

# CYCLONES IRMA MARIA QUELS ENSEIGNEMENTS

# sommaire

- La réalité du risque cyclonique après le passage de IRMA
- Les conséquences d'un cyclone sur les constructions et infrastructures
- Les dégâts causés par IRMA
- La réponse réglementaire ;
- Quelles sont les conclusions
- les règles para cycloniques
- Le génie para cyclonique

# La réalité du risque cyclonique

- Jusqu'à IRMA MARIA les antilles françaises étaient impacté par des cyclones de catégorie 3 ou 4 sur l'échelle de SAFIR SIMPSON
- Les calculs de structure ,les PPR étaient basé sur les cyclones DEAN et EDITH et HUGO
- La période de retour de ces cyclones étaient exactement 50 ans et tout cela cadrerait assez bien avec la vitesse de calcul qui était prise dans les règles NV 65
- IRMA et MARIA ont tout changé

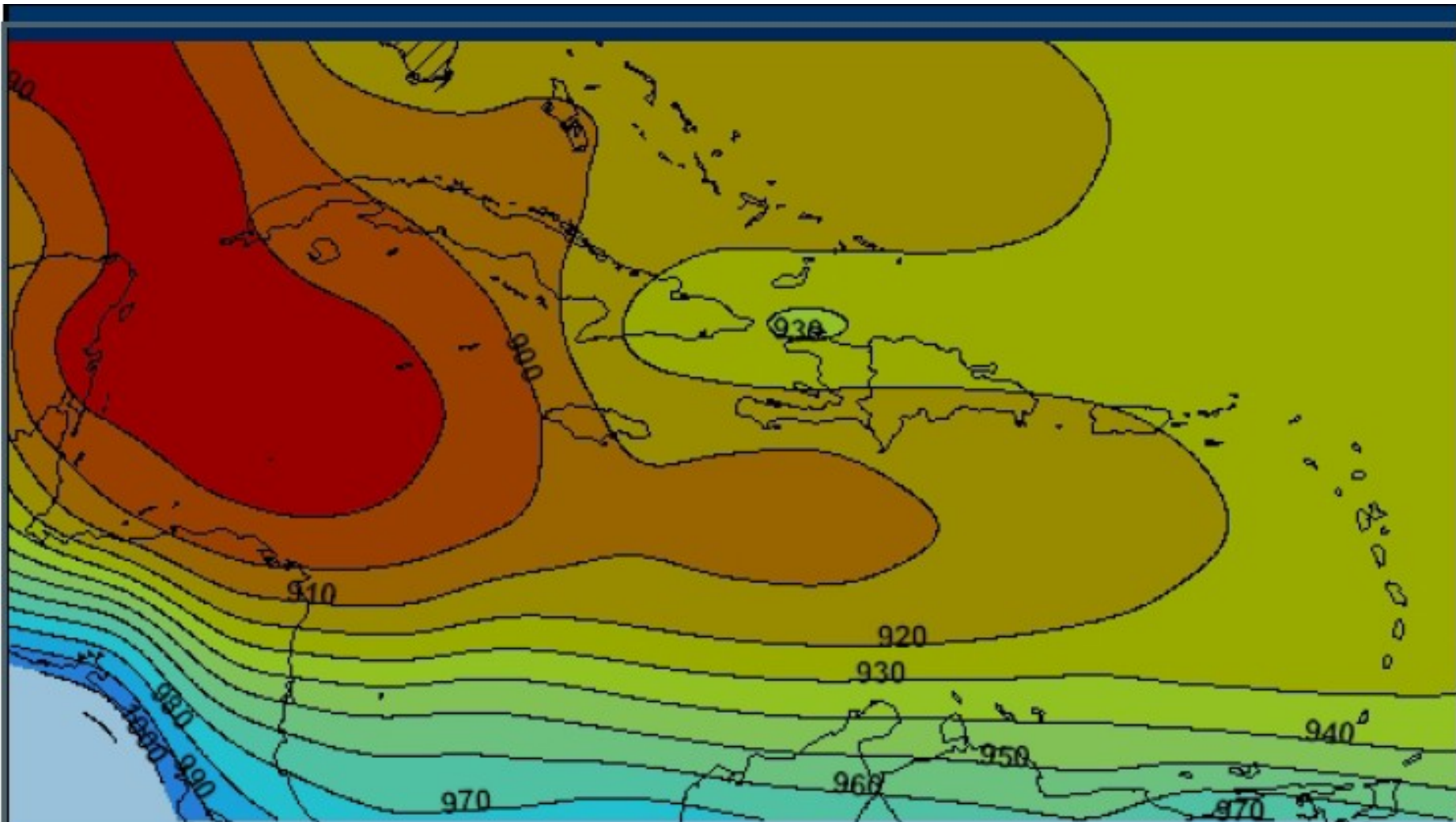
# vent

- Vent extrême vent sur une période de 3s
- Vent normal vent sur une période de 10mn
- NV65 Vent extrême 230 Km/h
- NV 65 vent normal 144 km/h
- Eurocode ?
- L'euro code parle de vitesse de 32 m/s pour la Martinique et
- 36 m/s pour les îles du nord ce qui fait que la réglementation n'est plus connectée avec le vent extrême
- Pour obtenir la valeur de charge correspondant au vent extrême il faut multiplier cette valeur par un certain nombre de coefficients

