles...). Dans tous les cas, la trajectoire socio-économique des territoires cyclonnés est toujours durablement impactée (érosion démographique, chute du PIB, perte d’attractivité...)

Le cas de l’île de la Réunion impactée le 28 février 2025 par le cyclone Garance qui a provoqué des dégâts considérables (on parle de 100 M€) dans l’île en la traversant du Nord au sud, appelle une réflexion de notre part. En décembre dernier, c’était le cyclone Chido qui dévastait Mayotte, montrant que à l’instar de la Caraïbe, l’Océan Indien n’est pas à l’abri de cyclones dévastateurs. L’intensité de ces phénomènes hydro-atmosphériques sera impactée par le réchauffement climatique dont les conséquences mériteraient cependant d’être encore étudiées et évaluées.

Le travail mené conjointement par Météo France, la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) ainsi que RiskWeatherTech a mis en évidence que la sinistralité dans les territoires d’outre-mer pourrait augmenter de 20 % d’ici 2050 du fait de la fréquence moyenne des cyclones et de l’élévation du niveau de la mer. (1)

La promulgation le 5 juillet 2024 de l’arrêté relatif à « **la classification et à la prise en compte du risque de vents cycloniques dans la conception et la construction des bâtiments situés en Guadeloupe et en Martinique** » applicable depuis le 1er janvier 2025 aux Antilles pour les bâtiments courants, a permis de franchir une étape cruciale dans la prise en compte des effets des cyclones sur les constructions.

Il nous semble important de faire un état des lieux et un historique sur la genèse de cette nouvelle réglementation, et d’expliquer la position des professionnels antillais sur quelques aspects de ces nouvelles règles.



Paul QUISTIN et Jean-Yves BONNAIRE

2. GENESE DE LA REGLEMENTATION

Tout démarre par le cyclone Irma catégorie 5, qui le 6 septembre 2017 a dévasté en grande partie l'île de Saint-Martin (95 % du bâti a été endommagé) et détruit partiellement celle de Saint-Barthélemy ; occasionnant sur son passage des centaines de millions d'euros de dégâts. Puis les 18 et 19 septembre 2017 le cyclone Maria également de catégorie 5 en traversant les petites Antilles entre la Dominique et le sud Basse-Terre provoque sur l'île de la Dominique et le Sud Basse-Terre y compris les Saintes, des dégâts considérables. Malgré le fait que le passage de l'œil se soit fait sur l'île de la Dominique, d'importants dégâts sont à déplorer en Guadeloupe sur Basse-Terre notamment. La saison cyclonique 2017 dans le bassin Atlantique est un détonateur.

Ces deux cyclones permettent la prise de conscience de l'État de la dangerosité de ces évènements et de l'accélération de leur survenance et de leur puissance dans les années futures à cause du réchauffement climatique.

Le préfet Philippe GUSTIN, délégué interministériel à la reconstruction des îles de Saint-Barthélemy et Saint-Martin, dans son Rapport « *Repenser les Iles du Nord pour une reconstruction durable* » (2) du 9 novembre 2017, souligne « **des déficiences constructives et techniques récurrentes** » révélées par la violence de l'ouragan (sous-dimensionnement des ouvrages, malfaçons dans la réalisation d'ouvrage sur tous les types de bâtiments, problème de contreventement des ouvrages extérieurs, matériaux de mauvaise qualité ou inadaptés, manque d'entretien des constructions). Et déjà pointe le nez la question des projectiles en suspension dans les vents extrêmes qui ont accentué la destruction des ouvrages.

Il évoque aussi la réalisation en amont de la reconstruction, l'obligation de former les professionnels et d'informer les habitants sur le respect des prescriptions techniques parasismiques et paracycloniques.

Dans la synthèse de ses propositions, il énumère quelques points relatifs aux questions d'urbanisme qui vont enclencher tout le processus de la réglementation vent cyclonique à venir...

11) *Prise par l'Etat du décret relatif aux dispositions pénales en matière de construction.*

12) *Etablir un diagnostic précis du territoire, des équipements, du bâti et de la situation des personnes afin d'établir un plan d'action à court terme, qui impliquerait les mesures suivantes :*

- *dresser une nouvelle carte des aléas,*
- *établir des relevés cartographiques et topographiques à jour*
- *établir un diagnostic exhaustif et précis du bâti dégradé selon les différentes typologies de construction (bâtiments publics, habitations, activités commerciales, bureaux etc.),*
- *disposer d'un diagnostic social des ménages sinistrés précaires afin de permettre leur accès à un habitat adapté*
- *bénéficier d'un retour d'expérience partagé des architectes et professionnels*

15) *Prévoir un renforcement des capacités d'ingénierie locales*

Il est à noter que dans le document « *Retour d'Expérience sur les cyclones aux Antilles, Charge de vent sur les bâtiments Concept d'habitat Paracyclonique* » (3), co-rédigé en février 2018 par Paul Quistin, Eric Fournely, Thierry Lamadon et Christian Anténor-Habazac, un premier Rex a permis de

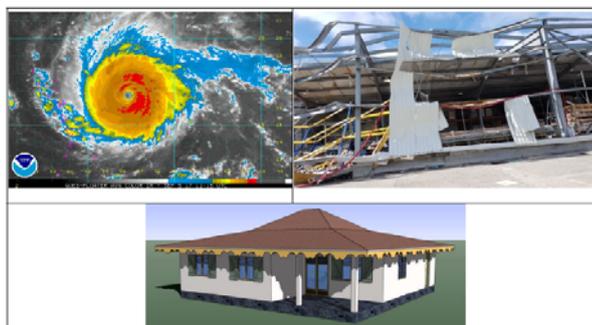
relever et d'établir quelques incohérences dans les hypothèses prises dans les normes applicables pour le dimensionnement des constructions sous l'action des vents cycloniques.

Un extrait issu de l'introduction qui jette les bases de la réflexion est donné ci-dessous :

«... Il est habituel qu'à chaque événement climatique majeur, de déclarer que de mémoire d'homme cela ne s'est jamais produit ou pas aussi fort. Il faut trouver toutes les causes possibles et stratégies, souvent pour pouvoir minimiser les raisons de la défaillance humaine, de la mauvaise conception et exécution de nos bâtis. « L'événement était plus fort que d'habitude..., le dérèglement climatique nous frappe de plein fouet..., les règles de calcul sont obsolètes ou insuffisamment sécuritaires... » Bref ! il faut faire la révolution ...et tout mettre à la poubelle. Mais faut-il pour autant modifier les règles en vigueur ?...

L'objet de ce document est d'essayer de répondre à toutes ces questions en faisant une synthèse bibliographique basée sur des textes et études scientifiques sur des phénomènes cycloniques ayant frappés les Antilles françaises principalement la Guadeloupe de mémoire d'homme et d'appareils de mesures, leur prise en compte dans la réglementation et norme et enfin d'évoquer la conception paracyclonique en se basant sur un REX des dégâts occasionnés et des solutions techniques ayant fait leur preuve ici et là, notamment la construction de l'habitat créole traditionnel. »

**Retour d'Expérience sur les cyclones aux Antilles,
Charge de vent sur les bâtiments
Concept d'habitat Paracyclonique**



Paul QUISTIN - Christian ANTENOR HABAZAC - Thierry LAMADON- Eric FOURNELY

| Date | Inf | Objet |
|--------------|-----|--|
| Janvier 2018 | 00 | Elaboration |
| Mars 2018 | 01 | Compléments mineurs (en violet) et Correction orthographique |

Figure 2-1 Page de garde de l'article « Retour d'Expérience sur les cyclones aux Antilles, Charge de vent sur les bâtiments Concept d'habitat Paracyclonique »

Face aux constats et aux enjeux notamment assurantiels, l'État décide de lancer des études sur les impacts des cyclones dans l'océan Indien et dans l'océan Atlantique, affectant les territoires d'outre-mer

3. ETUDES ET TRAVAUX INTERMEDIAIRES

Ces études commencent par des travaux réalisés en janvier 2018 par le CSTB sur l'élaboration de guides pratiques, document de 13 pages intitulé « *Impact de l'ouragan IRMA sur le bâti de l'île de Saint-Martin Élaboration de guides pratiques pour la reconstruction d'urgence 1 ère partie : Sommaire et modèle de fiche* » (4)

Ensuite, de janvier à mai 2018, le CSTB rédige un guide « *Guide de bonnes pratiques pour la construction et la réhabilitation de l'habitat* » (5), à la suite de la demande conjointe de l'Etat et de la Collectivité de Saint Martin.

L'introduction par le secrétaire d'état à la cohésion des territoires en dit long sur la volonté de l'état de prendre en main ce risque et d'en tirer les conséquences lors de la reconstruction ; en résumé « Plus jamais ça ! »

« La reconstruction doit tirer les enseignements de l'événement et partager les nouveaux savoir-faire pour capitaliser, prévenir les risques et assurer la sécurité des populations. Ce guide est parti de l'idée simple qu'en échangeant ensemble sur les bonnes pratiques, en informant sur les risques et les solutions techniques, on pouvait progresser collectivement, mieux se préparer à demain en apprenant d'hier et de tous . » Julien DENORMANDIE, Secrétaire d'État à la cohésion des territoires

La Collectivité d'outremer de Saint-Martin a immédiatement compris qu'il y aurait un avant et un après Irma et qu'elle devait tirer toutes les leçons du passage de cet ouragan pour atteindre l'objectif qu'elle s'est fixé et qui est désormais le fil conducteur de toutes ses politiques publiques : celui de devenir un modèle de résilience et d'adaptation au changement climatique. » Daniel GIBBS, Président de la Collectivité d'outremer de Saint-Martin

Le constat effectué par le CSTB dans ce guide est très parlant et montre déjà les directions à suivre pour limiter les effets destructeurs des cyclones sur les constructions :

« L'ouragan a causé des dégâts considérables sur ces deux îles, et notamment sur leur bâti. Selon, une première évaluation des dommages sur le bâti, réalisée par le CSTB le 18 septembre 2017, les ouvrages impactés par l'ouragan l'ont été principalement du fait : • de la légèreté de la structure elle-même, surtout pour l'habitat précaire ; • des liaisons entre les éléments (fixation des toitures et des auvents, fixation des garde-corps, vitrage, etc.) ; • de la qualité de la réalisation des constructions (surélévation avec ancrage insuffisant, défaut de raidisseurs dans certains ouvrages, etc.). »

Ce guide pédagogique est accompagné de 6 fiches pratiques et est destiné aux professionnels et aux non-professionnels de la construction qui interviennent pour des réparations. Il vise d'une part à rappeler les règles de base pour la mise en œuvre de ces réparations et d'autre part à sensibiliser le lecteur à la nécessité d'entretenir et de vérifier le bâtiment avant chaque période cyclonique.



Figure 3-1 Document de présentation et Guide de bonnes pratiques du CSTB, Etat et Collectivité de St Martin

La première des interrogations issues de l'étude Post-Irma concerne les vitesses de vent basées sur une étude probabiliste ancienne.

Une étude technique Post-IRMA est alors engagée sous l'égide de la DHUP et menée par le CSTB avec un benchmark international des réglementations de dimensionnement au vents cycloniques des zones suivantes :

- Miami Dade aux USA,
- Queensland en Australie
- Okinawa au Japon

Comme nous l'avons déjà souligné, il est à noter que la précédente étude sur laquelle se base l'Annexe nationale de la NF EN 1991-1-4 (6), prend en compte les cyclones survenus jusqu'en 1998. Par ailleurs, il semble que la prise en compte des rafales de vent dans le calcul de la pression dynamique soit absente ou sous-estimée. (3).

Pour rappel, pour permettre de retenir une vitesse de vent de référence dans l'Eurocode, Jacques Bietry pilote de la commission de normalisation NF EN 1991-1-1-4 s'est appuyé sur les études climatologiques suivantes :

- Etude de D. Delaunay au CSTB datée de 1986.
- Etude DIRAG / Météo France, non datée mais postérieure à 1998.

Les nouvelles études en cours menées par le CSTB sont présentées lors d'une réunion le 05 mai 2019, aux acteurs de la construction antillais ; les principales conclusions et actions qui en ressortent et que l'on garde ici pour notre article sont :

- « Il y a donc le même niveau de sollicitation pour les zones géographiques soumises à l'aléa cyclonique pour l'ensemble des réglementations internationales considérées »,
- décision de faire une étude d'analyse du risque réel avec la mise à jour des études probabilistes à l'origine des vitesses de vent de référence de l'annexe nationale avec 20 années d'observations supplémentaires,
- prise en compte de la saison cyclonique 2017 (incluant les cyclones majeurs Irma et Maria)
- focus sur 2 zones géographiques : Antilles et Océan Indien, La Réunion/Mayotte ,
- accompagnement de l'étude technico scientifique par une analyse technico économique de l'impact des vitesses de vent de référence sur la construction,
- rédaction d'un guide d'abri paracyclonique (conception, construction, exploitation),
- équivalence entre matériaux européens et locaux en matière de performance technique et de sécurité d'emploi.

Le planning de réalisation présenté propose un rendu pour juillet 2020.

La phase 2 de la mission CSTB qui concerne l'analyse technico-économique de l'impact des vitesses de vent de référence sur la construction, est présentée bien plus tard aux professionnels antillais, d'abord le 29 novembre 2019, puis le 17 novembre 2020.

Les conclusions générales sont les suivantes :

- ❖ « Maison en RDC :
 - Maçonnerie : surcoût négligeable
 - Bois: Fort effet de seuil, augmentation max de 0,35 % du prix du bâtiment
- ❖ Bâtiment en R+2
 - Augmentation du prix du bâtiment (par 1 m/s d'augmentation de vitesse :
 - Maçonnerie : entre 0,06 et 0,37%
 - Bois PST: entre 0,21 et 0,71%
- ❖ Bâtiment en R+5
 - Béton: surcoût négligeable »

❖ Impact économique sur le prix total du bâtiment:

| | Réunion | Guadeloupe | St Martin & St Barthélémy | Martinique |
|-------------------|------------|------------|---------------------------|------------|
| Maçonnerie | 0,1 à 2,8% | 0,1 à 2% | 0,1 à 2% | 0,1 à 2% |
| Bois | 0,1 à 3,7% | 0,1 à 2,8% | 0,1 à 3,9% | 0,1 à 2,8% |
| Béton | 0,1 à 1,4% | | | |
| Métal | 2 à 6% | | | |

Figure 3-2 Extrait de la présentation du CSTB sur l'étude d'impact économique du relèvement des vitesses de vent

Les perspectives citées ouvrent la voie des grands axes de la future réglementation qui seront privilégiés :

- « *Création de catégories d'importance du bâtiment (comme pour le sismique).*
- *Création de catégorie d'importance intra-bâtiment (pièce refuge).*
- *Bâtiments et pièces refuges dimensionnés pour période de retour de 100 ans.*
- *Adapter les coefficients partiels pour le cas d'un cyclone.*
- *Rédaction de guides techniques accessibles aux acteurs locaux.*
- *Rédaction d'un guide de bâtiment refuge ».*

3.1. Mise à jour de la vitesse de référence du vent

Les valeurs pour le dimensionnement au vent des bâtiments s'appuient sur la norme en vigueur NF EN 1991-1-4 (novembre 2005) et son Annexe Nationale (mars 2008 puis Amendement A2 de septembre 2012) (6) applicable sur le territoire français. Elles sont basées sur les résultats d'anciennes études de simulations cycloniques réalisées par le CSTB ou METEO-FRANCE. Seule Mayotte dispose d'une étude spécifique relativement récente (Guilhot, 2012), étude réalisée lors du changement de statut de l'île en département.

Fin mai 2019, le relèvement de la vitesse de vent de référence $V_{b,0}$ (m/s) (à terre, à 10m de haut, moyenne sur 10 minutes, période de retour de 50 ans) est acté, sur la base des résultats issus du scénario 2 pour les Antilles (Toutes les données historiques sans 2017 : cyclones et tempêtes tropicales).

Cette décision est basée sur une étude CSTB (7), tant réclamée par les professionnels antillais conscients de l'enjeu pour leurs territoires (3) (

« REX sur les cyclones aux Antilles-Charge de vent sur les bâtiments-Concept d'habitat Paracyclonique -Ind 01 », Paul QUISTIN, Eric FOURNELY Thierry LAMADON, Christian ANTENOR HABAZAC).

Cette étude (9) «

« Action 39 : Analyse du risque cyclonique en outremer (Détermination des vents de référence Eurocode) », CSTB J. Guilhot » est même complétée par une partie sur les interrogations liées à l'impact du changement climatique.

