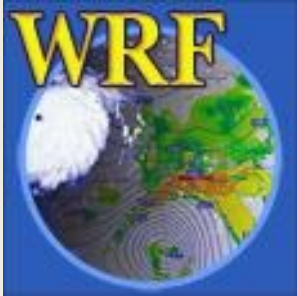


Applications du modèle atmosphérique WRF



Le modèle atmosphérique WRF

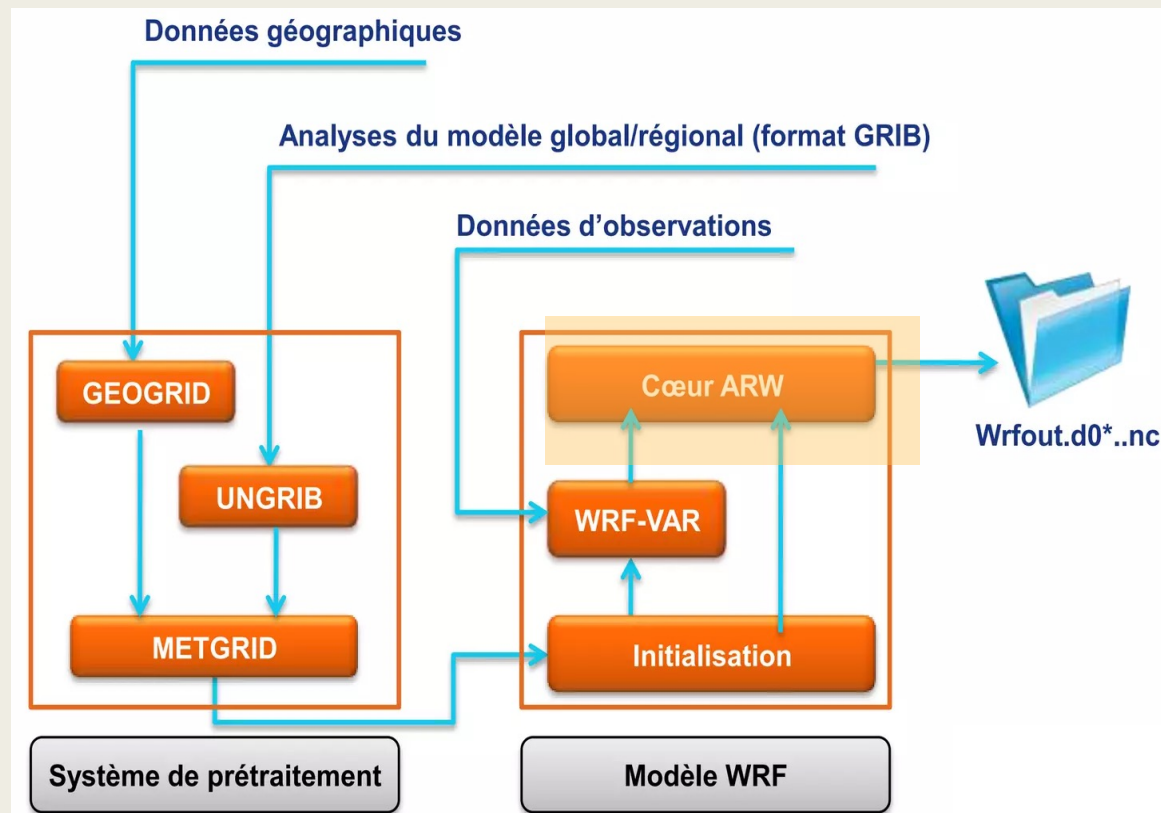


WEATHER RESEARCH AND FORECASTING [WRF]

- Modèle de prévision météorologique (NMM) et du climat (ARW)
- Développé au NCAR
- Modèle à aire limitée
- Non-hydrostatique
- Modèle de méso-échelle (~1 à 20 km résolution horizontale)

Cœur ARW-WRF

- Résolution des équations de la mécanique des fluides pour chaque maille
- Schéma radiatif
- Paramétrisation des processus sous maille (nuages, précipitations, etc..)