OROGRAPHIE	Vitesse de pointe EC 1 4	Vitesse NV 65	%
0	244	230	1,06
2	197,5	230	0,85
3A	158	230	0,68
3B	126	230	0,55
4	99	230	0,43

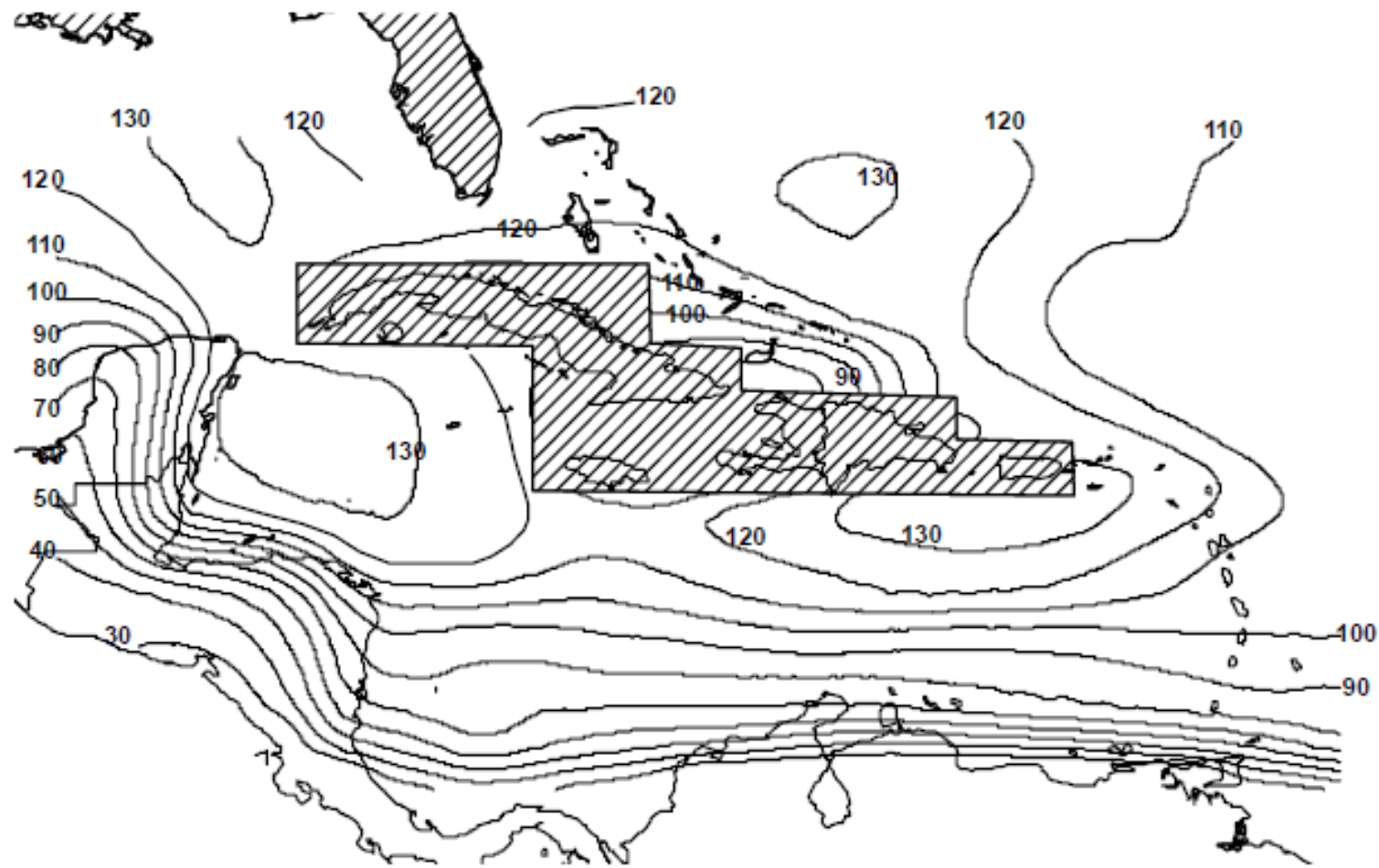
# Echelle de SAFIR SIMPSON

CLASSEMENT	VITESSE DE VENT	ONDE DE TEMPETE
1	153 Km/h ou 82 nœuds	Jusqu'à 1,5m
2	177 Km/h ou 93 nœuds	Jusqu'à 2,4 m
3	210 Km/h ou 113 nœuds	Jusqu'à 3,7 m
4	251 Km/h ou 135 nœuds	Jusqu'à 5,5m
5	Au delà de 251 Km/h ou 135 nœuds	Au delà de 5,5 m