Il est à noter que J. Guilhot dans son analyse, choisit de retenir pour le passage d'une vitesse mer à une vitesse rase-campagne à 10 mètres, une réduction de 18% (valeur en adéquation avec celle retenue par l'Eurocode 18,6%, et celle retenue par Delaunay, dans son étude en 1986, 17%) . (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18)

Les vitesses de vent proposées sont donc les suivantes :

- La Guadeloupe 36 à 38 m/s
- La Martinique 32 à 35 m/s
- La réunion 34 à 38 m/s
- Saint Martin et Saint Barthélémy 36 à 40 m/s
- Mayotte gardant sa vitesse inchangée

| Source pour la valeur de référence $V_{b,0}$ | Territoire | | | | |
|--|------------|------------|---------------------------|---------|---------|
| | Martinique | Guadeloupe | St Martin & St Barthélemy | Réunion | Mayotte |
| Annexe Nationale | 32 | 36 | 36 | 34 | 30 |
| Etude 2019 | 35 | 38 | 40 | 38 | - |
| Augmentation des charges (en %) | 20 | 11 | 23 | 25 | - |

Tableau 11 : Nouvelles vitesses de référence $V_{b,0}$ (en m/s) par territoire

Tableau 3.1-1 Proposition de nouvelles vitesses de référence $V_{b,0}$ (m/s) issue de l'étude du CSTB

| Région | Base de données utilisée | Nbre .de systèmes étudiés | Paramètres fournis par MF |
|--------------|---|---|---|
| La Réunion | <ul style="list-style-type: none"> ➤ La période considérée s'étend de 1961 à 2017 ➤ 55 saisons cycloniques complètes | <ul style="list-style-type: none"> - 65 cyclones tropicaux, - 68 tempêtes tropicales qui n'ont pas atteint le stade de cyclone. | vitesse moyenne maximale sur 10 minutes du vent à 10m en mer (en km/h). |
| Guadeloupe | <ul style="list-style-type: none"> ➤ La période considérée s'étend de 1964 à 2017 ➤ 54 saisons cycloniques complètes. | <ul style="list-style-type: none"> - 33 cyclones tropicaux, - 52 tempêtes tropicales intenses, - 69 tempêtes tropicales modérée | vitesse moyenne maximale sur 1 minute du vent à 10m en mer (en nœuds). |
| Martinique | <ul style="list-style-type: none"> ➤ La période considérée s'étend de 1964 à 2017 ➤ 54 saisons cycloniques complètes. | <ul style="list-style-type: none"> - 25 cyclones tropicaux, - 51 tempêtes tropicales intenses, - 68 tempêtes tropicales modérée | vitesse moyenne maximale sur 1 minute du vent à 10m en mer (en nœuds). |
| Iles du Nord | <ul style="list-style-type: none"> ➤ La période considérée s'étend de 1964 à 2017 ➤ 54 saisons cycloniques complètes. | <ul style="list-style-type: none"> - 37 cyclones tropicaux, - 52 tempêtes tropicales intenses, - 50 tempêtes tropicales modérées | vitesse moyenne maximale sur 1 minute du vent à 10m en mer (en nœuds). |

Tableau 3.1-2 Inventaires des événements pris en compte dans l'étude du CSTB

Nous tenons à attirer l'attention sur la note de la conclusion finale de ce document :

« L'application stricte de l'Eurocode conduit alors à considérer une fiabilité des constructions moindre sur les DOM cycloniques que sur l'hexagone face à l'aléa vent. Ce constat, qui avait déjà été souligné lors de la précédente détermination des vitesses de vent de référence dans les DOM, se doit tout de même d'être rappelé dans le cadre de cette étude ».

3.2. Position des professionnels Antillais

Lors d'une réunion CoTech le 25 novembre 2020, les professionnels Martiniquais et Guadeloupéens s'engagent en se prononçant sur les études présentées par la DHUP. Les principaux points du relevé de décisions sont repris ci-dessous :

- Soutien du relèvement des vitesses de vent sous conditions :
 - création de cartes de vents pour les zones urbanisées des territoires qui permettraient de prendre en compte au travers d'un zonage fin établi par modélisation mathématique à la fois la rugosité et l'orographie,
 - ou à défaut : permettre la restriction du nombre de catégories de terrains utilisables pour le dimensionnement des structures au travers d'annexes locales validées consensuellement,
- Alerte sur les conséquences des évolutions normatives sur une hausse des coûts de la construction incompatible avec les réalités socio-économiques des territoires
- Demande de précisions sur les hypothèses de calcul retenues par le CSTB pour établir les surcoûts normatifs qui leur semblent sous-estimés
- Demande de réalisation d'un travail plus large soit conduit pour arriver à une réglementation paracyclonique comportant d'autres volets que la seule prise compte du vent cyclonique (pluies extrêmes, les transports d'éléments solides lors des crues torrentielles, houle , marée de tempête).
- Demande de prise en compte des éléments non structuraux de l'enveloppe des bâtiments (menuiseries extérieures, volets roulants,...) au travers de révisions via le BNTEC des DTU nationaux (annexes) par des commissions locales.

Notre choix est de négocier pour avoir une cartographie avec des coefficients d'exposition qui réduisent les risques de choix inadaptés par certains maîtres d'ouvrage soucieux de sortir les projets dans des budgets contraints en jouant la pérennité des constructions à la roulette russe.

4. DES ETUDES A LA REGLEMENTATION

Contrairement au risque sismique pour lequel la réglementation en la matière existe et impose des dispositions constructives obligatoires dans les zones concernées par le risque sismique ; le constat est l'absence de règle paracyclonique . Le processus engagé par l'État lors de ces études se poursuit donc vers la création d'une réglementation. L'objectif poursuivi par cette réglementation est d'améliorer la résilience des territoires exposés ; Il s'agit bien de sauver les vies humaines, de limiter les dégâts et de faciliter le retour à la normale post-événement.

Cela commence par une réunion GT inter-administration début janvier 2021, visant à présenter aux DEAL territoriales l'organisation des travaux relatifs à l'élaboration d'une réglementation paracyclonique dans la construction dans les territoires de la Guadeloupe, de la Martinique, de Mayotte et de La Réunion, avec les premières orientations réglementaires. L'idée étant de démarrer des concertations avec les acteurs et élus locaux au 1^{er} trimestre 2021.

Les Antilles, La Réunion et Mayotte sont visées dans les premières versions projets du *décret relatif à la prise en compte du risque de vents cycloniques dans la construction de bâtiments neufs dans les départements, régions et collectivité territoriale unique d'outre-mer de Guadeloupe, Martinique, La Réunion et Mayotte* et de l'*arrêté relatif à la classification et aux règles de construction paracycloniques applicables aux bâtiments neufs des départements, régions et collectivités territoriales uniques d'outre-mer de Guadeloupe, Martinique, La Réunion et Mayotte*.

Une réunion de concertation avec les professionnels antillais a enfin eu lieu le 20 avril 2021. Il en ressort les principales interrogations suivantes :

- Impact économique des modifications envisagées et rappel du désaccord sur l'étude technico économique présentée par le CSTB.
- Prise en compte du bâti existant.
- Disponibilités des menuiseries avec des nouvelles pressions de vent plus importantes.
- Précision sur la réalisation des cartographies de coefficients d'exposition.
- Désaccord sur la notion de classification en catégorie d'importance calquée sur la réglementation parasismique.
- ...

Le décret (19) « n° 2023-1087 du 23 novembre 2023 relatif à la prise en compte du risque de vents cycloniques dans la conception et la construction des bâtiments exposés à ce risque » est promulgué le 25 novembre 2023 ; il concerne les bâtiments nouveaux essentiellement, sauf cas de bâtis existants faisant l'objet de travaux lourds et construits sur l'ensemble des territoires ultramarins exposés au risque cyclonique (zone Océan Indien comprise).

La classification des bâtiments en catégorie d'importance, selon l'importance du risque que leur défaillance fait courir aux personnes ainsi qu'aux intérêts privés ou publics, est confirmée. Il est aussi précisé la modification et la modulation des vitesses des vents de référence correspondant à la période de retour de l'épisode cyclonique d'intensité maximale avec prise en compte de l'orographie et de la rugosité du terrain (sans valeur). Toutes les précisions d'application devant être données dans un arrêté à suivre avec une entrée en vigueur au plus tard le 1er janvier 2026.

La messe est dite, les territoires ultramarins vont enfin appliquer une réglementation pour la prise en compte des vents cycloniques en attendant une « réglementation paracyclonique ».

C'était sans compter sur les professionnels réunionnais, qui pour des raisons de surcoûts liés à la majoration de vitesses de vent qui leur est imposée, font corps pour bloquer la sortie de l'arrêté.

C'est vrai que, contrairement à la Réunion, la prégnance du risque sismique dans les Antilles rendait beaucoup plus "digérable économiquement" une augmentation des vitesses de référence des vents cycloniques pour la Martinique et la Guadeloupe.

Quand on a des structures qui sont déjà renforcées à cause d'une réglementation parasismique zone 5 très pénalisante, il est plus aisé de considérer une augmentation de charges de vent qui en réalité n'aura un impact technico-économique marquant que sur les structures très légères, les

éléments structuraux secondaires et sur quelques éléments non structuraux, comme les menuiseries extérieures et les murs-rideaux.

Le projet de l'arrêté est donc modifié en avril 2024 en excluant cette fois-ci l'île de La Réunion à la demande des professionnels locaux, mais en gardant Mayotte.

Le CSTB travaille en parallèle sur les guides réglementaires prévus d'être cités dans l'arrêté :

- Guide conception et construction paracyclonique C2PMI - Mayotte, CSTB (21).
- Guide conception et construction paracyclonique C2PMI - Antilles, CSTB.
- Guide d'application des exigences réglementaires, CSTB.

Une première version de travail des deux premiers guides cités est disponible et consultable dès février 2024 voir figure suivante; les versions finales MTECT (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires) sont datées de juin 2024 (22) (23).



Figure 4-1 Guides MTECT relatifs à la prise en compte des vents cycloniques dans les constructions

La concertation sur le guide C2PMI et le projet d'arrêté est lancée aux Antilles en mai 2024 ; les professionnels ont l'opportunité de faire remonter leurs observations via un formulaire de recueil de commentaires. L'enjeu pour les services de l'état (DHUP) étant d'avoir une adhésion massive de la part des professionnels, il est promis de répondre à toutes les observations et de prendre en compte celles qui sont justifiées. (NDLR : Personnellement, j'en ai fait 23 et j'ai reçu « en récompense » des réponses justifiées à la plupart de mes interrogations et au mieux une prise en compte sans contestation).

Au mois de juin 2024, les acteurs mahorais demandent finalement à ne pas inclure Mayotte du périmètre du futur arrêté.

« L'Arrêté du 5 juillet 2024 relatif à la classification et à la prise en compte du risque de vents cycloniques dans la conception et la construction des bâtiments situés en Guadeloupe et en Martinique » (20) est donc promulgué le 10 juillet 2024.

Une surprise de dernière minute..., les Mahorais qui étaient encore prévus au projet d'arrêté jusqu'au mois de juin 2024 ont finalement renoncé au dernier moment.

L'entrée en vigueur des dispositions de cet arrêté se fait en deux temps, échelonnée selon le type d'ouvrage :

- le 1er janvier 2025 pour les constructions dont la demande d'autorisation d'urbanisme a été déposée à partir du 1er janvier 2025, à l'exception des bâtiments d'habitation individuelle ou assimilés appartenant à la catégorie d'importance II et leurs dépendances appartenant à la catégorie d'importance I
- Par dérogation, au 1er janvier 2026 en ce qui concerne les éléments non structuraux de type « menuiseries » des bâtiments, quelle que soit leur catégorie d'importance,
- Par dérogation, au 1er janvier 2026 en ce qui concerne les bâtiments d'habitations individuelles et assimilés appartenant à la catégorie d'importance II

Cet arrêté vise bien à prévenir les risques aux personnes et aux biens liés aux conséquences de l'action des vents cycloniques sur les constructions dans le département et la région de Guadeloupe ainsi que dans la collectivité territoriale de Martinique.

Bien sûr il n'est pas fait mention des îles du Nord car leur statut est spécial. La collectivité de Saint-Martin étant compétente dans le domaine de la construction depuis le 1er avril 2012, toutes règles intervenues dans ce domaine (figurant donc dans le Code de la construction et de l'habitation) postérieures à cette date ne s'y appliquent que si l'autorité locale compétente le décide.

La Guadeloupe et la Martinique se voient donc liées pour le meilleur et pour le pire à une nouvelle réglementation applicable à leur construction, mais relation consentie a priori par les professionnels locaux (contrairement à l'avis des élus de la Collectivité Territoriale de Martinique rendu postérieurement à la promulgation de l'arrêté)

Dans le cadre de l'arrêté intégrant les guides d'application de la réglementation, il sera important de réfléchir à l'accompagnement des acteurs locaux afin de faciliter la mise en place et la prise en main de ces guides.

Et c'est là qu'intervient le projet **BATISOLID ANTILLES**, qui a su suivre les propositions, les évolutions, les concertations, en accompagnant et en participant de façon active tout en étant force proposition.

5. BATISOLID ANTILLES -Le projet résilient

Dans ce paragraphe, nous allons passer en revue les différentes prescriptions indiquées dans l'arrêté en mettant un accent sur leurs origines et sur leurs conséquences sur la construction aux Antilles.

5.1. Adaptation des guides techniques au relèvement de vitesses de vent

L'AFPS a rédigé en 2011 le « *Guide de Construction Parasismique et Paracyclonique de Maisons Individuelles à structure en Bois aux Antilles* »-SPIOM/AFPS décembre 2011 » (24) pour les acteurs du bâtiment (architecte, bureau d'étude, artisan) permettant de concevoir et dimensionner un bâtiment sous les deux actions séisme et cyclone en tenant compte des spécificités locales . Ce guide AFPS innovant car traitant à la fois des deux aléas forts présents aux Antilles, aide au dimensionnement, parfois compliqué avec les Eurocodes, des bâtiments à structure en bois ; et permet donc la mise en sécurité des habitants dans des constructions bois solides parasismiques et paracycloniques, tout en permettant aux secteurs professionnels de s'appuyer sur une démarche technique simple, forfaitaire mais sécuritaire.



Figure 5.1-1 Guide de Construction Parasismique et Paracyclonique de Maisons Individuelles à structure en Bois aux Antilles AFPS version 2011

Ce nouvel arrêté « vent cyclonique » donnant de nouvelles valeurs de vitesses de vent de référence aux Antilles rend obsolète cet ouvrage. La Parution des arrêté et décret modifiant les valeurs de vitesse de vent en Martinique et Guadeloupe, et l'application réglementaire du CPMI _EC8/Z5-2020 (25) depuis janvier 2021, oblige à mettre à jour ce guide.

Compte tenu du contexte normatif et réglementaire, dans le cadre du projet BATISOLID ANTILLES, la CERC Martinique a missionné l'AFPS pour mettre à jour ce guide et permettre ainsi son utilisation par les professionnels du bâtiment antillais, avec des normes et référentiels à jour. La mission confiée au groupe de travail AFPS composé de quelques rédacteurs du guide initial 2011, est de reprendre les tableaux de dimensionnement présents dans le guide avec ces

nouvelles hypothèses, d'améliorer le guide avec les connaissances actuelles. Ce travail a comme champ géographique la Guadeloupe et la Martinique (sachant que les vitesses de vents cycloniques sont différentes).

5.2. Intégration des missiles sur menuiseries

Une constatation effectuée lors des différents épisodes cycloniques est la destruction des fermetures type fenêtres par la pression du vent ou par l'impact de projectiles. Ceci a encore été constaté à la Réunion lors du passage du cyclone Garance. On dénombre des bâtiments pour lesquels les fenêtres ont explosé ou se sont brisées. Ces phénomènes avaient déjà été relevés lors des cyclones Irma à Saint-Martin et Chido à Mayotte.

Notons que la plupart des destructions de menuiseries constatées lors de cyclone montrent des ruptures en cascade par effet dominos. Les photos des figures [Figure 5.2-1](#), [Figure 5.2-2](#) et [Figure 5.2-3](#) en montrent quelques exemples.



Figure 5.2-1 Perte de menuiseries en cours de cyclone à La Réunion (Source DEAL 974)

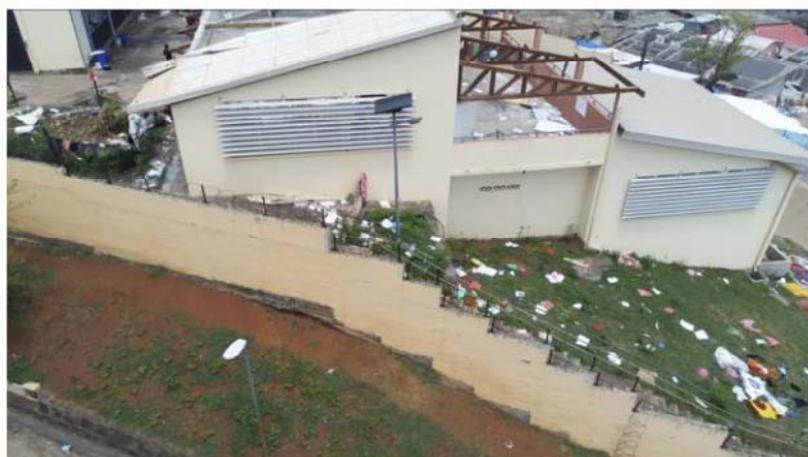


Figure 5.2-2 Toiture envolée suite à la perte de menuiseries en cours de cyclone à Mayotte (Source RAPPORT Post-CHIDO Evaluation des dommages dans les écoles)

A Saint-Benoît



Cyclone Garance : les dégâts à Saint-Benoît • ©Jean Marc Collienne

Figure 5.2-3 Toiture envolée suite à la perte de menuiseries en cours de cyclone à La Réunion (Source La 1ere France TV info / Jean Marc Collienne)

Ce point crucial est pris en compte dans la réglementation vent cyclonique, ce qui constitue une avancée importante pour nos territoires et assurera à coup sûr une meilleure sauvegarde des bâtiments. Pour rappel, sans fermeture le risque d'arrachement de la toiture est plus élevé car une suppression intérieure plus forte vient s'appliquer sous la toiture (ce phénomène n'étant pas pris en compte dans le dimensionnement de la charpente, malgré le fait, qu'il soit abordé dans la norme NF EN 1991-1-4 (6), par le biais de l'article sur les façades à ouverture dominante à considérer en combinaison accidentelle).