Différentes applications

- Prévision météo opérationnelle (événement sportif, focus régional, cyclone, tempête, etc.)
- Rejeu d'un événement extrême avec descente d'échelle (cyclone, tempête, inondation, grêle, etc.)
- Descente d'échelle dynamique de projections climatiques
- Création d'un catalogue d'événements
- Etude scientifique

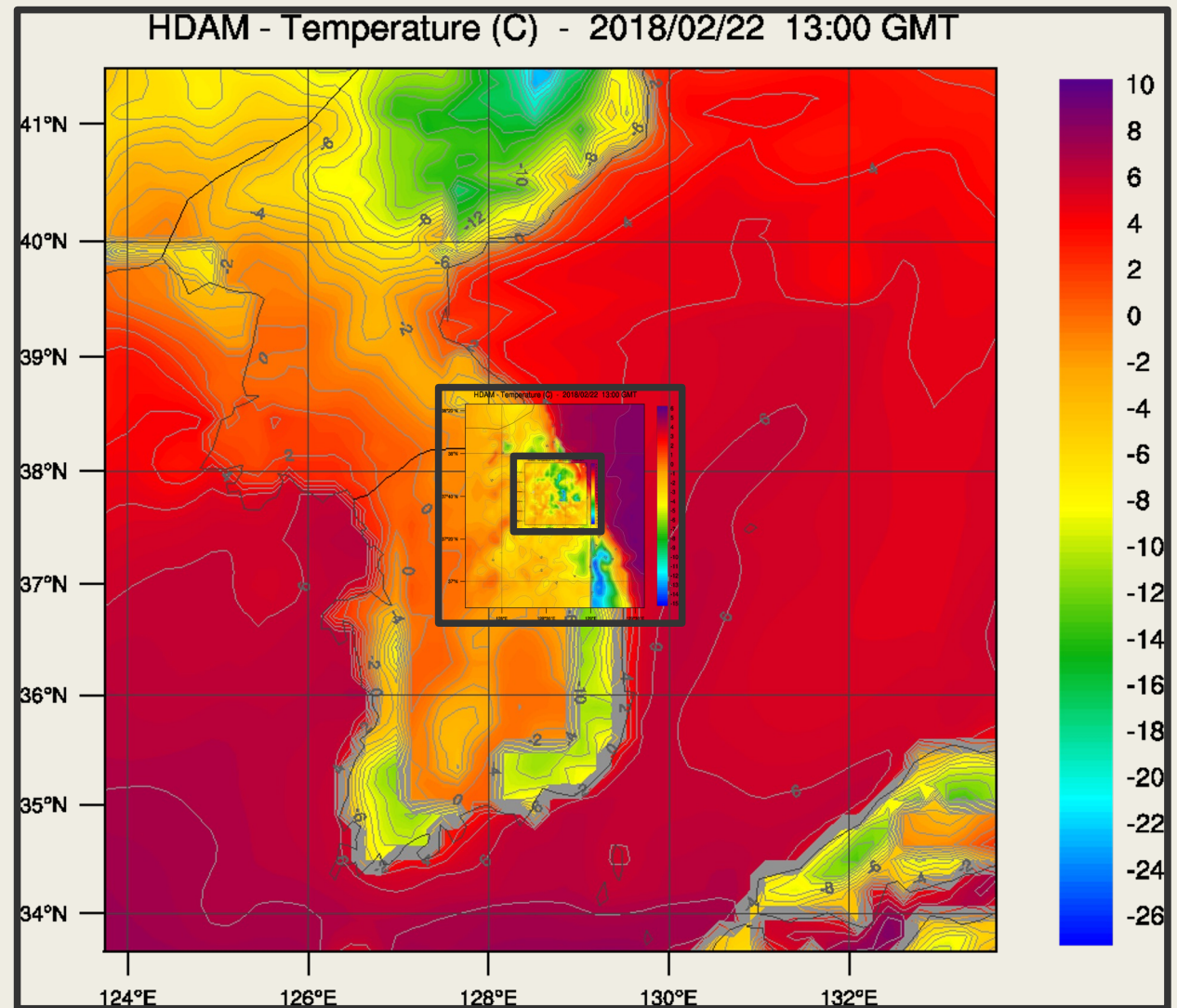
Différentes applications

- Prévision météo opérationnelle (événement sportif, focus régional, cyclone, tempête, etc.)
- Rejeu d'un événement extrême avec descente d'échelle (cyclone, tempête, inondation, grêle, etc.)
- Descente d'échelle dynamique de projections climatiques
- Création d'un catalogue d'événements
- Etude scientifique