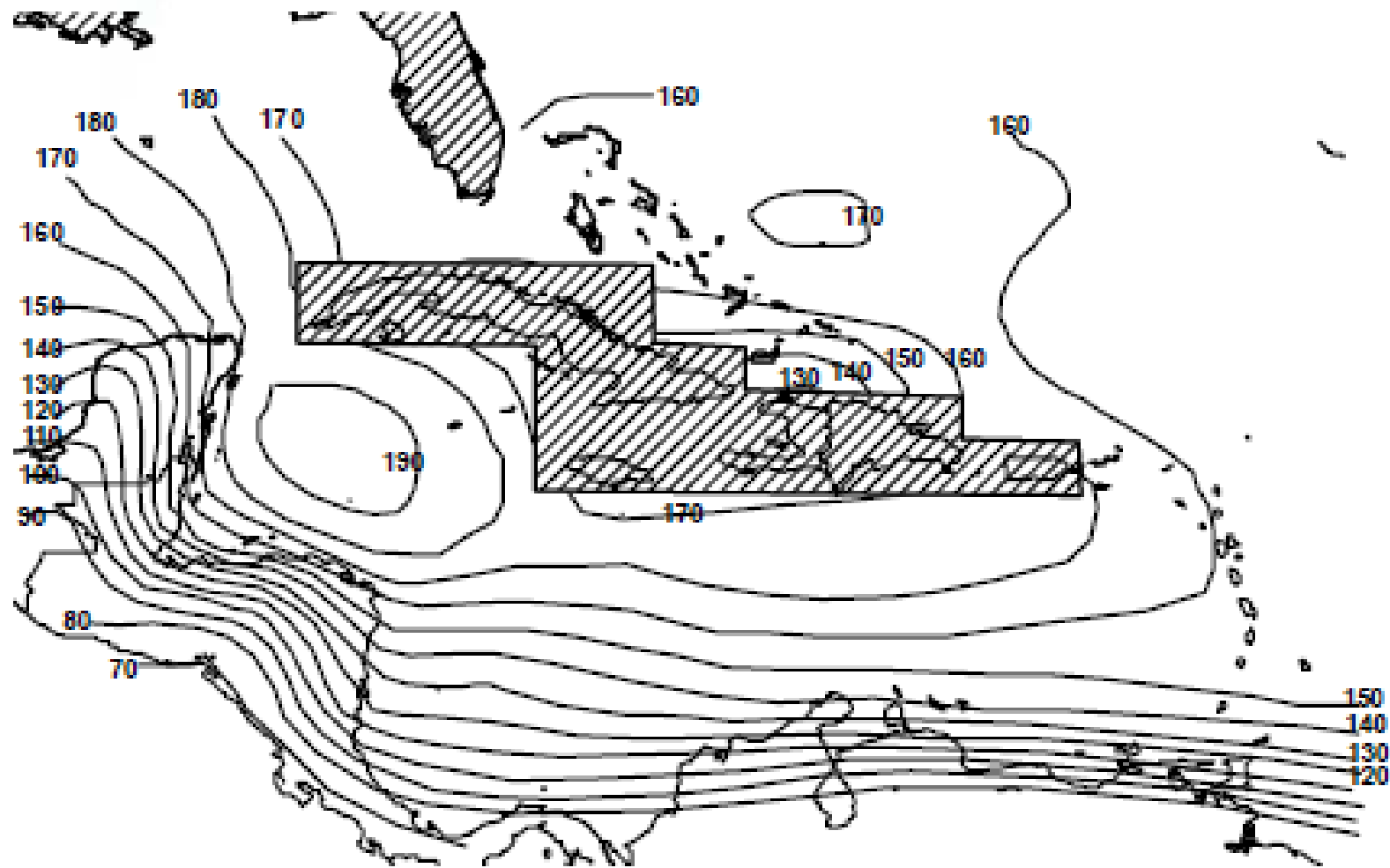
**Contour plots of modelled minimum central pressures (mbar)  
50 year return period. Contours represent the minimum  
pressure *anywhere* within 250 km of a point**