Réglementariser la tenue au vent des éléments structuraux (ENS) type fermetures de façade, est pour nous Antillais une aubaine; car force est de constater que lors de l'approche de la saison cyclonique pullulent des publicités mensongères de soi-disant « menuiseries anticycloniques » ... que le quidam non sachant court acheter pour se protéger ; ne se doutant pas que par cette même action au contraire il met sa vie en danger. Trop de « marchands de menuiseries » ne se préoccupent pas du respect des normes et des DTU, notamment le DTU 36.5 (26) ; bien sûr nous ne visons pas ici les industriels, professionnels menuisiers et autres serruriers consciencieux qui respectent les règles.

Le DTU 36.5 (26) s'applique aux fenêtres, portes-fenêtres, blocs-baies, ensembles menuisés et portes extérieures, quel que soit le matériau (acier, aluminium, bois, PVC, mixte), en travaux neufs et en rénovation. Il constitue la référence unique pour la mise en œuvre des fenêtres et des portes. Il intègre un classement de performances à atteindre pour résister à la pression du vent, dénommé classement AEV, selon la zone géographique de vent et la hauteur du bâtiment.

Forcément ce classement est à redéfinir au vu des évolutions réglementaires de la vitesse de vent. Des solutions techniques et les performances à atteindre sont notées dans le guide C2PMI-Antilles (22), et le Guide d'application des exigences réglementaires (23).

La prise en compte aussi du risque d'impact de projectiles sur les éléments de fermetures de façade (tels que fenêtres, volets, etc...) va dans le sens de la sécurité même si cela engendrera des surcoûts faibles par rapport aux risques encourus pour les personnes et le bâti.

La question des objets volants a bien été incluse dans l'arrêté et un guide ad-hoc du CSTB traite de ce sujet des menuiseries avec une incitation claire à l'usage systématique des volets permanents ou amovibles (comme en Floride). S'agissant des objets flottants, les troncs d'arbres (et les véhicules automobiles) qui pilonnent comme des béliers les constructions en bordure de mer ou à proximité des cours d'eau dans ou hors de leur lit, il est difficile de s'en prémunir. Notons que certains règlements de Plans de Prévention des Risques en zone de montagne en France continentale imposent que les façades exposées puissent être résistantes à une certaine pression dynamique.

En résumé, les menuiseries doivent résister aux chocs, en plus des effets des vents cycloniques, et cela est fort logique.

Le projet BATISOLID ANTILLES, va plus loin, et allie technique et économique, tout en essayant de sauvegarder l'architecture vernaculaire. Dans ses travaux, une extension est prévue pour engager une campagne expérimentale d'essais sur blocs menuisés bois traditionnels fabriqués localement. L'objectif est de qualifier leur performance de tenue à la pression du vent et aux projectiles. Ce projet d'envergure, s'il est financé, permettra de sauver la filière menuiseries bois locale tout en préservant la sécurité des citoyens habitant dans des maisons traditionnelles.



Figure 5.2-4 Photos de quelques menuiseries locales avec volets en bois (Photos : P. Quistin)

5.3. Punir les points faibles : fixations et ancrages, trop fusibles ?

L'arrêté du 05 juillet 2024, impose un coefficient de sur-résistance à appliquer au calcul des assemblages entre certains éléments structuraux, et au calcul d'assemblage des éléments non structuraux ENS enveloppe (clos et couvert) à un élément structural du bâtiment; il en est de même pour les éléments non structuraux ENS rapportés (équipements,...) qui ne doivent pas devenir des projectiles dangereux pour les personnes, les bâtiments et les équipements :

Ce coefficient de sur-résistance est fixé à $\gamma_{SR} = 1,5$ à appliquer au calcul des assemblages et fixations à un élément structural du bâtiment

La [Figure 5.3-1](#) illustre l'intérêt de cette disposition de « surprotection », elle montre la liaison entre un tirant support de toiture de tribune à l'infrastructure béton armé. Pendant le cyclone tous les éléments participant à l'assemblage y compris le massif béton armé ont souffert ; il a fallu de peu que cela ne rompe et n'occasionne la destruction de la toiture de la tribune.

Les assemblages sont très sollicités par le vent avec des charges saccadées, alternées et dynamiques. Cela a pour effet d'endommager les liaisons et de disloquer les éléments assemblés. S'agissant d'un élément structural, cela peut engendrer la ruine du bâtiment ; s'agissant de la liaison entre un élément ENS et un élément structural, cela conduit à des projectiles ou à l'endommagement de la structure support porteuse.



Figure 5.3-1 Photos illustrant le comportement fragile de l'ancrage d'un tirant de charpente d'une tribune à Marie Galante suite au passage du cyclone Maria (Photos P QUISTIN)

Les précédents épisodes cycloniques ont montré que les sinistres majeurs ont pour origine une rupture au niveau d'un assemblage. Afin de limiter les ruptures brutales au niveau d'une liaison et de mieux maîtriser les lieux d'apparition de défaillances, le coefficient de sur-résistance, noté γ_{SR} , est appliqué au calcul des assemblages suivants :

- les assemblages entre structure et charpente du bâtiment ;
- les assemblages entre structure légère (ossature bois ou métallique par exemple) et fondations ;

- les assemblages entre structure/charpente d'un auvent et structure/charpente du bâtiment ;
- les assemblages entre les menuiseries des fenêtres et leur support structural ;
- les assemblages entre charpente et tôle de couverture ;
- les assemblages des éléments non structuraux rapportés (panneau solaire, CESI...).

Ce coefficient porte sur l'ensemble de l'assemblage qui comprend les ancrages, sa liaison avec l'élément de structure et les organes d'assemblage (type équerre, platine, sabot, étrier à âme) et s'applique aux efforts que subit l'assemblage.

5.4. La catégorie d'importance IV gère sa crise

Avancée notoire de cette réglementation est la catégorisation en famille d'ouvrages à protéger plus que d'autres. La nouvelle notion de catégories d'importance introduite dans le décret, décriée au début, a finalement, reconnaissons-le, son importance et toute sa légitimité. Nous sommes tout à fait conscients que les bâtiments de gestion de crise à l'instar de la réglementation parasismique, doivent être plus protégés que les autres pour faciliter la gestion de la crise. Il est en effet impensable qu'un bâtiment administratif ou lié à la sécurité civile, soit détruit ou endommagé lors d'un événement cyclonique, mettant à mal le dispositif de gestion de crise.

Et pourtant s'est du déjà vu, voir revu ... : la sous-préfecture de Saint-Martin a explosé lors du passage d'Irma, et récemment celle de La Réunion lors du passage de Garance a souffert selon les sources préfectorales. Un hôpital de Mayotte a aussi été impacté par le cyclone Chido.



Cyclone Garance : les dégâts à la caserne de pompiers de Saint-Benoit • ©Willy Fontaine

Figure 5.4-1 Rideaux métalliques défoncés par la pression du vent à La Réunion (Source La 1ere France TV info / Willy Fontaine)

De plus, pour les bâtiments de catégorie IV, des exigences supplémentaires sont à prendre en compte en fonction du type de bâtiment (hôpital, bâtiment refuge...). Ces exigences sont liées à la nécessité d'assurer une continuité de fonctionnement. **Elles doivent être définies dans les documents particuliers du marché.**

5.5. Réflexion sur la notion « d'abri sûr » et conceptualisation du « bâtiment refuge »

Nous avons tous déjà constaté lors de nos sorties dominicales, et pas forcément lors d'une alerte cyclonique, l'affichage de mention « abri sûr en cas de cyclone » sur des bâtiments pour lesquels aucune étude et aucun diagnostic de vulnérabilité au vent cyclonique n'a été effectué. Et pourtant l'affichette apposée sur ces bâtiments est tentante, voire alléchante semblant dire : « Venez à moi mes petits-enfants, vous serez tous sauvés... ». Elle semble laisser croire que ces ouvrages tiendraient en cas d'épisode cyclonique majeur.

À noter à Saint Martin, un gymnase censé résister au vent cyclonique qui finalement a perdu sa toiture lors du passage d'Irma.



Figure 5.5-1 Photo d'une école classée « ABRI SUR » (Photo : P. Quistin)

Oui calquer les catégories d'importance des bâtiments sur l'arrêté du 22 octobre 2010 peut sembler "idiot" pour des ERP de la catégorie III qui seront forcément vides de présence humaine au moment du passage du phénomène cyclonique. Mais le surcoût est à regarder face aux enjeux de préservation de ces bâtiments de catégorie III à qui on demande souvent de jouer un rôle de refuge sans que jamais on ne se préoccupe réellement d'évaluer leur vraie capacité de résilience bâtementaire par des audits sérieux. La liste des bâtiments-refuges de Martinique et Guadeloupe, essentiellement des bâtiments de catégorie III, fait presque peur quand on connaît l'état réel de certains de ces bâtiments.

La notion de bâtiment refuge est donc une solution pour aider à mettre en sécurité la population fragile ou vulnérable, lors du passage du cyclone, assurant ainsi leur protection et leur survie. Batisolid Antilles a dédié un groupe de travail GT 10 sur cet aspect pour donner des recommandations non seulement sur la prise en compte des vents cycloniques, mais sur la prise en compte des autres phénomènes qui accompagnent le passage du cyclone, notamment la submersion, les inondations, les crues de rivière.

Gageons que ces dispositions viendront en complément de celles prévues dans la nouvelle réglementation liée à ce sujet.

Autre notion importante à ne pas négliger, cette fois-ci dans les constructions courantes, c'est la notion de « case -a vent » ou pièce de refuge. Ceci permettrait dans une structure légère qualifiée de plus vulnérable au vent cyclonique de pouvoir mettre en sécurité les occupants lors

d'épisodes de vents cycloniques qui dépasseraient les valeurs prises en compte pour le dimensionnement réglementaire.

Ce dispositif serait à utiliser en masse dans les bâtiments existants qui malheureusement demeurent les parents pauvres de cette réglementation.

A savoir que la collectivité de Saint-Martin avait prévu de financer les espaces refuges dans les maisons individuelles suite au passage de Irma , où cela en est ... ?

La DHUP a indiqué que les « pièces refuges » ont plutôt vocation à être mise en place pour les bâtiments existants. Pour le bâti neuf, ce n'est pas forcément l'option retenue, car elle pourrait conduire à augmenter encore le nombre de projectiles et de déchets potentiels, et elle présenterait un éventuel risque juridique à approfondir au vu du périmètre de l'ordonnance du 29 janvier 2020 (est-ce qu'il est possible d'admettre la ruine partielle d'un bâtiment ?). La DGPR a également rappelé que l'objectif poursuivi par cette réglementation est d'améliorer la résilience des territoires exposés. Il s'agit bien de limiter les dégâts et faciliter le retour à la normale post-événement.

Malheureusement, ce point ne fait pas l'objet d'une réglementation mais sera traité par le GT.

5.6. Le contrôle gage de qualité ?

Pour mémoire L'Article L563-1 du code de l'environnement prévoyait que « dans les zones particulièrement exposées à un risque sismique ou cyclonique, des règles particulières de construction parasismique ou paracyclonique peuvent être imposées aux équipements, bâtiments et installations ». Par ailleurs, l'article R431-16 du code de l'urbanisme indiquait que les pièces du dossier de demande de permis de construire doivent comporter un document d'un contrôleur technique attestant qu'il a fait connaître au maître d'ouvrage son avis sur la prise en compte, au stade de la conception, des règles parasismiques et paracycloniques. Or aucune norme ou règle ne définit cette conception architecturale paracyclonique.

Le nouveau CCH - Article L122-8, a été modifié comme suit pour élargir le champ du contrôle des bâtiments :

Au moment du dépôt du dossier de demande de permis de construire, le maître d'ouvrage fournit un document attestant du respect, au stade de la conception, des règles relatives :

- 1. Aux risques sismiques, prévues à l'article L. 132-2, pour les projets situés dans une zone présentant un certain niveau de sismicité défini par décret en Conseil d'Etat et pour des bâtiments dont les caractéristiques sont définies par décret en Conseil d'Etat ;*
- 2. Aux risques cycloniques, prévues par l'article L. 132-3, pour les projets situés dans une zone présentant un risque cyclonique dont les caractéristiques sont définies par décret en Conseil d'Etat et pour des bâtiments dont les caractéristiques sont définies par décret en Conseil d'Etat.*

Ce document est établi par un contrôleur technique. Par dérogation, pour les maisons individuelles, ce document, lorsqu'il est requis en application du présent article, peut être établi par tout constructeur, au sens de l'article L. 1792-1 du code civil.

Le projet d' « arrêté relatif au contenu de l'attestation cyclonique au dépôt de permis de construire et à la déclaration d'achèvement des travaux », comporte les articles suivants :

1. **« Article 1^{er} :** *Les modèles d'attestation cyclonique à joindre à la demande de permis de construire et à la déclaration attestant l'achèvement et la conformité des travaux tels que mentionnés aux articles R. 122-39 et R.122-40 du code de la construction et de l'habitation, figurent respectivement aux annexes 1 et 2 du présent arrêté.*
2. **Article 2 :-** *Pour permettre l'établissement de l'attestation qui sera jointe à la demande de permis de construire stipulée au s) de l'article R. 431-16 du code de l'urbanisme, le maître d'ouvrage remet à la personne ou l'organisme chargé d'établir l'attestation en application de l'article L. 122-12 du code de la construction et de l'habitation ... » .*

Quand il sera promulgué, cet arrêté permettra un meilleur contrôle du respect des règles édictées pour la tenue au vent cyclonique, et contribuera à l'amélioration de leur prise en compte dans les constructions neuves. Contrôle quand tu nous tiens... !

6. LES PHENOMENES CYCLONIQUES

L'intégralité de ce chapitre est basée sur une synthèse documentaire avec comme source principale Météo France et des sites dédiés au suivi de l'activité cyclonique.

6.1. Définition selon Météo France

Un cyclone prend toujours naissance au-dessus d'un océan au niveau d'une zone perturbée telle qu'un amas nuageux, une ligne de grains ou encore une onde tropicale. La Réunion, Mayotte, la Guadeloupe, la Martinique, Saint-Martin et Saint-Barthélemy font ainsi partie des zones du globe favorables à l'apparition et aux développements de ces phénomènes.

Un cyclone se présente sous la forme d'une énorme masse nuageuse, organisée en bandes spiralées qui convergent vers le centre du système appelé "œil" et pouvant s'étendre sur un diamètre de 300 à 500km de diamètre. Dans les cas de La Réunion et Mayotte (hémisphère Sud), les vents tournent autour du cyclone dans le sens des aiguilles d'une montre. Ce sens de rotation est inversé pour les Antilles situées dans l'hémisphère Nord.

La structure d'un cyclone n'est pas symétrique par rapport à son œil. En effet sa vitesse de déplacement, commandée essentiellement par l'environnement météorologique de grande échelle, favorise ou ralentit la vitesse de vent cyclonique suivant la position par rapport à la trajectoire.