Prévision météo opérationnelle

JO d'hiver 2018 PyeongChang en Corée du Sud

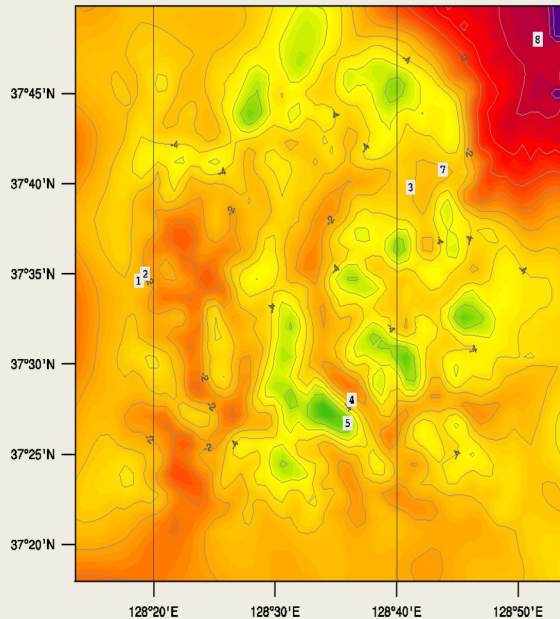
- ❖ 10 km / 3 km / 1 km
- ❖ prévisions sur 48h
au pas horaire
- ❖ forçage GFS



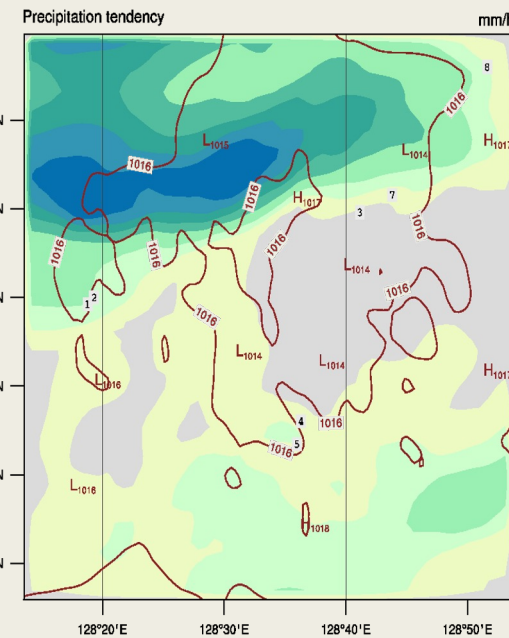
Prévision météo opérationnelle

JO d'hiver 2018 PyeongChang en Corée du Sud

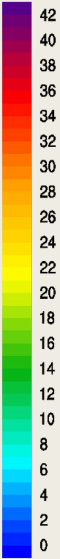
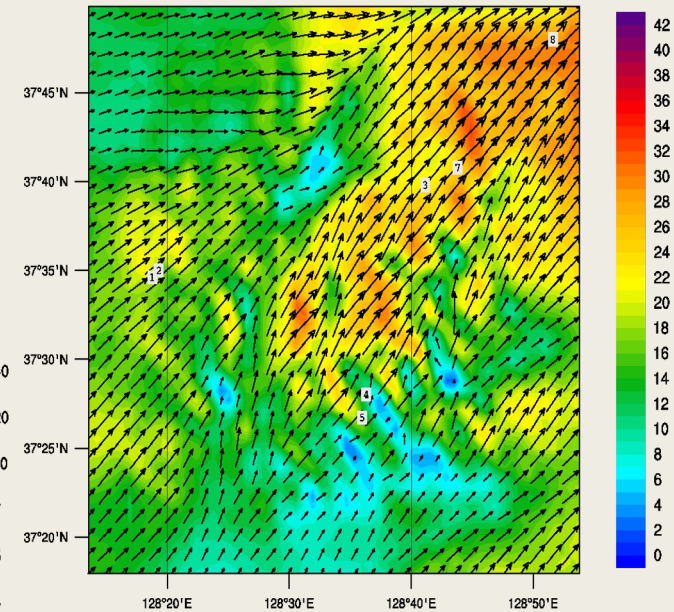
HDAM - Temperature (C) - 2018/02/22 20:00 GMT