# 50 Year Wind Speeds for Caribbean



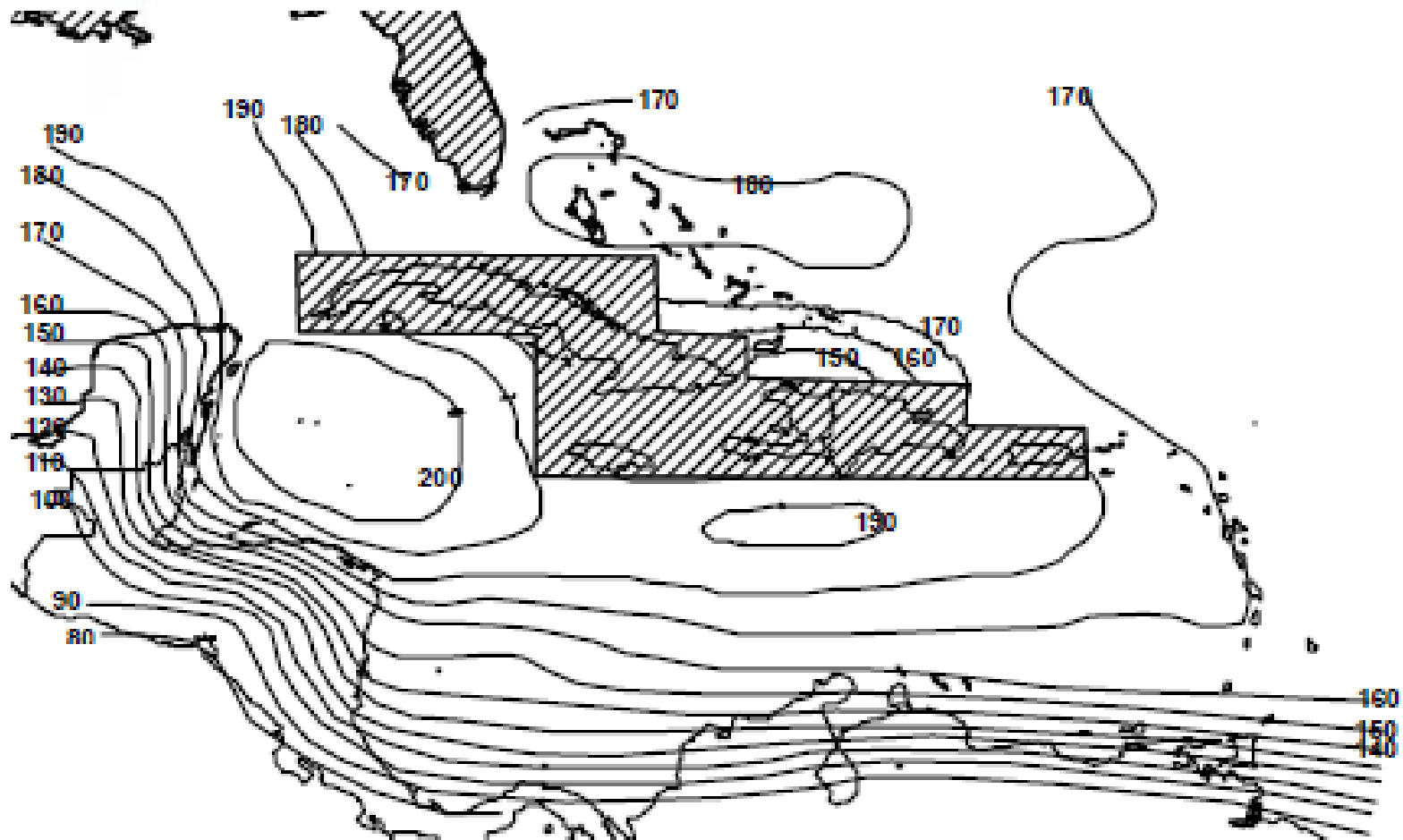


# 700 Year Wind Speeds for Caribbean



Wind speeds are 3 sec gusts at a height of 10m in flat open terrain

# 1700 Year Wind Speeds for Caribbean



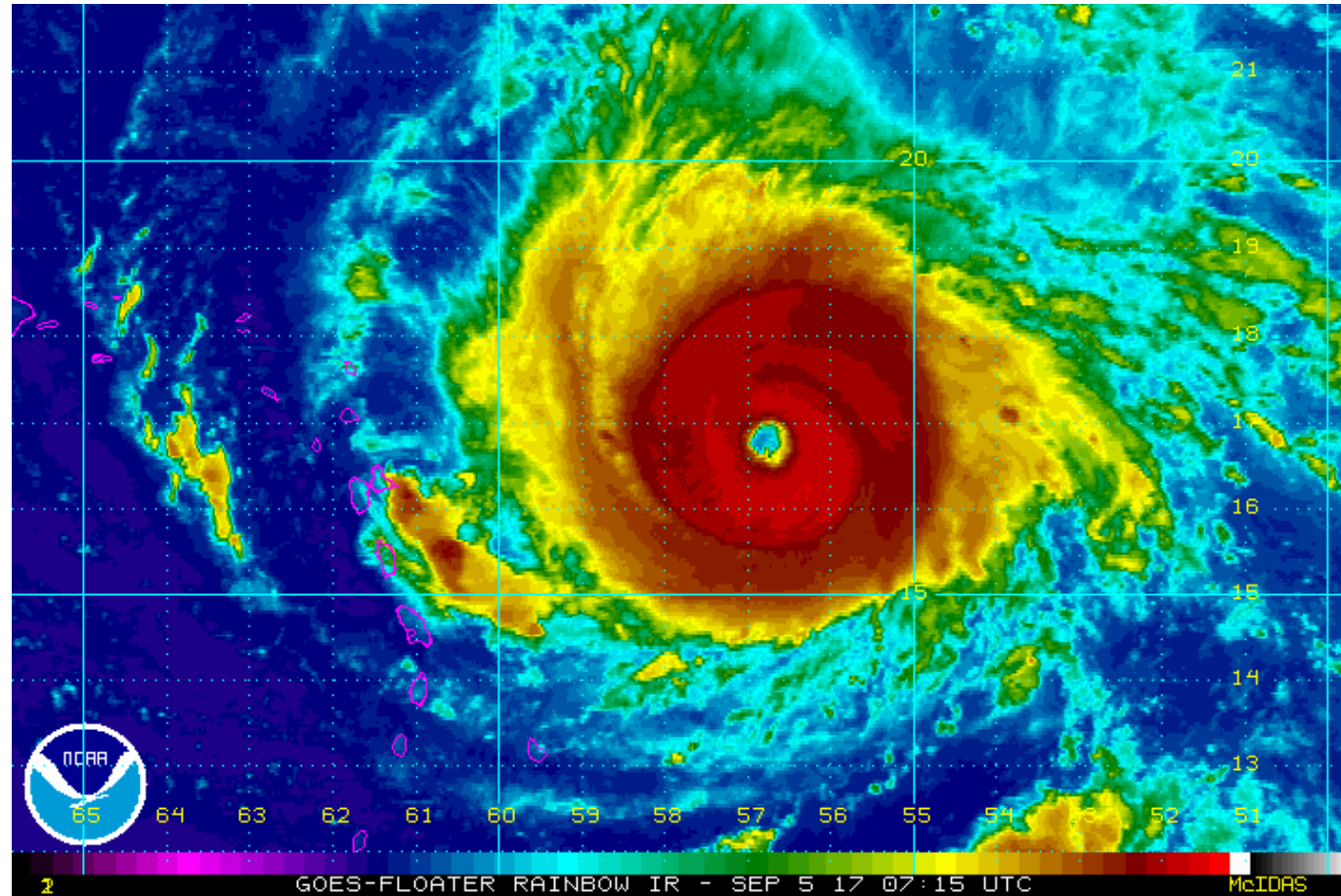
Wind speeds are 3 sec gusts at a height of 10m in flat open terrain