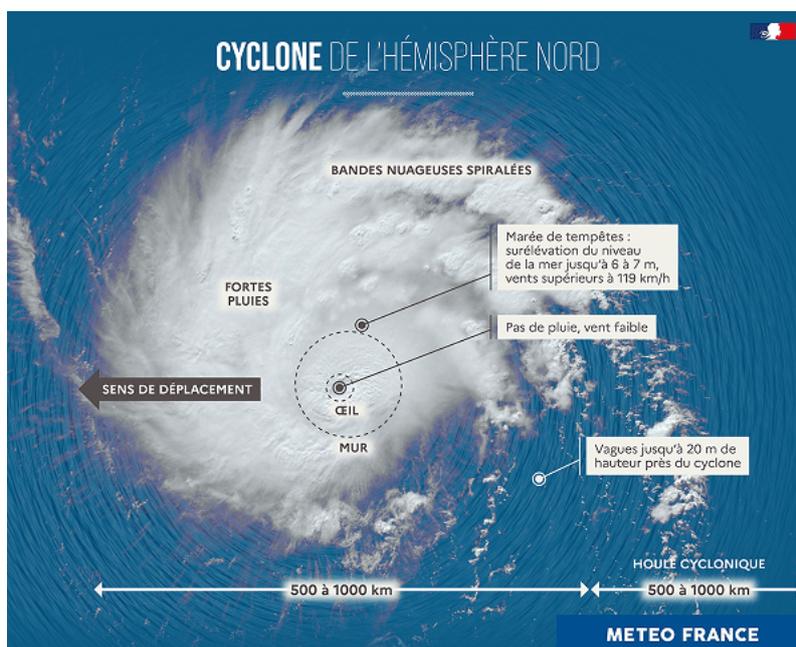


Figure 6-1 Définition d'un cyclone (Source Météo France)

L'Arc des Petites-Antilles, dans lequel se trouvent l'archipel guadeloupéen et l'île de la Martinique, se situe dans la région tropicale de l'hémisphère Nord, entre le Tropique du Cancer (latitude 23°26' Nord), passant juste au Nord de Cuba, et l'Équateur. La Guadeloupe et ses îles proches peuvent s'inscrire dans un rectangle ayant pour limites les latitudes comprises de 15°8 à 16,5° Nord et les longitudes de 61° à 62° Ouest. Pour les Îles dites du Nord (Saint-Martin et Saint-Barthélemy) on a les limites suivantes : Latitude Nord entre 17,5° et 18,5°, longitude Ouest entre

62,5° et 63,5°. Pour les Antilles, la saison cyclonique s'étend de juin à novembre, avec un pic d'activité sur les mois d'août à octobre.

Pour La Réunion et Mayotte se trouvant dans le bassin dit "Océan Indien Sud-Ouest", la saison cyclonique s'étend du 15 novembre à avril, avec un pic d'activité pour les 3 premiers mois de l'année (janvier à mars). La [Figure 6-2](#) illustre cette répartition.

Un cyclone peut toutefois se former hors saison en raison de conditions météorologiques particulières : eaux anormalement chaudes (les températures restent plus longtemps élevées), perturbations atmosphériques (humidité élevée, absence de cisaillement).

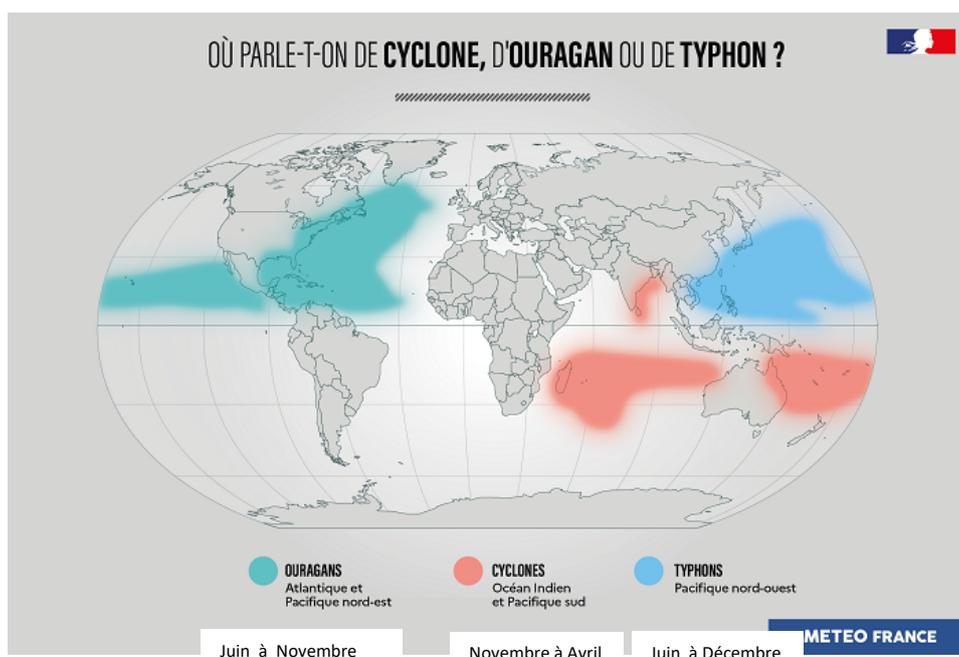


Figure 6-2 Zones géographiques de naissance des cyclones (Source Météo France)

La classification des systèmes tropicaux est différente selon la zone géographique, la [Figure 6-3](#) illustre cette catégorisation.

Pour les Antilles françaises, on utilise l'échelle de Saffir-Simpson, et le centre National Hurricane Center NHC de Miami en Floride est chargé du suivi de l'activité cyclonique ; il donne aussi leur nom aux systèmes tropicaux.

Pour l'océan Indien, les termes utilisés ont été établis par Météo-France. Le bassin sud-ouest de l'Océan Indien (de 30 degrés Est à 90 degrés Est, entre l'équateur et 40 degrés Sud) est sous la responsabilité du CMRS de la Réunion.

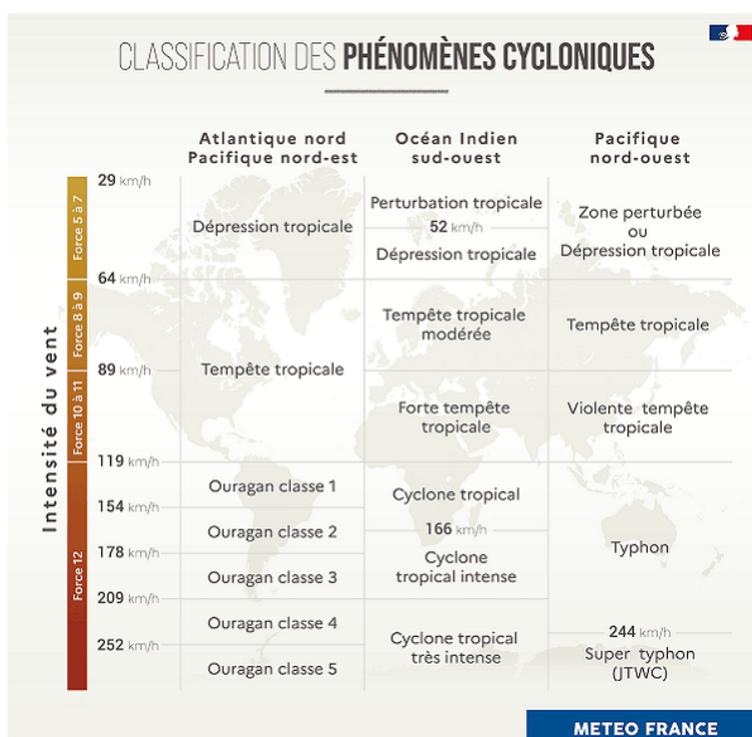


Figure 6-3 Classification des Cyclones dans les différents bassins (Source Météo France)

6.2. Les Antilles

6.2.1. La classification officielle

La Caraïbe et l'Arc des Petites-Antilles sont donc, chaque année et lorsque les conditions sont favorables, soumises à des perturbations météorologiques qui sont appelées, pour la zone, Cyclones Tropicaux.

Les *Cyclones Tropicaux* se forment dans la majorité des cas à partir de ces *Ondes Tropicales*.

- **La Perturbation Tropicale** : pluies (ou "grains"), averses classiques.
- **L'Onde Tropicale** : c'est une sorte d'anomalie dans le champ de pression atmosphérique qui entraîne, lors de son passage, des pluies, un peu de vent, des orages plus ou moins violents. On en a une en moyenne tous les trois jours durant la saison humide (*hivernage*).

L'Onde tropicale se renforçant, nous entrons dans la catégorie des *Cyclones Tropicaux*.

L'échelle Saffir-Simpson est une échelle de graduation des phénomènes cycloniques dans l'Océan Atlantique et une partie de l'Océan Pacifique en fonction de plusieurs paramètres:

- vitesse des vents soutenus durant une minute
- élévation du niveau de la mer
- pression atmosphérique au centre
- dégâts à la végétation et aux infrastructures

LA CLASSIFICATION OFFICIELLE DES CYCLONES TROPICAUX :

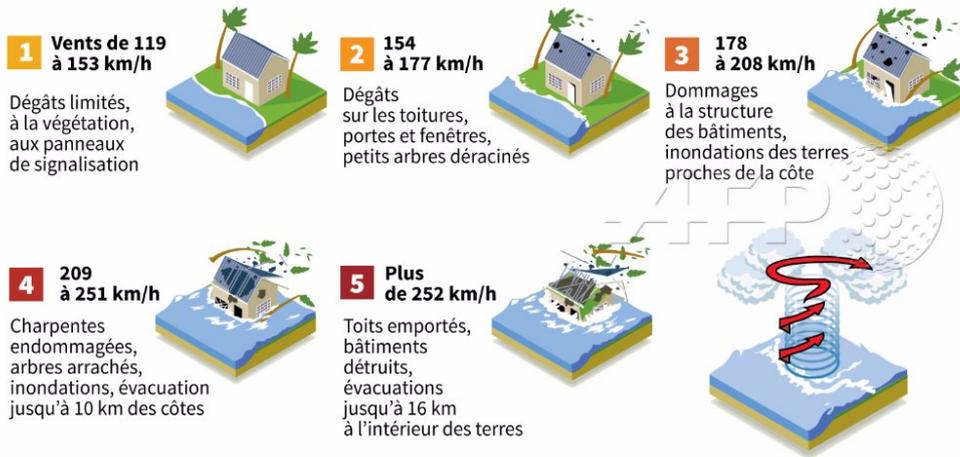
- **La Dépression Tropicale** : C'EST UN CYCLONE TROPICAL. On a une circulation fermée (les vents tournent autour d'un centre), mais avec une vitesse de vents moyens inférieure à 60 km/h (valeur arrondie). À ce stade, le phénomène porte un numéro (1, 2, 3 ...).
- **La Tempête Tropicale** : C'est le renforcement de la Dépression Tropicale. Les vents moyens sont compris entre 60 km/h et 120 km/h (valeurs arrondies). Il y a une rotation franche autour d'un centre (œil). Le phénomène est nommé à partir d'une liste de noms pré-établie.
- **L'Ouragan** (de l'amérindien « *Uracaan* ») : C'est le renforcement de la Tempête Tropicale avec des vents moyens soutenus supérieurs à 120 km/h.

L'échelle Saffir-Simpson est applicable dans le bassin Atlantique Nord, dans le Pacifique Est et central, elle donne un classement en fonction des vitesses de **VENTS MOYENS SOUTENUS PENDANT UNE MINUTE**. L'Ouragan est le stade ultime mais cet événement est subdivisé en **CLASSES** ou **CATÉGORIES** toujours selon la vitesse de rotation des vents SOUTENUS SUR UNE MINUTE (vents moyens):

- **CLASSE 1** : vents moyens soutenus compris entre 120 et 150 km/h (valeurs arrondies) (dégâts).
- **CLASSE 2** : vents moyens soutenus compris entre 150 et 180 km/h (valeurs arrondies) (gros dégâts).
- **CLASSE 3** : vents moyens soutenus compris entre 180 et 210 km/h (valeurs arrondies) (dégâts très importants).
- **CLASSE 4** : vents moyens soutenus compris entre 210 et 250 km/h (valeurs arrondies) (catastrophe).
- **CLASSE 5** : vents moyens soutenus supérieur à 250 km/h (valeurs arrondies) (désastre).

La force des ouragans

Classification selon l'échelle de Saffir-Simpson



Source : NHC

© AFP

Figure 6-4 Illustration de l'échelle Saffir-Simpson (Source NHC, AFP)

À partir de la classe 3, l'Ouragan est considéré comme un phénomène majeur, extrêmement dangereux. Mais, compte tenu de notre relief et de la fragilité de nos sols, tout événement, dès le stade Onde Tropicale, peut générer des dégâts importants et des victimes (par fortes pluies, inondations, glissements de terrain, mer forte et effets de la foudre en particulier).

Il faut noter que nous ne devons pas confondre et assimiler nos Cyclones Tropicaux avec les Tempêtes de la zone tempérée. Nos systèmes tropicaux sont des phénomènes dits à « coeur chaud », qui prennent leur énergie uniquement au-dessus des eaux tropicales chaudes, énergies colossales bien plus importantes que celles développées au sein des tempêtes des zones tempérées.

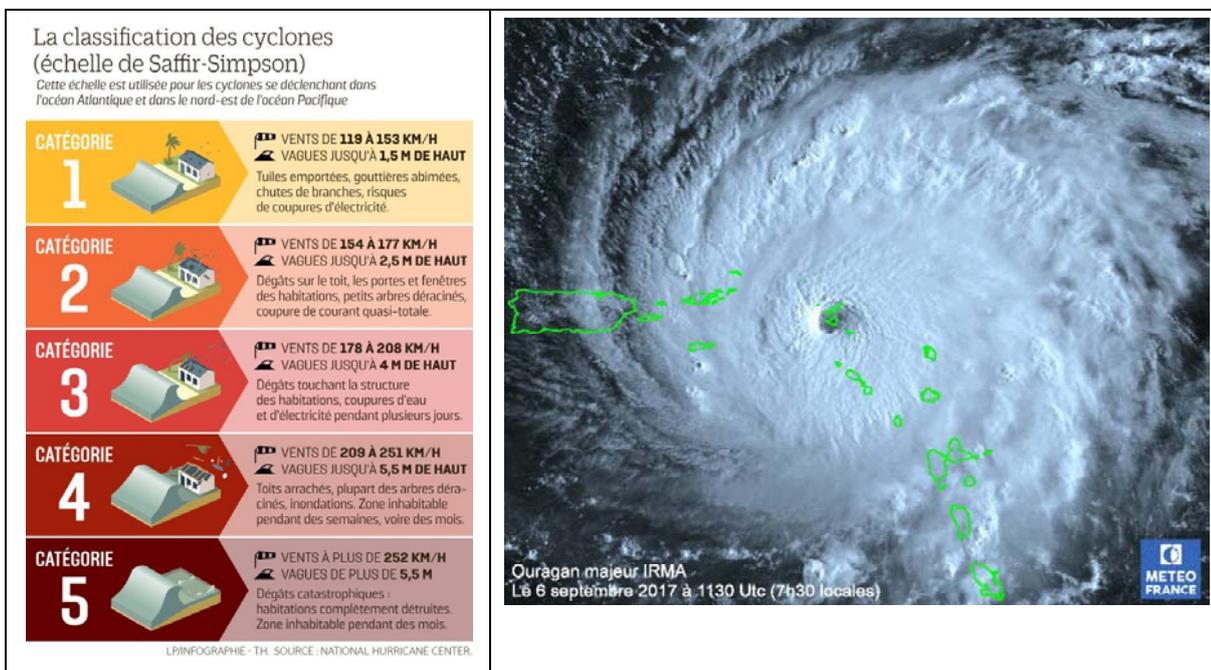


Figure 6-5 Echelle Saffir Simpson –Classement en catégorie des Cyclones

6.2.2. Les cyclones récents

6.2.2.1. IRMA

L'**ouragan Irma** est le plus puissant enregistré dans la zone des Antilles Atlantique nord, par la vitesse de ses vents soutenus (295 km/h), depuis Allen en 1980 et depuis que l'on fait des mesures par satellites (1970). Le dixième cyclone tropical de la saison cyclonique 2017 dans l'océan Atlantique nord s'est développé du 30 août au 12 septembre 2017. Il est le deuxième ouragan majeur (catégorie 3 ou plus), ayant atteint la catégorie 5 sur l'échelle de Saffir-Simpson, après l'ouragan Harvey de catégorie 4 survenu une semaine auparavant. Il est le premier ouragan à rester classé en catégorie 5 pendant une longue période en continue. Il cause des dégâts catastrophiques dans les îles de Barbuda, Saint-Barthélemy, Saint-Martin, Anguilla et les îles Vierges, éprouve sévèrement la côte nord de Cuba et oblige la Floride à mettre en place une évacuation de plus de six millions d'habitants. Les dégâts sont évalués à près de cent milliards de dollars.

| | |
|-----------------------------------|---|
| Apparition | <u>30 août 2017</u> |
| Dissipation | <u>12 septembre 2017</u> |
| Catégorie maximale | <u>Ouragan catégorie 5</u> |
| Pression minimale | 914 <u>hPa</u> |
| Vent maximal (soutenu sur 1 min.) | 295 <u>km/h</u> (rafales à 360 km/h). |
| Dommages confirmés | ≥ 63 milliards \$ US |
| Morts confirmés | 125 |
| Blessés confirmés | Plus de 1000 |
| Zones touchées | Nord des <u>Petites Antilles</u> , <u>Puerto Rico</u> , <u>République dominicaine</u> , <u>Haïti</u> , <u>Cuba</u> , <u>îles Turks-et-Caïcos</u> , <u>Bahamas</u> , <u>Floride</u> , <u>Géorgie</u> , |