HDAM - Pressure & precipitations - 2018/02/22 20:00 GMT

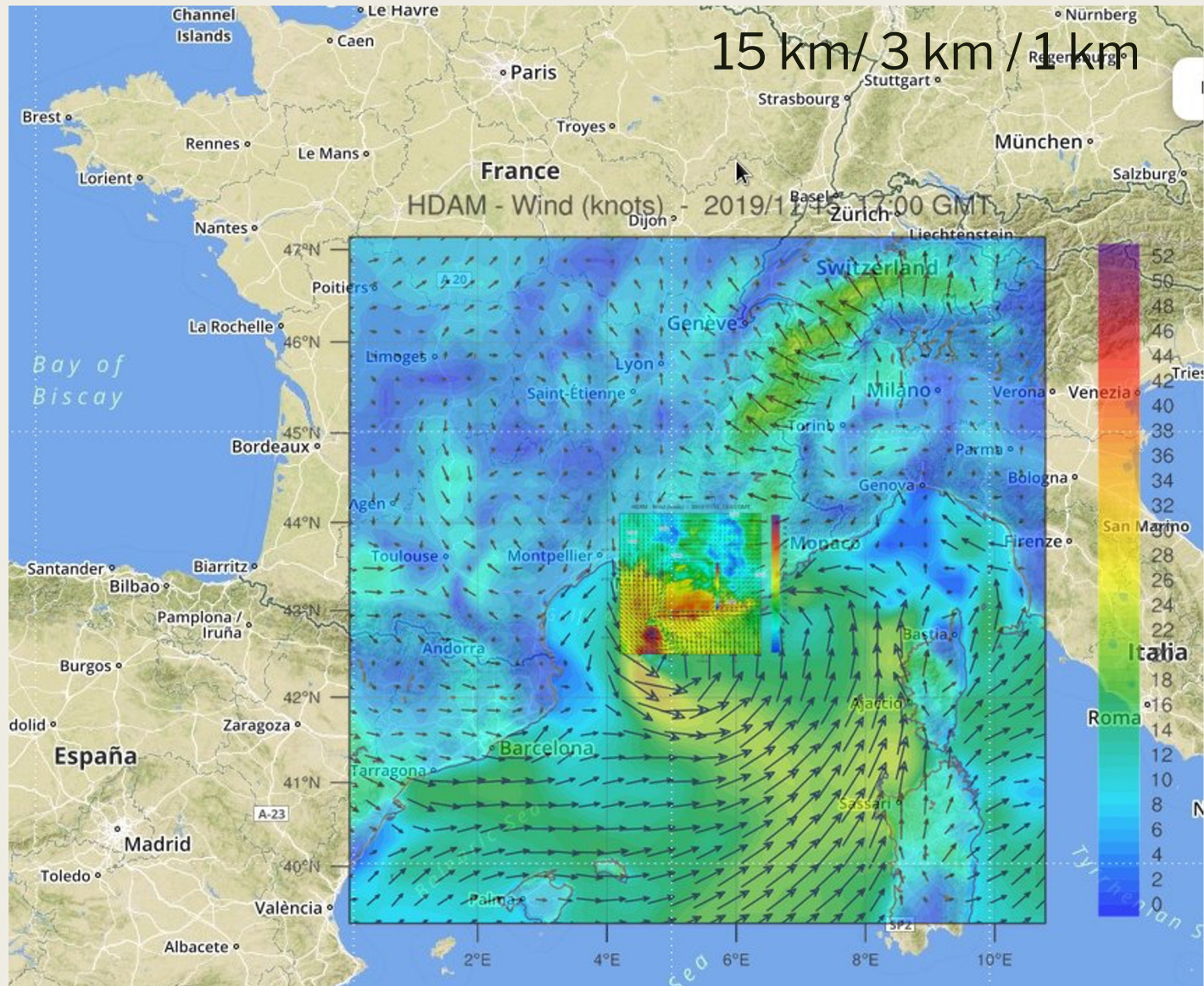


HDAM - Wind (knots) - 2018/02/22 20:00 GMT



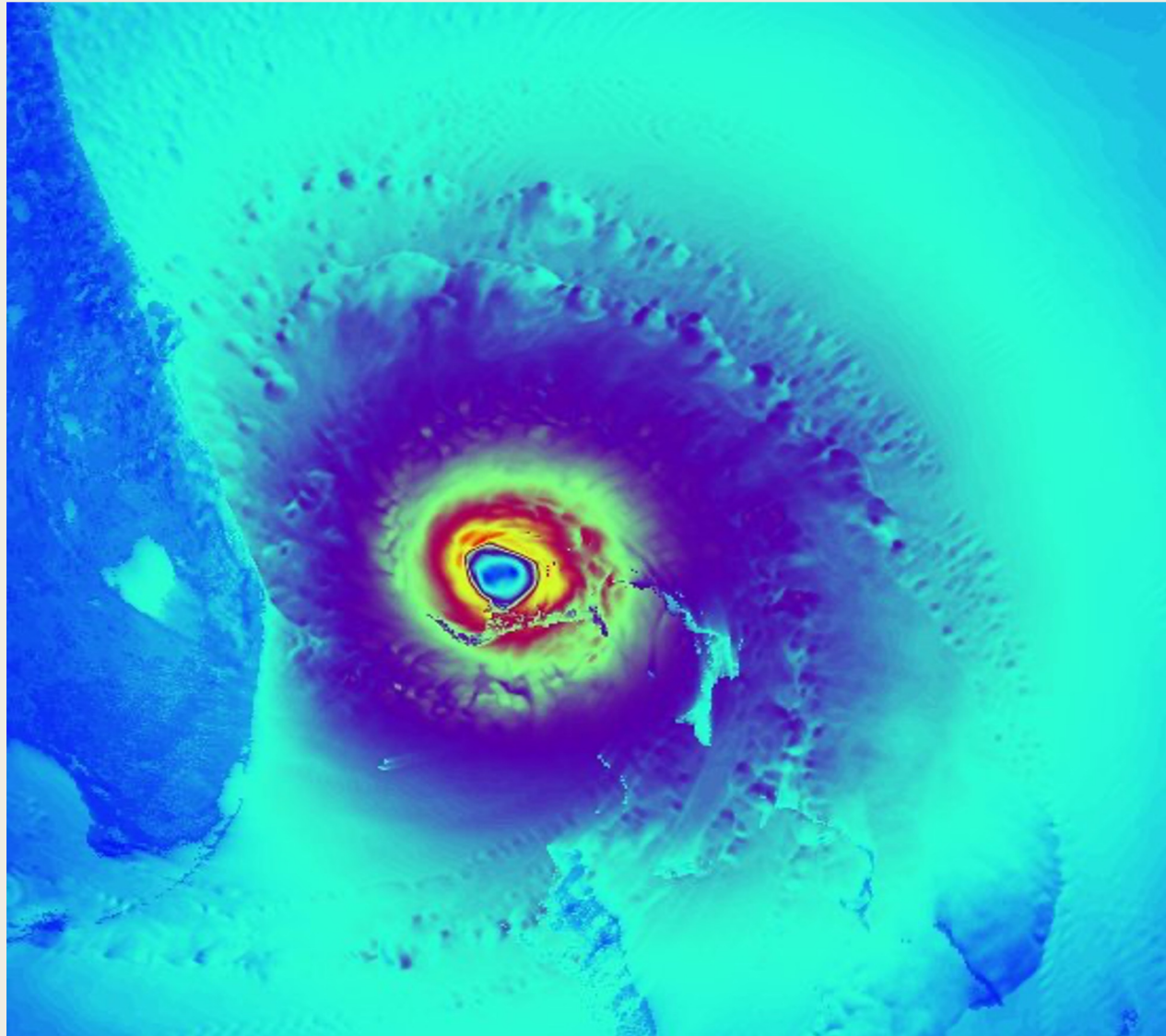