# vent

PERIODE DE RETOUR	NOEUD	KM/H	CHARGES	
50 ANS	110	204	204	
100 ANS	150	278	365	
700 ANS	160	296	414	
1700 ANS	170	314	466	
irma		300	426	

# Cyclone IRMA

- Il est le deuxième **ouragan** majeur, catégorie 5, sur l'**échelle de Saffir-Simpson**, après l'ouragan *Harvey*, catégorie 4, survenu une semaine auparavant. Il est le premier ouragan à rester classé en catégorie 5 pendant une aussi longue période continue
- 500 km de diamètre, vents de 279 km/h au plus près de la martinique
- **Vent maximal (soutenu sur 1 min.):** 297 km/h ...
- **Catégorie maximale:** **Ouragan catégorie 5**
- **Pression minimale:** 914 hPa







- Les cyclones IRMA et Maria étaient prévisibles
- La Martinique aurait parfaitement pu être impactée par l'un ou l'autre
- Ils correspondent à ce que l'on pouvait attendre sur une période de retour de 1000 ans
- La vraie question est de savoir si du fait du réchauffement climatique
- Les périodes de retour de ce type de cyclone ne deviendraient beaucoup plus faibles
- Si on regardait non pas chaque île mais la zone les conclusions seraient très différentes



# Les conséquences d'un cyclone sur les constructions et infrastructures

- VENT
- DEBRIS VOLANT
- MAREE DE TEMPETE
- HOULE CYCLONIQUE
- EAU
- INONDATION
- GLISSEMENT DE TERRAIN
- EBOULEMENT

# choc

- Les débris qui sont arrachés se mettent à voler à la vitesse du vent
- Lors d'un cyclone les maisons sont donc pilonnées par toutes sortes de débris
- C'est l'une des raisons pour lesquelles on demande aux personnes de se calfeutrer chez eux
- Les menuiseries DTU et les couvertures sont incapables de résister à des chocs de tôle se déplaçant à 280 Km/h

# Marée de tempête

- Estimé à 1 CM PAR HPA en dessous de 1013
- IRMA 914 Hpa soit 98 Cm près de la L'île de ST MARTIN
- Additionne à l'onde de tempête du a la poussée des vents
- LA marée de tempête a été mesurée à 4,5 m dans certaines parties de ST MARTIN
- On devrait donc la qualifier de tsunami cyclonique



submersion



# Tsunami cyclonique



# Houle cyclonique

- Les cyclones passant au large de la Martinique entraînent une houle cyclonique qui va surtout impacter la cote caraibe qui en general n'a pas de système de protection comme la cote atlantique

# eau

- Les cyclones entraînent des quantité de pluie considérable
- Ces quantités de pluie entraînent
- des inondations
- Des saturations des réseaux
- Des dégradations de chéneaux
- Etc



# Glissement de terrain

- Les quantités d'eau très importantes vont entraîner des glissements de terrain
- Ceux-ci peuvent avoir des conséquences très importantes que l'on a vu lors des grands glissements de cite Calbasse ou du François
- On peut également avoir de petits glissements de terrain qui ne vont affecter qu'une ou quelques maisons
- Dans tous les cas ces éboulements peuvent avoir des conséquences catastrophiques et mortelles