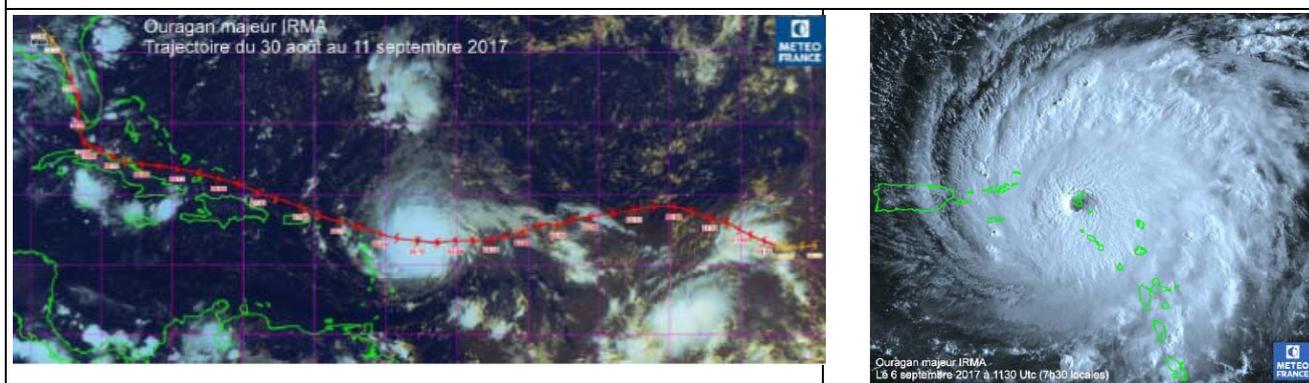


Tableau 6-1 Caractéristiques de l'Ouragan Irma ¹

¹ Source Météo France et NHC

Pour Irma (Source Météo France (27)) : il semble que les valeurs de vitesses de vent enregistrées lors de son passage sur Saint Martin n'ont jamais été aussi fortes si on se réfère aux bases de données existants depuis 1951 :

- ❖ Il s'agit du premier atterrissage d'un ouragan de catégorie 5 sur une île des Petites Antilles
- ❖ Ouragan majeur de catégorie 5, avec des vents moyens soutenus sur 1 minute supérieur à 275km/h durant 3 jours et demi
- ❖ Ouragan ayant généré des vents moyens soutenus sur 1 minute jusqu'à 290-295km/h

De plus, ces vitesses estimées à 10m de hauteur seraient supérieures aux valeurs prises en compte par les normes de calcul NV65 pour l'action du vent extrême site exposé utilisée auparavant; elles seraient légèrement inférieures à celle la plus défavorable déduite de la norme NF EN1991-1-4/NA pondérée avec les coefficients de sécurité ELU.

« Irma : un ouragan record et très dévastateur

- ❖ Îles de St Barthélemy et St Martin : 6 septembre 2017
- ❖ Vents > 370 km/h ; des mesures satellitaires à environ 400 km/h (catégorie 5)
- ❖ Chapelet d'ouragans en formation dont des "pluvieux"
- ❖ 95 % du bâti impacté / 20 % détruit / 56 000 T "déchets"
- ❖ 3 Mrd € de dégâts St Barthélemy + St Martin dont 1,9 Mrd € de biens assurés (1,1 Mrd € à St Martin)

Une catastrophe hors norme et inédite en France »



La baie orientale à Saint-Martin après le passage d'Irma

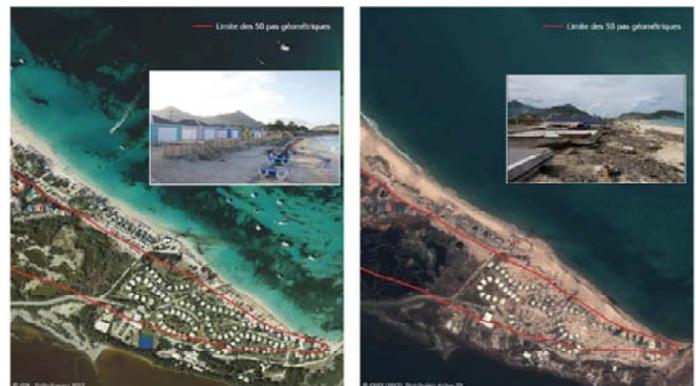


Figure 6-6 Extrait du Témoignage : Gestion post-ouragan Irma à St Barthélemy et St Martin Frédéric MORTIER délégué territorial, DI reconstruction des îles du Nord (09/2017-11/2018) délégué interministériel aux risques majeurs OM (05/2019-08/2021) IHEMI – RVR, Ecole Militaire, Paris - 19 novembre 2024

6.2.2.2. MARIA

L'ouragan **Maria** est le quatorzième cyclone tropical, le septième ouragan dont le quatrième ouragan majeur de la saison cyclonique 2017 dans l'océan Atlantique nord et le deuxième ouragan de catégorie 5 après l'ouragan Irma survenu une semaine auparavant. Formé à partir d'une onde tropicale ayant traversé l'Atlantique tropical depuis l'Afrique de l'ouest, il a pris beaucoup de temps à devenir une dépression tropicale mais s'est intensifié ensuite rapidement près des Petites Antilles qu'il a traversé à la catégorie 5.

Maria fait partie des catastrophes environnementales de cette saison 2017. Il s'agit du plus puissant ouragan à frapper Porto Rico depuis celui de *San Felipe Segundo de 1928*.

| | |
|--------------------------------------|--|
| Apparition | <u>16 septembre 2017</u> |
| Dissipation | <u>3 octobre 2017</u> |
| | (Tempête post/extra-tropicale à partir du 30 septembre) |
| Catégorie maximale | <u>Ouragan catégorie 5</u> |
| Pression minimale atteinte | 908 hPa |
| Vent maximal (soutenu sur 1 min.) | 280 km/h(rafales à 350 km/h) |
| Dommages confirmés | 50 à plus de 91 milliards \$US (estimé) |
| Morts confirmés | 97 directs (32 indirects) |
| Blessés confirmés | Plus de 100 |
| Zones touchées | Nord des <u>Petites-Antilles</u> (dont la Guadeloupe) et dévastation totale de la Dominique, des Îles Vierges des États-Unis et surtout de Porto-Rico. <u>Hispaniola</u> . <u>Îles Turks-et-Caïcos</u> , côte <u>des Carolines</u> (USA) |

²

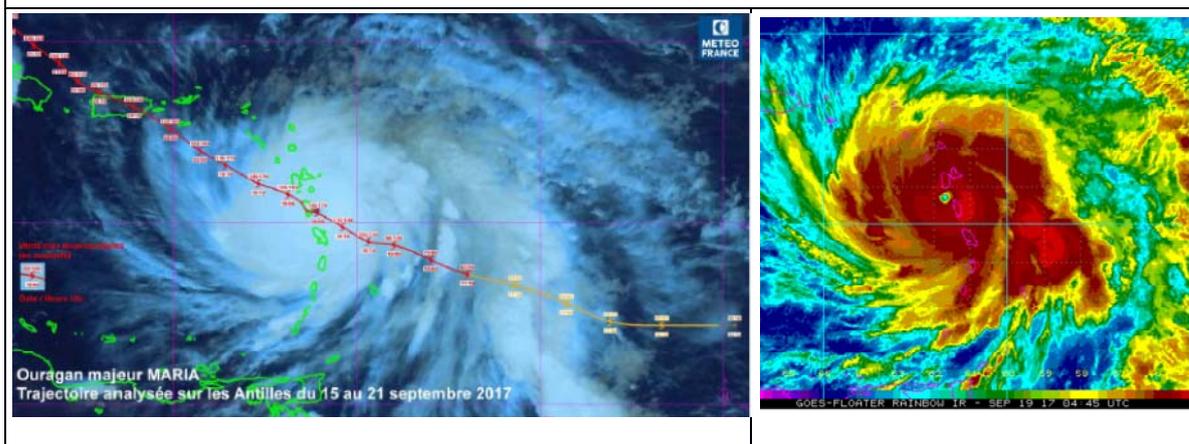


Tableau 6-2 Caractéristiques Ouragan Maria

² Source Météo France et NHC, NOA

Pour Maria (Source Météo France) (28) (29) :

- MARIA était un ouragan de catégorie 4 proche de la catégorie 5, un mur de l'oeil très étroit autour d'un oeil de taille moyenne (entre 15 et 20 km), une pression barométrique au centre de 942 hPa avec un rayon de vents cycloniques de petite étendue et une très faible vitesse de déplacement, que MARIA allait frapper particulièrement le sud de l'archipel de la Guadeloupe.

Toute la partie de l'archipel au sud d'une ligne Trois-Rivières - Baillif, incluant la ville de Basse-Terre a été concernée par un rayon des vents de classe 2 (vent maximal soutenu sur une minute supérieur à 155 km/h). La commune de Vieux-Fort et les zones montagneuses exposées vers le sud et sud-est ont certainement subi des rafales de plus de 200 km/h (rafales proches de 220 km/h).

6.2.2.3. BERYL

L'ouragan Beryl a circulé sur le sud des petites Antilles (la Bardade, Tobago, Saint-Vincent, Grenade, et des Grenadines) qui ont subi les vents violents, une mer démontée et en surcote et les pluies intenses du 1er ouragan majeur d'une saison cyclonique dans l'Atlantique nord (30).

| Apparition | <u>28 juin 2024</u> | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|---------|---------------|---------|---|--------------------------------|---|-----------|---|---------|---|---------------|----|
| Dissipation | <u>09 juillet 2024</u> | | | | | | | | | | | | | |
| Catégorie maximale | <u>Ouragan catégorie 4</u> | | | | | | | | | | | | | |
| Pression minimale atteinte | <u>950 hPa</u> | | | | | | | | | | | | | |
| Vent maximal(soutenu sur 1 min.) | <u>120 kt (222 km/h) : (rafales à km/h)</u> | | | | | | | | | | | | | |
| Dommages confirmés | | | | | | | | | | | | | | |
| Morts confirmés | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Country</th> <th>Direct Deaths</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grenada</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>St. Vincent and the Grenadines</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Venezuela</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Jamaica</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>United States</td> <td>14</td> </tr> </tbody> </table> | | Country | Direct Deaths | Grenada | 3 | St. Vincent and the Grenadines | 8 | Venezuela | 6 | Jamaica | 3 | United States | 14 |
| Country | Direct Deaths | | | | | | | | | | | | | |
| Grenada | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| St. Vincent and the Grenadines | 8 | | | | | | | | | | | | | |
| Venezuela | 6 | | | | | | | | | | | | | |
| Jamaica | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| United States | 14 | | | | | | | | | | | | | |
| Blessés confirmés | | | | | | | | | | | | | | |
| Zones touchées | <u>la Bardade, Tobago, Saint-Vincent, Grenade, et des Grenadines</u> | | | | | | | | | | | | | |

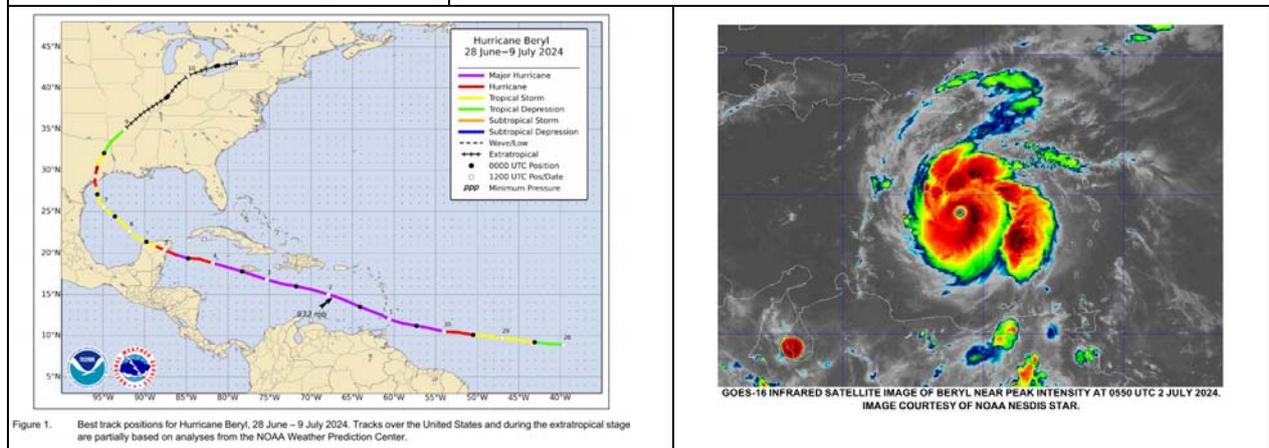


Tableau 6-3 Caractéristiques Ouragan Beryl juillet 2024

Pour BERYL (Source Météo France) (Bulletin 1^{er} juillet 2024):

- Plusieurs caractéristiques de BERYL sont tout simplement extraordinaires du point de vue de la climatologie et de l'histoire des ouragans atlantiques. Cela témoigne certainement du potentiel océanique exceptionnel pour cette période de l'année températures de surface de la mer dignes d'un mois d'août ou septembre. Grâce au faible cisaillement du vent, les amas orageux ont pu bien s'organiser et former une dépression tropicale, puis rapidement une tempête tropicale.
- Le développement extrêmement rapide s'est poursuivi et a finalement conduit à l'ouragan le plus puissant jamais répertorié en juin sur l'ensemble du bassin Atlantique (qui plus est, à l'est des Antilles, ce qui est encore plus exceptionnel).
- Le précédent cyclone de catégorie 4 le plus précoce était Dennis le 8 juillet 2005 à 00 UTC. Avant un premier août il n'y avait en fait que deux ouragans à avoir atteint la catégorie 4 sur le bassin, tous deux en 2005 (Dennis et Emily). 2005 avait été une saison extrêmement active à l'époque.
- Cela a pris 42 heures à BERYL de passer du stade de dépression tropicale à ouragan majeur ce 30 juin. 42 heures. C'est arrivé 6 fois dans l'histoire des ouragans Atlantiques ; et la plus précoce de ces 6 fois était un 1er septembre ! Autrement dit l'intensification rapide de BERYL si tôt dans la saison est une authentique anomalie météorologique

Pour BERYL (Source NHC NATIONAL HURRICANE CENTER TROPICAL CYCLONE - REPORT HURRICANE BERYL 23 janvier 2025) (30),:

- Beryl était un ouragan climatologiquement précoce du Cap-Vert, devenant le premier ouragan de catégorie 5 (sur l'échelle des vents de Saffir-Simpson) enregistré dans le bassin Atlantique.
- Il a traversé les îles du Vent en tant qu'ouragan majeur causant de graves dégâts
- Il a ensuite touché terre en tant qu'ouragan sur la péninsule du Yucatan au Mexique et puis la côte du Texas.
- L'ouragan a été directement responsable de 34 morts.
- Selon le rapport de la NHC (30), la vitesse vent soutenue maximale atteinte est d'environ 145 kt (268 km/h)

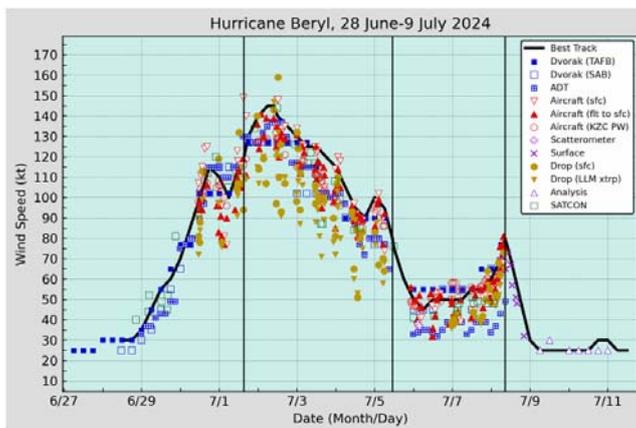


Figure 2. Selected wind observations and best track maximum sustained surface wind speed curve for Hurricane Beryl, 28 June - 9 July 2024. Aircraft observations have been adjusted for elevation using 90%, 80%, and 75% adjustment factors for observations from 700 mb, 850 mb, and 925 mb, respectively. Dropwindsonde observations include actual 10 m winds (sfc), as well as surface estimates derived from the mean wind over the lowest 150 m of the wind sounding (LLM). Advanced Dvorak Technique estimates represent the Current intensity at the nominal observation time. SATCON intensity estimates are from the Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies. Dashed vertical lines correspond to 0000 UTC, and solid vertical lines correspond to landfalls.

Figure 6-7 Vitesses de vent atteintes par Beryl durant son passage (Source NHC (30))

6.3.L'Océan Indien

6.3.1. La classification officielle

Selon Météo France, dans l'Océan Indien, les systèmes sont répartis en quatre grandes catégories :

- jusqu'à 52 km/h c'est une perturbation tropicale ;
- entre 52 km/h et 64 km/h, c'est une dépression tropicale ;
- entre 64 km/h et 119 km/h il s'agit d'une tempête tropicale ;
- à partir de 119 km/h, il s'agit de la catégorie des cyclones tropicaux. Au-delà de 166 km/h il s'agit de cyclones tropicaux intenses et au-delà de 209 km/h il s'agit de cyclones très intenses.