# GLISSEMENT DE TERRAIN



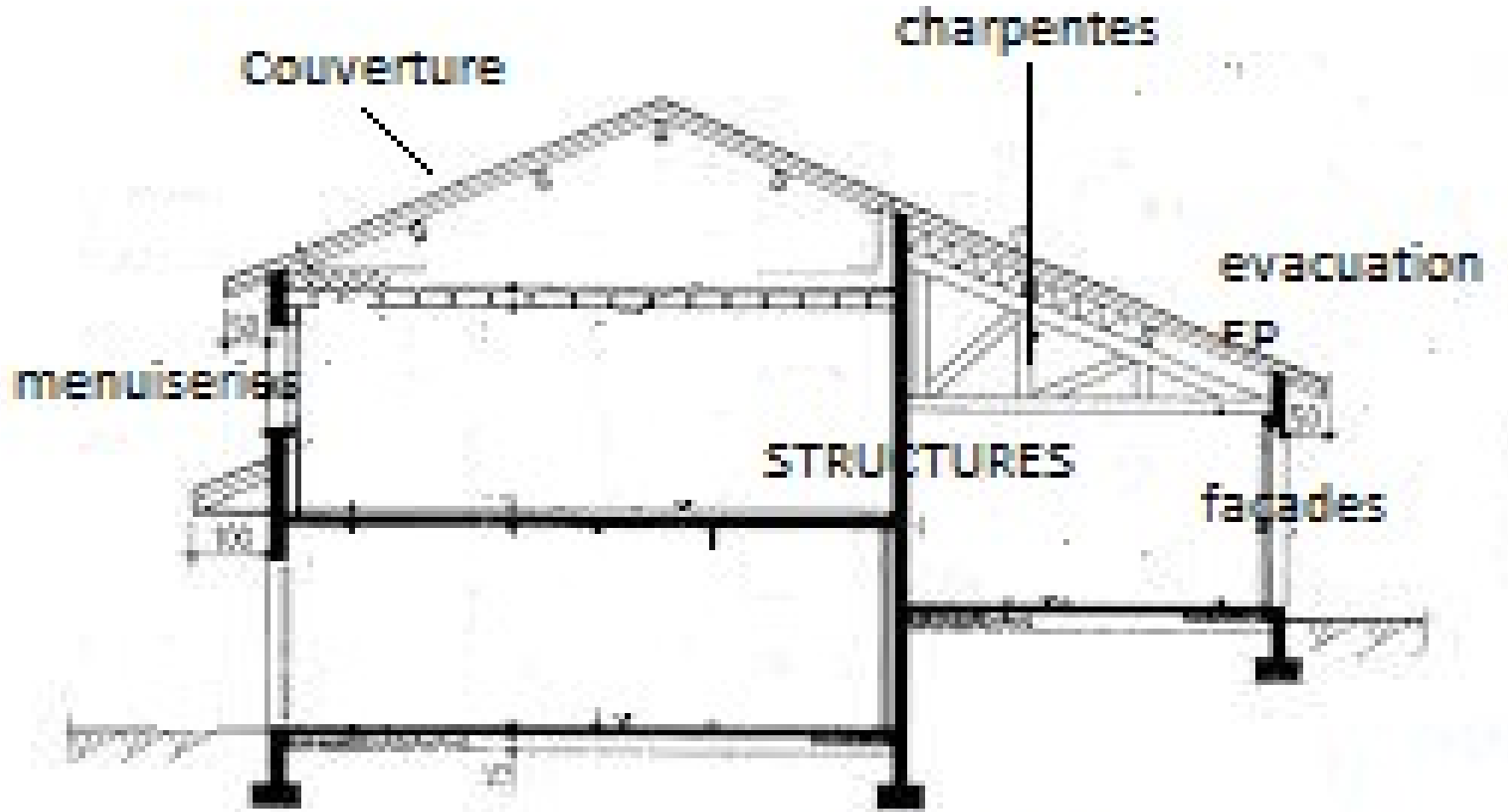
# Eboulement

- Les pluies abondantes provoquent des éboulements de roches qui peuvent la encore provoquer de graves dégâts voir des morts

Degats

# Gros œuvre

ELEVATION DE LA MAISON EN COUPE A-A



# COUVERTURES

- LES COUVERTURES ont été particulièrement abimées
- On observe un grande vulnérabilité des toitures en tôle
- Lié à plusieurs facteurs
- Calcul
- Fixations
- Ancrages
- Vis autoforeuse
- Mise en œuvre
- Equipements
- Gouttières

toles



tole





couverture



# Couvertures adaptées

- Si on analyse ce qui a tenu
- On trouve des toitures en tôle bien réalisées
- Mais aussi
- Des couvertures de petits éléments
- Tuiles
- Bardeaux

# TOLES



# Essente de bois



# TUILE



# Charpente

- Les charpentes sont en général partie d'un seul tenant
- Ce qui signifie qu'il y a eu une surpression explosive et que la partie la plus vulnérable dans la charpente sont les ancrages qui ont une rupture fragile

# Charpente metallique



# Charpente en bois





# Charpente bois



# Tige ancrage



# Structures métalliques

- Les éléments de structure métallique et particulièrement les grandes structures ont très mal résistées

charpente







# STRUCTURES METALLIQUES



stade







# Structures betons

- Des structures en béton arme ont été détruites

# STRUCTURE BETON



# Structure beton



poteaux



# Les mats électriques

- Ils ont été particulièrement impactés

# Mat électrique



# Mats électriques





# ELEMENTS DE MACONNERIE

- Des éléments de maçonneries n'ont pas résistés au cyclone

# Maçonneries





# FACADES

- Les façades en bardage ont été très abimées
- On peut dire que les bardages métalliques sont particulièrement vulnérables au cyclone



# FACADES



# Mur







facades



# Murs rideaux

- Les fixations des murs rideaux ont subi des ruptures fragiles

# FACADE VITREE



hotels



# menuiseries

- Les menuiseries sont très vulnérables au cyclone

menuiseries



- Par contre les security ont très bien résistées

security





# Menuiseries



# Portes exterieures



portes



# Portes exterieures coulissant automatique



# DEBRIS

- Des éléments de toutes sortes et de toutes natures se sont envolés et sont autant de projectiles provoquant des chocs qui ont abimés des éléments de bâtiments

# DEBRIS



debris



debris







# Autres éléments

- Gouttières
- Faux plafonds extérieurs
- Descentes d'eau pluviales
- Revêtements extérieurs

# Faux plafonds extérieurs



# Faux plafonds extérieurs



# Descentes ep



# Gouttieres



# revetements



# Garde corps





portails



# Revetement de stade



cloture



# Mat électrique



# Panneaux publicitaires



equipements



climatiseurs



electricite





# équipements

- Les équipements sont particulièrement vulnérables au cyclone

# réseaux

- Les réseaux d'électricité de téléphone de câble sont très vulnérables au cyclone
- On fait croire aux martiniquais que les dégâts sont uniquement liés aux branches d'arbre qui tombent sur les câbles ceci est totalement faux
- Aucun pylône n'est résistant au cyclone
- La plupart du temps ils sont simplement plantés dans le sol
- Quand il y a des fondations elles sont sous dimensionnées et très rarement descendues au bon sol
- Phénomène de galop
- Il faut enterrer tous les câbles

# Situation au regard des effets du cyclones

- Effet de submersion non visée par la réglementation
- Inondation non visée par la réglementation
- Vent traité par euro code et DTU et règles Antilles
- Effets liés aux chocs non traités par la réglementation
- Effet lié à la pluie non traité par la réglementation sauf descentes EP ( règles Antilles)

# Premieres conclusions

- Les ST martinois ne construisent ni mieux ni plus mal que nous
- Les mesures de protections sont les mêmes
- Les consignes sont les mêmes
- Les règles utilisées sont les mêmes
- Bien souvent les BET architectes bureaux de contrôle sont les mêmes
- Donc clairement nous n'aurions sans doute pas fait mieux qu'eux
- Cela signifie que les morts ,les dégâts auraient été multipliés par 10 si IRMA ou MARIA avaient décidés de passer sur la Martinique

# conclusions

- Les mesures para cycloniques qui sont actuellement mises en œuvre ne sont pas suffisantes

# Quels sont les mesures que nous devons prendre

- **informations**
- Information de la population
- Information des maitres d'ouvrage
- **Gestion de crise**
- Abris
- Evacuation de la population a risque
- **Création d une règle para cyclonique**
- **Création d'un génie para cyclonique**

# information

- Quand un cyclone arrive on parle essentiellement du vent et chacun va de ses valeurs
- 250 KM/H 300KM/H
- MAIS AUCUNE INFORMATION SUR LA MAREE DE TEMPETE
- Alors que c'est elle qui a provoquée la plupart des décès sur st martin
- Imaginer une marée de tempête de 4,5m sur Fort de France avec des vagues de 12 m
- Il faut savoir que la plus haute marée enregistrée dans un cyclone a été 13 m et que lors du passage de IRMA sur les keys la marée a atteint 5m et que l'armée a été mobilisée pour évacuer les civils sur 500 km

# informations

- Il faut donc avoir au moins
- L'information sur la marée de tempête attendue
- L'information sur le vent
- L'information sur la quantité d'eau et les débordements d'eau attendus je rappelle que lors des tempêtes beulah et dorothie il y a eu 2,5 M d'eau dans Fort de France centre ville et 3 m a Dillon ou on a évité une catastrophe de peu
- L'information sur la houle



# Gestion de crise

- Les personnes susceptibles d'être affectées par la submersion de la marée de tempête ou la houle ou les inondations doivent être évacuées et amenées dans des abris sur
- Les refuges actuellement mis en place sont ils surs
- Aucun abri dans les bourgs en bordures de mer n'est sur face a un IRMA ou un Maria
- Aucune des salles polyvalentes utilisées habituellement ne résisteraient a IRMA ou MARIA
- Donc nous devons très sérieusement revoir nos plans de prévention