Les différentes classifications utilisées dans ce bassin afin de différencier les systèmes tropicaux sont suivant la puissance de leur vent.

Dans le domaine de la météorologie marine, l'ouragan correspond à la force 12 de l'échelle de Beaufort. Cette échelle, allant de 0 à 12, permet d'évaluer la vitesse moyenne du vent en fonction de l'état de la mer.

| L'ÉCHELLE DE BEAUFORT | | | |
|-----------------------|-------------------|----------------|--------------------------------|
| | FORCE | VITESSE (km/h) | EFFET |
| 0 | Calme | < 1 | La fumée s'élève verticalement |
| 1 | Très légère brise | 1 ▶ 5 | Fumées déviées |
| 2 | Légère brise | 6 ▶ 11 | Frémissement des feuilles |
| 3 | Petite brise | 12 ▶ 19 | Le vent déploie les drapeaux |
| 4 | Jolie Brise | 20 ▶ 27 | Le vent soulève la poussière |
| 5 | Bonne brise | 28 ▶ 38 | Les arbustes se balancent |
| 6 | Vent frais | 39 ▶ 49 | Usage des parapluies difficile |
| 7 | Grand frais | 50 ▶ 61 | Marche contre le vent pénible |
| 8 | Coup de vent | 62 ▶ 74 | Branches cassées |
| 9 | Fort coup de vent | 75 ▶ 88 | Cheminées et tuiles arrachées |
| 10 | Tempête | 89 ▶ 102 | Arbres déracinés |
| 11 | Violente tempête | 103 ▶ 120 | Gros ravages |
| 12 | Ouragan | > 120 | Dévastation |

Figure 6-8 Echelle de Beaufort (Source Météo France)

Dans le Sud-Ouest de l'océan Indien, les systèmes dépressionnaires tropicaux reçoivent des noms dès lors qu'ils atteignent le stade de tempête tropicale modérée (vents moyens sur 10 minutes excédant les 33 nœuds, soit 62 km/h). Les prénoms sont choisis de manière consensuelle lors du Comité des Cyclones tropicaux et ce en équilibrant les prénoms issus des différents pays.

- **Zone perturbée** : Zone dépressionnaire d'échelle synoptique sans front, prenant naissance dans les régions tropicales ou subtropicales et présentant une convection renforcée et des vents faibles en surface.
- **Perturbation tropicale** : Terme générique pour une zone dépressionnaire d'échelle synoptique non frontale, prenant naissance au-dessus d'eaux tropicales ou subtropicales et présentant une convection bien organisée et une circulation cyclonique dont la valeur maximale estimative de la vitesse moyenne du vent ne dépasse pas 27 nœuds (soit 50 km/h, force 6 Beaufort).
- **Dépression tropicale** : Système dépressionnaire tropical dont la valeur maximale de la vitesse moyenne du vent est comprise entre 28 et 33 nœuds (soit 51 à 62 km/h ; grand frais force 7 Beaufort).
- **Tempête tropicale modérée** : Système dépressionnaire tropical dont la valeur maximale de la vitesse moyenne du vent est comprise entre 34 et 47 nœuds (soit entre 63 et 88 km/h ; coup de vent ou fort coup de vent force 8 ou 9 Beaufort).
- **Forte tempête tropicale** : Système dépressionnaire tropical dont la valeur maximale de la vitesse moyenne du vent est comprise entre 48 et 63 nœuds (soit entre 89 et 117 km/h ; tempête ou forte tempête force 10 ou 11 Beaufort).
- **Cyclone tropical** : Système dépressionnaire tropical dont la valeur maximale de la vitesse moyenne du vent est comprise entre 64 et 89 nœuds (soit entre 118 et 165 km/h, force ouragan 12 Beaufort).
- **Cyclone tropical intense** : Système dépressionnaire tropical dont la valeur maximale de la vitesse moyenne du vent est comprise entre 90 et 115 nœuds (soit entre 166 et 212 km/h).
- **Cyclone tropical très intense** : Système dépressionnaire tropical dont la valeur maximale de la vitesse moyenne du vent dépasse 115 nœuds (soit 212 km/h).
- **Dépression extra-tropicale** : Zone dépressionnaire d'échelle synoptique se trouvant hors de la zone tropicale ou ancienne dépression tropicale ayant perdu ses caractéristiques tropicales.
- **Dépression subtropicale** : Zone dépressionnaire d'échelle synoptique ayant, au cours de son existence, des caractéristiques aussi bien de dépression tropicale que de dépression extra-tropicale. Dans le Sud-Ouest de l'océan Indien, on observe régulièrement la genèse de ce type de dépression hybride sur le Sud du Canal de Mozambique.

Dans cette classification la vitesse du vent considérée est la vitesse du vent mesurée à 10 m et moyennée sur 10 minutes (les rafales maximales sur mer sont environ 40% supérieures à ces vents moyens).³

³ Pour info : certains utilisent la classification en tenant compte du vent moyen sur 10 minutes et d'autres en tenant compte du vent sur 1 minute (vent sur 10 minutes = vent sur 1 minute x 1,133)

Ci-dessous le Tableau 6-4, donne la liste des désignations des systèmes tropicaux en fonction de la force continue des vents sur une période de 10 minutes. Les noms utilisés dans les bulletins météo suivent cette nomenclature et indiquent ainsi la violence de chaque phénomène rapporté. Attention tout de même, les rafales peuvent dépasser de 50 % la force des vents moyens.

| Dénomination du système | Vent moyen en km/h sur 10 minutes | Pression hectopascal (hPa) |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Perturbation tropicale | < 50 | <997 |
| Dépression tropicale | entre 51 & 62 | >997 |
| Tempête tropicale modérée | 63 à 88 | 986 à 996 |
| Forte tempête tropicale | 89 à 116 | 972 à 985 |
| Cyclone tropical | 117 à 167 | 971 à 942 |
| Cyclone tropical intense | 168 à 213 | 941 à 910 |
| Cyclone tropical très intense | > 214 | < à 909 |

Tableau 6-4 Classification des systèmes tropicaux dans l'Océan Indien (Source Météo France)

6.3.2. Les cyclones récents

6.3.2.1. MAYOTTE

6.3.2.1.1. CHIDO

Le passage du cyclone CHIDO le 14 décembre 2024 n'a pas épargné l'île. CHIDO, classé en catégorie 4 (sur 5), est le cyclone le plus intense qu'ait connu Mayotte depuis 90 ans. Malgré les prévisions météorologiques, ni la population ni les autorités administratives n'ont pris la mesure de l'ampleur de ce phénomène.

Dans un article sur son site web, la DEALM MAYOTTE (Direction de l'Environnement de l'Aménagement, du Logement et de la Mer de Mayotte) (30), fait le bilan suivant :

« L'île est complètement dévastée, méconnaissable, causant d'immenses dégâts humains et matériels: les bidonvilles rasés, les arbres déracinés et des débris jonchaient chaque coin de rue. Ce qui était autrefois un paysage verdoyant a été transformé en un champ de ruines. De nombreuses familles sinistrées ont perdu leur toit et leurs biens. Même les bâtiments les plus solides tels que les structures de santé, les écoles ainsi que la tour de contrôle de l'aéroport ont été détruits par le cyclone.»



Combani, photo © DroneGo 15/12/2024

Figure 6-9 Extrait du rapport HARAPPA « Premières évaluations et Analyse typologique des dommages du cyclone Chido sur l'habitat Mise en place d'un état-major opérationnel Mis à jour le 28/12/2024 »

Extrait du rapport HARAPPA (32):

« Le cyclone CHIDO a fait preuve d'une puissance inconnue à Mayotte. Ni Kamisy, ni Felixia, n'ont eu cette amplitude depuis plus de 40 ans. De plus ce cyclone est passé très vite, sa violence a été extrême pendant trois heures. Des vents ont cru en puissance à partir de 11 heures, puis à 12 heures, les vents se sont arrêtés brusquement pendant une quinzaine de minutes, et sont repartis de plus belle à plus de 180°. Les tôles arrachées des toits filaient, dans un vacarme assourdissant, à l'horizontale. Dans chaque maison y compris les maisons bien construites, l'eau giclait de toutes parts du pourtour des portes, des fenêtres et des baies vitrées, les toitures s'arrachaient de partout. Les cloisons en placo se disloquaient sous la pression des vents intérieurs, les faux plafonds s'effondraient, les lits étaient inondés. Encore une heure de folie et les vents se sont calmés. »

Le cyclone tropical intense Chido a frappé de plein fouet l'ensemble de l'île de Mayotte, ce samedi 14 décembre 2024, avec des conséquences dévastatrices pour le territoire et la population. Les rafales observées ont dépassé les 200 km/h. Il s'agit d'un cyclone d'une ampleur inédite depuis plus de quatre-vingt-dix ans pour Mayotte.

Que s'est-il passé ?

Le cyclone intense Chido a traversé l'île de Mayotte, samedi 14 décembre, avec des vents dévastateurs. L'œil du cyclone a abordé le nord de la Grande-Terre vers 11 h, samedi, au niveau de la ville de Bandraboua pour ressortir environ 30 minutes après vers la ville d'Acoua sur la côte nord-ouest. Le mur de l'œil a concerné la Petite-Terre ainsi que les régions nord et centre de la Grande-Terre.

Des rafales généralisées à plus de 200 km/h

Sur l'ensemble du territoire, les rafales observées ont dépassé les 180 km/h voire plus de 200 km/h dans le mur de l'œil du cyclone. On a relevé dans le mur de l'œil 226 km/h à Pamandzi et 194 km/h avant rupture de la réception des données à Coconi.

Des rafales approchant 250 km/h ont pu être atteintes sur le nord de Petite-Terre et la moitié Nord de Grande-Terre, concernées par le passage du mur de l'œil, qui est la zone théorique des vents maximaux.

Les rafales ont dépassé les :

- 100 km/h pendant un peu moins de cinq heures,
- 150 km/h pendant environ trois heures,
- 200 km/h pendant environ 45 minutes.

| | |
|------------------------------------|---|
| Apparition | <u>14 décembre 2024</u> |
| Dissipation | <u>17 décembre 2024</u> |
| | <i>Arrivé jusqu'au Mozambique</i> |
| Catégorie maximale | <u>Cyclone tropicale intense</u> |
| Pression minimale atteinte | <u>950 hPa</u> |
| Vent maximal (soutenu sur 10 min.) | <u>115 kt (213 km/h) (rafales à 226 km/h)</u> |
| Dommages confirmés | <i>L'île est complètement dévastée, méconnaissable,</i> |
| Morts confirmés | <i>bilan officiel au 05 /02/2025 : 39 morts (Source DEALM)</i> |
| Blessés confirmés | <i>environ 4 000 blessés, dont 124 blessés graves (Source DEALM)</i> |
| Zones touchées | <i>Voir Figure 6-10</i> |

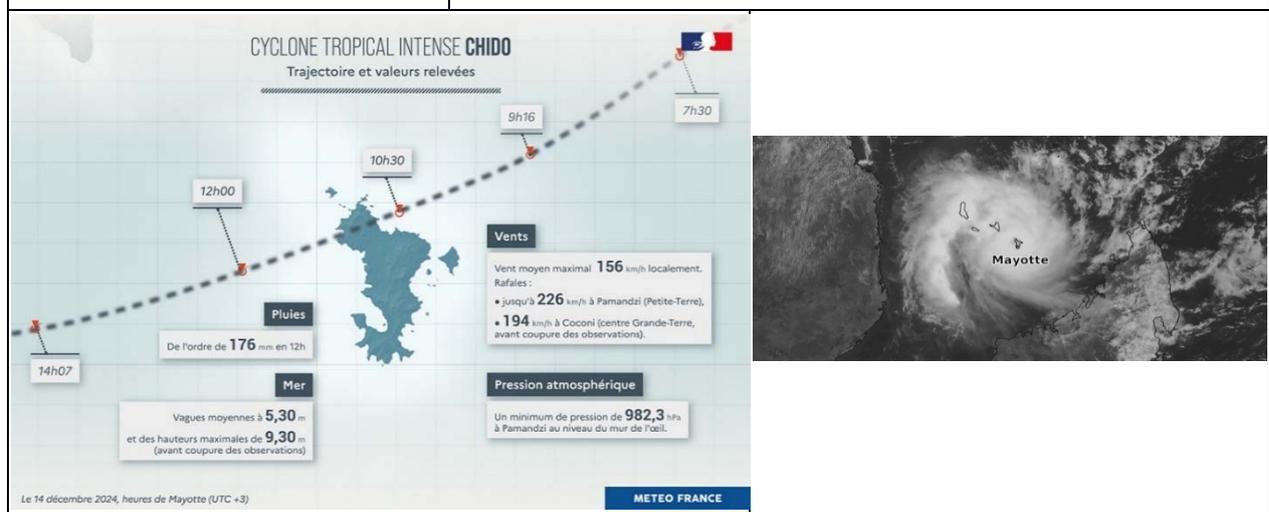


Tableau 6-5 Caractéristiques Cyclone Chido

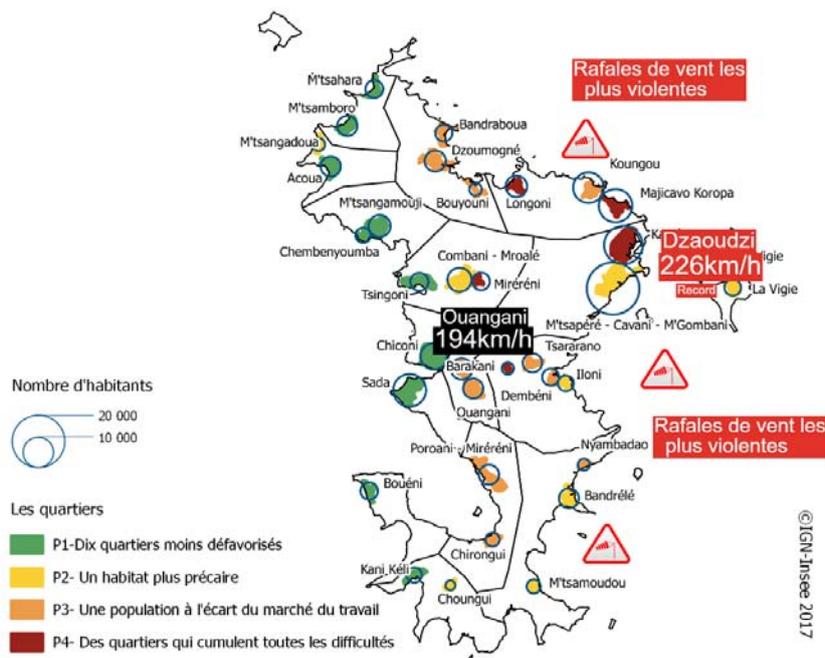


Figure 6-10 Carte bilan du passage du cyclone Chido Mayotte (Source INSEE, Météo France)

6.3.2.2. LA REUNION

6.3.2.2.1. GARANCE

Formé en milieu de semaine au Nord-Est immédiat de l'île de Madagascar, Garance s'est rapidement renforcé en se dirigeant vers l'île de la Réunion, qu'il a abordé en fin de nuit de jeudi 27 à vendredi 28 février 2025.

Le 27 février 2025, le cyclone tropical intense, Garance, était centré par les points 18° 2 Sud et 55° 2 Est, soit à 290 km dans le Nord de La Réunion. Les vents moyens sur mer sont estimés à 165 km/h et les rafales à 230 km/h. Il a finalement traversé l'île du Nord au Sud en matinée du 28 février 2025 en cyclone tropical.

| | |
|-----------------------------------|---|
| Apparition | <u>28 février 2025</u> |
| Dissipation | <u>02 mars 2025</u> |
| Catégorie maximale | <u>Cyclone tropical</u> |
| Pression minimale atteinte | ---hPa (ND) |
| Vent maximal(soutenu sur 10 min.) | 105 kt (195 km/h) /(rafales à 234 km/h) |
| Dommages confirmés | 50.000 foyers privés d'électricité (11,6% des foyers) et 43.960 personnes totalement privées d'eau (5% de la population). (selon le ministère de l'Intérieur) |
| Morts confirmés | 5 décès directs |
| Blessés confirmés | Six personnes ont été blessées, dont trois grièvement, (selon le ministère de l'Intérieur) |
| Zones touchées | Nord au Sud de l'île |

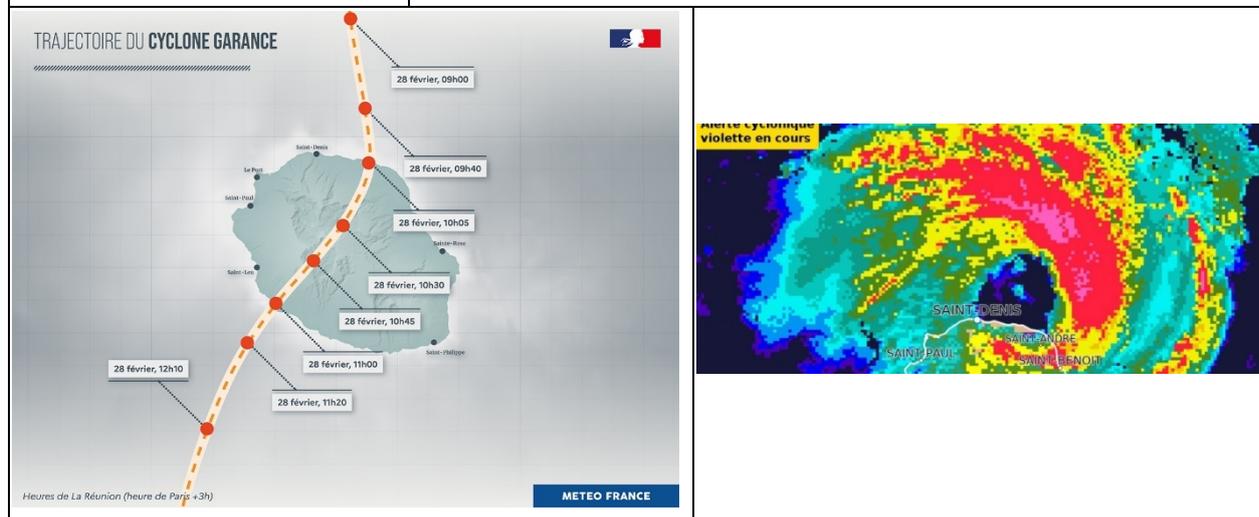


Tableau 6-6 Caractéristiques Cyclone Garance

Pour GARANCE (Source Météo France) :

- GARANCE a abordé La Réunion au stade de cyclone tropical, à la limite du cyclone tropical intense. En termes d'intensité, GARANCE est comparable à FIRINGA, également cyclone tropical au moment de l'impact mais FIRINGA a surtout marqué le sud de l'île (216 km/h à St Pierre).

Le cyclone en lui-même n'est pas exceptionnel : on observe en moyenne dans l'océan Indien 5 systèmes de ce type par saison.

En revanche, une large partie Nord et Est de l'île n'avait pas connu de vents aussi dévastateurs depuis plus de 50 ans. **Les valeurs de vent mesurées aux stations sont pour la plupart du niveau de celles qui avaient été observées lors de cyclones historiques et certaines n'avaient jamais été enregistrées depuis l'ouverture de la station d'observation.**

Ainsi, c'est la totalité de l'île de la Réunion, alors placée en alerte cyclonique violette par Météo-France, qui fut concernée par ce cyclone. C'est notamment sur le Nord et l'Est de l'île que les rafales de vent furent les plus violentes, se montrant pour certaines records. On a pu relever jusqu'à :

- **234 km/h** à Gros Piton Sainte-Rose : record du 11 février 1994 (cyclone Hollanda) égalé
- **217 km/h** à Piton Doret
- **214 km/h** à Gillot Saint-Denis - Rafale la plus forte depuis les 223 km/h relevés lors du passage du cyclone Jenny le 28 février 1962.
- **199 km/h** à Saint-Benoît - Nouveau record
- **174 km/h** au Piton-Maido
- **169 km/h** à Bras Panon Bellevue - Nouveau record
- **160 km/h** à la Plaine des Cafres
- **159 km/h** à Pierrefonts



Figure 6-11 Vitesses de vent mesurées dans plusieurs villes de La réunion (Source La Chaîne Météo villes.com)

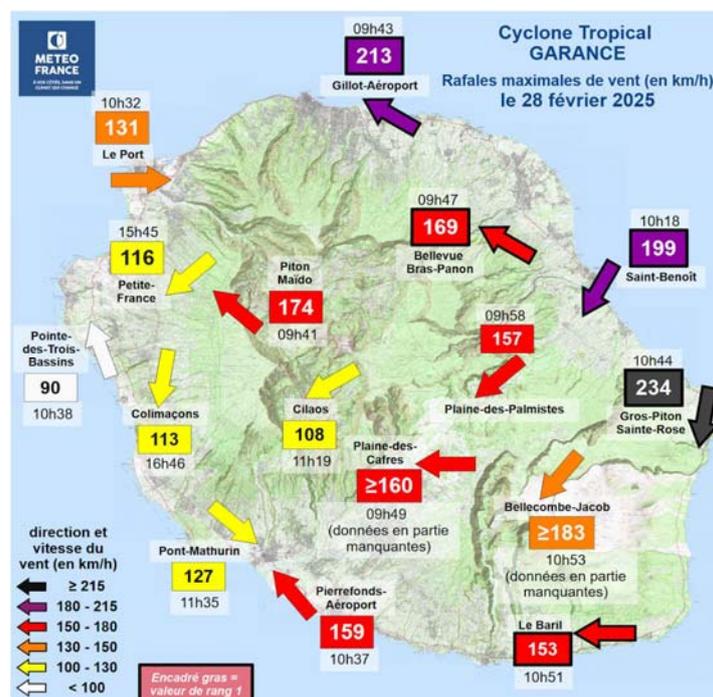


Figure 6-12 Vitesses de rafales de vent mesurées dans plusieurs villes de La réunion (Source Météo France)

Les deux cyclones Chido et Garance furent les plus violents à toucher ces îles depuis de nombreuses années. Si Chido fut le pire cyclone à toucher Mayotte depuis un siècle, Garance fut également l'un des cyclones les plus violents à toucher la Réunion depuis le début des relevés météorologiques sur le secteur.

Par exemple, les 214km/h relevés à l'aéroport de Saint-Denis et les 234km/h de Gros Piton Sainte-Rose représentent des records depuis 1962. Néanmoins, le record absolu de vitesse de vent relevé au passage d'un cyclone sur l'île de la Réunion demeure les 277km/h relevés au Piton Maïdo lors du passage de Dina entre le 22 et le 23 janvier 2002. Avant Dina, il fallait remonter au 19 janvier 1993 pour observer un cyclone dont l'œil avait circulé directement sur l'île.

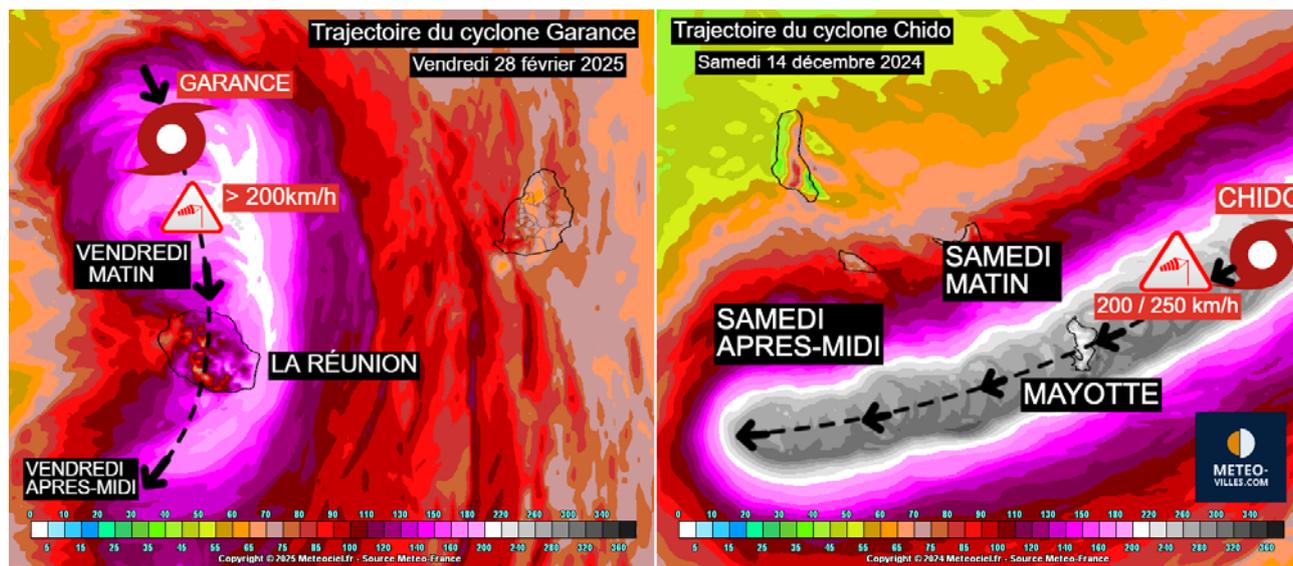


Figure 6-13 Comparaison des trajectoires des cyclones Chido_Mayotte et Garance_La Réunion (Source Météo villes.com)

En termes d'intensité des rafales de vent, ces deux systèmes furent également très similaires. On avait en effet pu relever jusqu'à 226km/h à l'aéroport de Dzaoudzi - Pamandzi (Mayotte) le 14 décembre dernier alors que les rafales ont atteint jusqu'à 234km/h à Gros Piton Sainte-Rose (La Réunion) le 28 février.

Au niveau des précipitations, c'est le cyclone Garance qui a engendré les cumuls les plus importants, la géographie de l'île de la Réunion avec ses hauts reliefs intérieurs étant plus favorable à d'importants cumuls que pour l'île de Mayotte, et ce malgré des vitesses assez similaires entre Chido et Mayotte.



Figure 6-14 Cumul de pluie, Cyclone Garance La Réunion (Source La chaîne Météo)

Il est intéressant de se pencher sur l'historique des cyclones ayant intéressé l'île de La Réunion ; le Tableau 6-7 et la Figure 6-15 indiquent les trajectoires et les faits remarquables lors du passage des précédents phénomènes.

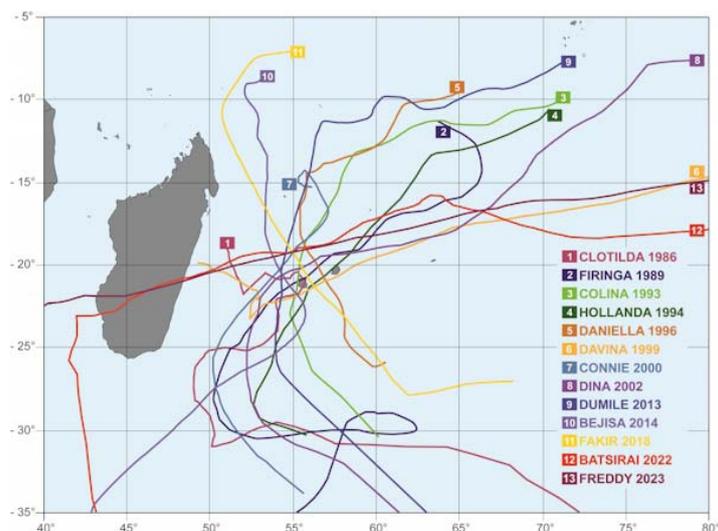


Figure 6-15 Historique des trajectoires des cyclones sur l'île de La Réunion

| Date | Nom | Fait remarquable / historique |
|------|---------------|---|
| 2025 | Garance | L'oeil du cyclone à traversé l'île, 1 mort et 3 disparus - Rafale à 234 km/h (Gros-Piton) |
| 2024 | Belal | L'oeil du cyclone passe sur La Réunion, une première depuis plus de 30 ans |
| 2022 | Batsirai | Rafale à 230 km/h |
| 2018 | Fakir | |
| 2015 | Haliba | |
| 2014 | Bejisa | 1 mort et 17 blessés |
| 2007 | Gamède | 3 records mondiaux de pluviométrie 3 jours (3 929 mm), 4 jours (4 869 mm) et 8 jours (5 510 mm) |
| 2006 | Diwa | |
| 2002 | Dina | Rafale à 277 km/h (Piton Maido) |
| 2001 | Ando | |
| 2000 | Eline | |
| 2000 | Connie | |
| 1999 | Davina | |
| 1998 | Fortes pluies | |
| 1994 | Hollanda | Rafale à 234km/h (Piton Sainte Rose) |
| 1993 | Fortes pluies | |
| 1993 | Colina | L'oeil du cyclone traverse l'île - Rafale 205km/h à la Plaine des Palmistes |
| 1989 | Firinga | L'oeil du cyclone traverse l'île - Rafale 216 km/h à Saint-Pierre |
| 1987 | Clotilda | |
| 1986 | Erinesta | |
| 1985 | Gerimena | |
| 1985 | Celestina | |
| 1981 | Florine | |
| 1980 | Hyacinthe | 25 morts, Deux records mondiaux de pluviométrie : 10 jours (5 678 mm) et 15 jours (6 083 mm) |
| 1977 | Fifi | |
| 1977 | Clarence | |
| 1973 | Lydie | |
| 1970 | Hermine | |
| 1966 | Denise | |
| 1964 | Giselle | |
| 1962 | Jenny | 37 morts, 150 blessés et 16 000 personnes sans-abri - Rafale à 280km/h |

Tableau 6-7 Historique des cyclones ayant frappé La Réunion (Source Météo France)

7. CONCEPTION ARCHITECTURALE

Il existe très peu de document abordant la conception paracyclonique ; on peut en citer quatre :

- *Cahier du CSTB 3071 d'octobre 1998 - Habitat cyclonique – concept adapté à l' auto construction (46)*
- *CONCEPTION PARACYCLONIQUE A l'usage des architectes et ingénieurs Christian Barré Alexandre de la Foye Sophie Moreau (46)*
- *Guide de Construction Parasismique et Paracyclonique de Maisons Individuelles à structure en Bois aux Antilles AFPS/SPIOM (46)*
- *« Guide de bonnes pratiques pour la construction et la réhabilitation de l'habitat », CSTB du CSTB (5)*

Le premier document est axé sur une réponse aux problèmes d'habitat traditionnel autoconstruit. Les propositions qui y figurent sont donc influencées par les contraintes de ce type d'habitat précaire. Il ébauche une analyse de l'habitat traditionnel et de l'auto-construction et propose des formes de bâtiments aérodynamiques ayant une meilleure résistance au vent cyclonique.

Il convient de signaler que les derniers événements climatiques montrent que les habitats précaires ne sont pas les seuls impactés par les effets du cyclone ; de nombreux bâtiments réalisés par des professionnels et contrôlés ont été détruits.

Le deuxième document est plus complet et riche. Il donne des éléments aussi bien pour le dimensionnement que pour l'architecture de l'ouvrage à édifier ; on pourra s'y référer pour la rédaction d'un document sur la conception paracyclonique aux Antilles. Il donne des solutions équivalentes au premier document en terme d'architecture de petit bâti traditionnel.

Le troisième document (46) est un guide de dimensionnement paracyclonique et parasismique spécifique aux maisons à ossatures bois aux Antilles, à l'initiative du Ministère de l'Outremer et de la Direction Départementale de l'Équipement de Guadeloupe, et rédigé par les membres antillais de l'Association Française du Génie Parasismique (regroupés dans les chapitres Guadeloupe et Martinique) appuyés par les experts nationaux.

Il propose des techniques de mise en œuvre et des dimensionnements forfaitaires conformes aux réglementations en vigueur en Guadeloupe et en Martinique pour les bâtiments entrant dans son domaine d'application. Les auteurs ont volontairement limité le domaine d'application aux types de constructions en bois les plus courantes aux Antilles et ont exclu les implantations sur les sites trop exposés aux vents cycloniques ou sur trop fortes pentes. Le guide ne prend donc pas en compte les configurations architecturales qui, par leurs dimensions ou leur géométrie, nécessitent des prescriptions trop complexes ou coûteuses pour une approche forfaitaire. Le constructeur trouve dans les différents chapitres les détails de la mise en œuvre, et dans les tableaux les dimensionnements à retenir pour son projet.

Le dernier document réalisé par le CSTB en 2018 suite au passage du cyclone Irma, est une synthèse des recommandations des trois documents cités ci-dessus ; avec un accent mis sur la mise en œuvre et l'exécution ; il y a aussi des conseils sur l'architecture des maisons, notamment la pente des toitures et les dispositions à respecter pour la réalisation des auvents adossés.

Il est à noter que le guide C2PMI Antilles Edition Juin 2024 (22) est une concrétisation « réglementaire » de toutes ces recommandations et prescriptions techniques.

On peut retenir de ces documents les axes d'étude suivants pour arriver à une conception paracyclonique :

1) Réduire les charges appliquées à l'ouvrage

- Choisir son implantation en tenant compte des effets de survitesse en découlant
- Minimiser les dimensions des baies et les effets en cas d'ouverture probable lors de forts vents
- Minimiser les sollicitations de la toiture en arrachement :
 - Par diminution des actions locales notamment en rive (prise au vent : dimensions des auvents ; débords)
 - Contrôle des pressions interne et équilibrage des sollicitations (forme de la toiture)
 - Adaptation de la forme du bâtiment (compact)
 - Désolidarisation des auvents

2) Dimensionnement correct et surcapacité

- Protéger les baies contre les impacts de projectiles et la pression du vent, en alliant volet de protection (ou renforts) et menuiseries
- Améliorer les liaisons mécaniques et les fixations
- Dimensionner les fixations avec une sur résistance
- Améliorer la résistance des éléments structuraux et leurs fixations

Il serait intéressant de comparer les dispositions architecturales et constructives évoquées dans les deux premiers documents et la construction traditionnelle des maisons bois aux Antilles.