# Gestion de crise

- Les abris doivent être en capacité de résister aux vents de MARIA et IRMA et être à l'abri de la submersion cyclonique ,des inondations des glissements de terrain et de la houle
- Nous risquons d'avoir a évacuer et abriter plusieurs milliers de personnes

# Réglementation para cyclonique

- Il n'y a pas de texte para cyclonique
- Il n'y a que l'euro code 1 4 qui n'est pas adapté aux cyclones et même dangereux car on peut très bien calculer des bâtiments en agglomération bord de mer avec des vents de 159 km/h ??????
- IL y a le DTU 35 2 qui définit un classement AVE mais qui est aussi inadapté d'abord parce qu'il propose des classements qu'aucun fournisseur n'est en capacité de fournir alors que certains de ces classements ne sont pas nécessaires classement A Classement E
- Les règles Antilles mais qui sont aujourd'hui obsolètes

# A quoi devrait ressembler cette réglementation

- Elle devrait clairement décrire les différents risques auxquels on est
- Confrontés en cas de cyclone
- Marée de tempête
- Vent
- Débris
- Inondation
- Glissement de terrain
- inondation
- Coulées de boue
- etc

# Comment s'en prémunir

- On peut très bien envisager des constructions capables de résister à la marée de tempête ou à des inondations
- À quelles valeurs de vents doit-on résister faut-il augmenter les valeurs de l'euro code
- Je crois que il faut voir les choses différemment
- Si on fait un parallèle avec la norme parasismique on voit que les bâtiments sont classés en différentes classes
- 1 bâtiments pouvant être détruit sans exigence
- 2 bâtiments pouvant être très endommagés logements ERP classe 5
- 3 Bâtiments enjeux endommagements légers ERP
- 4 Bâtiments vitaux qui doivent continuer à fonctionner hôpitaux

- Dans chacune de ces classes on pourrait définir des exigences en fonction des différents aléas et en fonction des puissances des cyclones
- Marée de tempête en fonction de la hauteur de la marée générée

SAFIR SIMSON	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	Classe 5	
CLASSE BAT						
Classe 1	autorise	autorise	autorise	autorise	autorise	
• Classe 2	interdit	interdit	interdit	autorise	autorise	
Classe 3	interdit	interdit	interdit	interdit	autorise	
Classe 4	interdit	interdit	interdit	interdit	interdit	

- Calcul au vent

SAFIR SIMSON	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	Classe 5	
CLASSE BAT						
Classe 1	Pas d'exigence	Pas d'exigence	Pas d'exigence	Pas d'exigence	Pas d'exigence	
• Classe 2			200 km/h			
Classe 3				250km/h		
Classe 4					300 km/h	

- Calcul a la pluie
- Sortir des classes en fonctions des ouvrages et de l'enjeux qui est en face : dessertes majeurs dessertes moyennes dessertes mineurs

QQ DE PLUIE	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	Classe 5	
CLASSE BAT						
Classe 1	Pas d'exigence	Pas d'exigence	Pas d'exigence	Pas d'exigence	Pas d'exigence	
• Classe 2			Pluie classe 3			
Classe 3				Pluie classe 4		



- Il faut donc revoir les bases de calcul en fonction de ces différentes classes générées
- Il faut revoir le coefficient d'orologie
- Il faut prendre tous les corps d'états et voir qu'elles sont les dispositions qu'il faut mettre en œuvre pour assurer une tenue au cyclone en n'écartant pas la production locales notamment en classement AEV
- Il faut proposer des solutions pour la mise en œuvre de ces éléments
- Il faut étudier des solutions pour les équipements

# Le génie para cyclonique

- Le principe aujourd'hui c'est
- On conçoit un bâtiment comme on a envie sans se préoccuper du cyclone et on demande aux ingénieurs de se débrouiller pour qu'il tienne au cyclone
- Le changement climatique nous enseigne que nous devons apprendre à travailler autrement et concevoir para cyclonique
- Dans le diag que j'ai montré on voit par exemple que pour les toitures les couvertures de petits éléments résistent beaucoup mieux que les couvertures en grands éléments qui sont très vulnérables

# Genie para cyclonique

- Globalement on pourrait comparer cela au chene et au roseau ou plus exactement a la canne a sucre
- Le chene travaille en résistance et en général il casse brutalement comme nos toitures il se caractérise par des racines peu profonde et n'est pas du tout adapté a nos régions
- La canne a sucre plie mais ne rompt pas elle travaille en résilience
- C'est sans doute un concept complètement nouveau pour chacun de vous pourtant si l'on prend élément par élément on va s'apercevoir qu'on peut faire tenir des éléments de structure ou non par des vents de 300 km/h sans problème

- Il suffit qu'ils ne donnent pas de résistance au vent
- C'est tout une étude que je suis en train de mener et j'espère pouvoir par cet ouvrage sauver des vies et limiter considérablement les dégâts

- 

- 

MERCI DE VOTRE ATTENTION