Il semble que le parti architectural de ces bâtis traditionnels suit quelques points abordés notamment sur la forme aérodynamique des bâtiments.

Les documents de l'AFPS sur le sujet permettent de faire une synthèse des dispositions constructives favorables et nécessaires à une bonne tenue des ouvrages sous vents cycloniques. La mise à jour du guide bois CT 51 (36) réalisé en avril 2025 et la rédaction du cahier technique CT53 (36) « Mise en évidence de l'intérêt des prescriptions des guides Maison Bois Antilles et CPMI-EC8/Z5 : permettront de donner des tableaux de dimensionnement mis à niveau, et de proposer des recommandations et dispositions techniques utiles à une bonne conception et dimensionnement paracycloniques.

Comme indiqué dans l'introduction du guide C2PMI : « *Le choix du système constructif, la qualité des matériaux et des assemblages ont également une influence sur la résistance du bâti. Il est bon de rappeler qu'au-delà d'une conception intelligente, le respect des règles d'urbanisme et des règles de la construction en vigueur est un pré requis qui permet de limiter les dégâts liés aux cyclones. Ces règles doivent s'appliquer en prenant en compte les autres objectifs d'un projet de construction tels que la qualité d'usage, l'accessibilité, la performance énergétique et tout ce qui a trait aux besoins des occupants.* » ; **sans oublier le respect des règles parasismiques....**

8. CONCLUSION

De très gros dégâts sont à déplorer, à cause des phénomènes cycloniques, même sur des constructions censées « répondre aux règles » ; une analyse plus fine doit être menée à chaque survenance d'un évènement pour comprendre les causes des défaillances que nous avons classées dans un premier temps en six catégories principales :

- a) Dimensionnement insuffisant
- b) Manque de réserve de résistance
- c) Défaut dans la conception
- d) Défaut de la fixation et de l'ancrage des éléments structuraux et des éléments non structuraux ENS (fermetures de baies, couverture, ...)
- e) Défaut dans la réalisation et l'exécution (manque de dispositions constructives)
- f) Impacts de projectiles

Concernant les normes et DTU sur les baies et fermetures, il faut rappeler qu'ils sont très disparates en termes d'exigence et de performances attendues. Vu que la rupture de ces éléments entraînent d'énormes modifications de pressions intérieures en plus des dégâts occasionnés ; une grande réflexion est à mener sur l'uniformisation des performances à leur imposer dans les zones cycloniques. De plus, Il doit être systématisé le calcul de l'ouvrage « bâtiment » en situation accidentelle quand une porte ou fenêtre est ouverte ; notamment pour les ouvrages comportant des baies de grandes dimensions.

La prise en compte dans la réglementation « vents cycloniques » de protections (volets bois, ...) et de renforts (pour menuiserie ou protection) permanent ou mis en place provisoirement devant les baies lors de la survenance d'un épisode cyclonique, est une avancée notoire dans la pose et le dimensionnement des ouvrages de fermetures type menuiseries.

Les objectifs généraux de la nouvelle réglementation paracyclonique ont pour finalité de :

- préserver les vies humaines ;
- permettre une reprise rapide de l'activité économique et des services publics en cas d'épisodes cycloniques ;
- limiter les dommages sur le bâti.

La conception paracyclonique apparait donc comme une solution indispensable pour limiter les dégâts dus aux vents extrêmes et permettre de résister à un vent supérieur au « vent de calcul » avec une réserve de résistance conférée moyennant des dispositions constructives adéquates. Les documents rédigés depuis 2018 vont dans ce sens ; et les nouveaux guides réglementaires devraient permettre de minimiser l'impact des vents sur les bâtiments et de réduire les dommages.

Mais, Il faut aussi traiter les autres effets des cyclones tels la houle, la marée de tempête, les inondations, qu'il convient d'ajouter aux effets du vent pour réussir une bonne conception paracyclonique.

Avec l'arrêté du 05 juillet 2024, les bâtiments spécifiques aidant à la gestion de crise ou servant aux abris sûrs proposés à la population, font l'objet maintenant d'un dimensionnement sous charge de vent supérieure à celle d'un ouvrage courant (grâce à la modulation des périodes de retour comme pour la construction parasismique en France ou comme le font les Américains dans leur code ASCE pour l'action vent).

Les attestations cycloniques à venir consolideront cette démarche de mise en sécurité de la population et de réduction de la vulnérabilité au vent cyclonique des bâtiments. Au moment de la rédaction de cet article, seule une concertation avec les professionnels a été menée sur le contenu de ces attestations. L'arrêté d'application imposant la délivrance d'attestation cyclonique en phase de dépôt PC et en phase d'achèvement de travaux DAACT, permettra une avancée certaine dans la prise de conscience des populations, pour une meilleure résilience de nos territoires ultramarins.

Il s'agira maintenant de traiter sérieusement le cas des bâtiments existants, qui par habitude sont les parents pauvres d'une nouvelle réglementation qui ne leur est pas imposée. Il n'en demeure pas moins que leurs toitures, fenêtres,.. sont de potentiels dangers pour leurs occupants, et des projectiles en devenir pour leur environnement immédiat. Les fiches pratiques rédigées par le CSTB et citées dans l'arrêté du 05 juillet 2024 (non encore publiées), même si elles ne sont pas réglementaires, devraient être une bonne source de « bonnes pratiques » et de solutions de réduction de vulnérabilité pour ces bâtis anciens non concernés par l'application de la nouvelle réglementation.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Évolution du risque cyclonique en outre-mer à horizon 2050*, Météo France, la Caisse centrale de réassurance, RiskWeatherTech, février 2020
2. *Repenser les Iles du Nord pour une reconstruction durable*, M. Philippe GUSTIN, préfet, délégué interministériel à la reconstruction des îles délégué interministériel Barthélemy et de Saint-Martin,
3. « *REX sur les cyclones aux Antilles-Charge de vent sur les bâtiments-Concept d'habitat Paracyclonique -Ind 01* », Paul QUISTIN, Eric FOURNELY Thierry LAMADON, Christian ANTENOR HABAZAC, Janvier 2018
4. « *Impact de l'ouragan IRMA sur le bâti de l'île de Saint-Martin Élaboration de guides pratiques pour la reconstruction d'urgence 1ère partie : Sommaire et modèle de fiche* », CSTB, Janvier 2018
5. « *Guide de bonnes pratiques pour la construction et la réhabilitation de l'habitat* », CSTB
6. « *NF EN 1991-1-4, Eurocode 1 : Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent* », version française, AFNOR, avril 2005 et annexe nationale
7. « *Etude technique Post -IRMA* », CSTB 2019
8. « *Analyse technico-économique de l'impact des niveaux de vent de référence* », CSTB 2019
9. « *Action 39 : Analyse du risque cyclonique en outremer (Détermination des vents de référence Eurocode)* », CSTB J. Guillhot, Juillet 2019
10. « *Estimation des vitesses extrêmes du vent en France métropolitaine* », rapport CSTB EN-CLI 93.9R, SACRÉ C., 1993
11. « *Cahier du CSTB 2078 de mai 1986 - Vents extrêmes cyclones tropicaux dans les DOM-TOM EN-CAPE 05.180 C – V1 Cartographie des vents extrêmes en France Métropolitaine* Christian SACRÉ – Maeva SABRE – Jean-Paul FLORI
12. « *Vents extrêmes dus aux cyclones tropicaux dans les DOM-TOM* », Cahiers du CSTB n°2078, Livraison 269, DELAUNAY D., mai 1986
13. Etude DIRAG vitesses cycloniques Antilles_ddd_ventscycl_ag –MF 1995
14. « *Cartographie des vents extrêmes en France métropolitaine* », en partenariat avec Météo France, rapport CSTB EN CAPE 05.180C-V1, SACRÉ C., SABRE M., FLORI J.P.,2005
15. « *Eurocode 1 – Partie 2-4 : Actions sur les structures - Actions du vent. Contribution à l'annexe nationale concernant l'évaluation des coefficients cdir et cseason* », rapport CSTB EN-CAPE 06.005L-V0, SACRÉ C., janvier 2006
16. « *Cartographie des vitesses extrêmes de vent dans les DOM-TOM* », rapport CSTB EN-CAPE 05.104C-V0, GUILHOT J., juillet 2005
17. « *Vent de référence en France : propositions pour l'Annexe nationale de l'Eurocode NF EN 1991-1-4, note pour le Groupe P06A – actions du vent, 13 sept.* » Jacques BIETRY , 2006
18. Annexe nationale à la norme NF EN 1991-1-4 : éléments d'information pour la réunion de dépouillement de l'enquête probatoire Jacques BIETRY 2007 Projet modificatif n-4 aux NV65_carte vent
19. Décret « n° 2023-1087 du 23 novembre 2023 relatif à la prise en compte du risque de vents cycloniques dans la conception et la construction des bâtiments exposés à ce risque
20. Arrêté du 5 juillet 2024 relatif à la classification et à la prise en compte du risque de vents cycloniques dans la conception et la construction des bâtiments situés en Guadeloupe et en Martinique
21. « *Guide Conception et Construction paracycloniques de maisons individuelles C2PMI Mayotte* » Avril 2024, MTE
22. « *Guide Conception et Construction paracycloniques de maisons individuelles C2PMI Antilles* » Juin 2024, MTE
23. « *Guide d'application des exigences réglementaires*» Juin 2024, MTE
24. « *Guide de Construction Parasismique et Paracyclonique de Maisons Individuelles à structure en Bois aux Antilles* »-SPIOM/AFPS décembre 2011
25. *Règles de construction parasismique de maisons individuelles Guide CPMI EC8/ Z5 DHUP* Edition 2020
26. *DTU 36-5. Mise en oeuvre des fenêtres et portes extérieures* AFNOR
27. « *Communiqué De Presse Passage De L'ouragan Exceptionnel Irma sur Les Iles Françaises Des Antilles les 5 et 6 Septembre 2017* », Direction Interrégionale Antilles-Guyane
28. « *Bilan météorologique passage de l'ouragan majeur maria sur les îles françaises des Antilles les 18 et 19 septembre 2017* », Direction Interrégionale Antilles-Guyane
29. « *L'ouragan MARIA en Guadeloupe 18 et 19 septembre 2017 J-C. HUC (Spécialiste de l'histoire des cyclones des Antilles)* » -R. MAZURIE (Ingénieur météorologue) F. BOREL (Informaticien)

30. NATIONAL HURRICANE CENTER TROPICAL CYCLONE REPORT HURRICANE BERYL (AL022024°
31. Publication du 29/01/2025 | Mis à jour le 05/02/2025, Site Web , DEALM MAYOTTE (Direction de l'Environnement de l'Aménagement, du Logement et de la Mer de Mayotte),
32. Rapport HARAPPA « Premières évaluations et Analyse typologique des dommages du cyclone Chido sur l'habitat Mise en place d'un état-major opérationnel Mis à jour le 28/12/2024
33. « CONCEPTION PARACYCLONIQUE A l'usage des architectes et ingénieurs », Christian Barré Alexandre de la Foye Sophie Moreau
34. « Cahier du CSTB 3071 d'octobre 1998 - Habitat cyclonique – auto construction », CSTB, 1998
35. CAHIER TECHNIQUE CT 53 « Mise en évidence de l'intérêt des prescriptions des guides Maison Bois Antilles et CPMI-EC8/Z5 : -Essais de panneaux de contreventement en bois sous chargements cycliques croissants,-De l'expérimentation à la réglementation, -Dispositions constructives en zone sismique et cyclonique » – AFPS, Avril 2025
36. CAHIER TECHNIQUE CT 51 « Guide de Construction Parasismique et Paracyclonique de Maisons Individuelles à structure en Bois aux Antilles »- AFPS , Edition mise à jour Avril 2025

FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 2-1 Page de garde de l'article « Retour d'Expérience sur les cyclones aux Antilles, Charge de vent sur les bâtiments Concept d'habitat Paracyclonique »..... | 5 |
| Figure 3-1 Document de présentation et Guide de bonnes pratiques du CSTB, Etat et Collectivité de St Martin..... | 7 |
| Figure 3-2 Extrait de la présentation du CSTB sur l'étude d'impact économique du relèvement des vitesses de vent | 8 |
| Figure 4-1 Guides MTECT relatifs à la prise en compte des vents cycloniques dans les constructions..... | 13 |
| Figure 5.1-1 Guide de Construction Parasismique et Paracyclonique de Maisons Individuelles à structure en Bois aux Antilles AFPS version 2011..... | 15 |
| Figure 5.2-1 Perte de menuiseries en cours de cyclone à La Réunion (Source DEAL 974) | 16 |
| Figure 5.2-2 Toiture envolée suite à la perte de menuiseries en cours de cyclone à Mayotte (Source RAPPORT Post-CHIDO Evaluation des dommages dans les écoles) | 16 |
| Figure 5.2-3 Toiture envolée suite à la perte de menuiseries en cours de cyclone à La Réunion (Source La 1ere France TV info / Jean Marc Colliene) | 17 |
| Figure 5.2-4 Photos de quelques menuiseries locales avec volets en bois (Photos : P. Quistin)..... | 18 |
| Figure 5.3-1 Photos illustrant le comportement fragile de l'ancrage d'un tirant de charpente d'une tribune à Marie Galante suite au passage du cyclone Maria (Photos P QUISTIN)..... | 19 |
| Figure 5.4-1 Rideaux métalliques défoncés par la pression du vent à La Réunion (Source La 1ere France TV info / Willy Fontaine)..... | 20 |
| Figure 5.5-1 Photo d'une école classée « ABRI SUR » (Photo : P. Quistin) | 21 |
| Figure 6-1 Définition d'un cyclone (Source Météo France)..... | 24 |
| Figure 6-2 Zones géographiques de naissance des cyclones (Source Météo France)..... | 25 |
| Figure 6-3 Classification des Cyclones dans les différents bassins (Source Météo France)..... | 25 |
| Figure 6-4 Illustration de l'échelle Saffir-Simpson (Source NHC, AFP)..... | 27 |
| Figure 6-5 Echelle Saffir Simpson –Classement en catégorie des Cyclones | 27 |
| Figure 6-6 Extrait du Témoignage : Gestion post-ouragan Irma à St Barthélemy et St Martin Frédéric MORTIER délégué territorial, DI reconstruction des îles du Nord (09/2017-11/2018) délégué interministériel aux risques majeurs OM (05/2019-08/2021) IHEMI – RVR, Ecole Militaire, Paris - 19 novembre 2024 | 29 |
| Figure 6-7 Vitesses de vent atteintes par Beryl durant son passage (Source NHC (30))..... | 32 |
| Figure 6-8 Echelle de Beaufort (Source Météo France)..... | 33 |
| Figure 6-9 Extrait du rapport HARAPPA « Premières évaluations et Analyse typologique des dommages du cyclone Chido sur l'habitat Mise en place d'un état-major opérationnel Mis à jour le 28/12/2024 »..... | 36 |
| Figure 6-10 Carte bilan du passage du cyclone Chido Mayotte (Source INSEE, Météo France)..... | 37 |
| Figure 6-11 Vitesses de vent mesurées dans plusieurs villes de La réunion (Source La Chaîne Météo villes.com) | 39 |
| Figure 6-12 Vitesses de rafales de vent mesurées dans plusieurs villes de La réunion (Source Météo France) | 39 |
| Figure 6-13 Comparaison des trajectoires des cyclones Chido_Mayotte et Garance_La réunion (Source Météo villes.com)..... | 40 |
| Figure 6-14 Cumul de pluie, Cyclone Garance La Réunion (Source La chaîne Météo) | 40 |
| Figure 6-15 Historique des trajectoires des cyclones sur l'île de la Réunion..... | 41 |

TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 3.1-1 Proposition de nouvelles vitesses de référence $V_{b,0}$ (m/s) issue de l'étude du CSTB..... | 10 |
| Tableau 3.1-2 Inventaires des événements pris en compte dans l'étude du CSTB | 10 |
| Tableau 6-1 Caractéristiques de l'Ouragan Irma | 28 |
| Tableau 6-2 Caractéristiques Ouragan Maria | 30 |
| Tableau 6-3 Caractéristiques Ouragan Beryl juillet 2024 | 31 |
| Tableau 6-4 Classification des systèmes tropicaux dans l'Océan Indien (Source Météo France) | 35 |
| Tableau 6-5 Caractéristiques Cyclone Chido | 37 |
| Tableau 6-6 Caractéristiques Cyclone Garance | 38 |
| Tableau 6-7 Historique des cyclones ayant frappé La Réunion (Source Météo France) | 41 |