Prévision météo opérationnelle

Focus régional sur Marseille



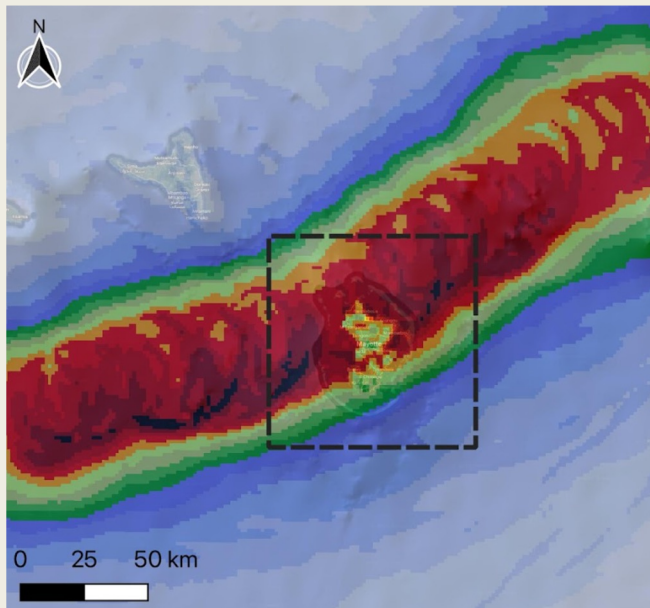
Prévision météo opérationnelle

Cyclone Dorian (sept 2019, Bahamas)



Prévision météo opérationnelle

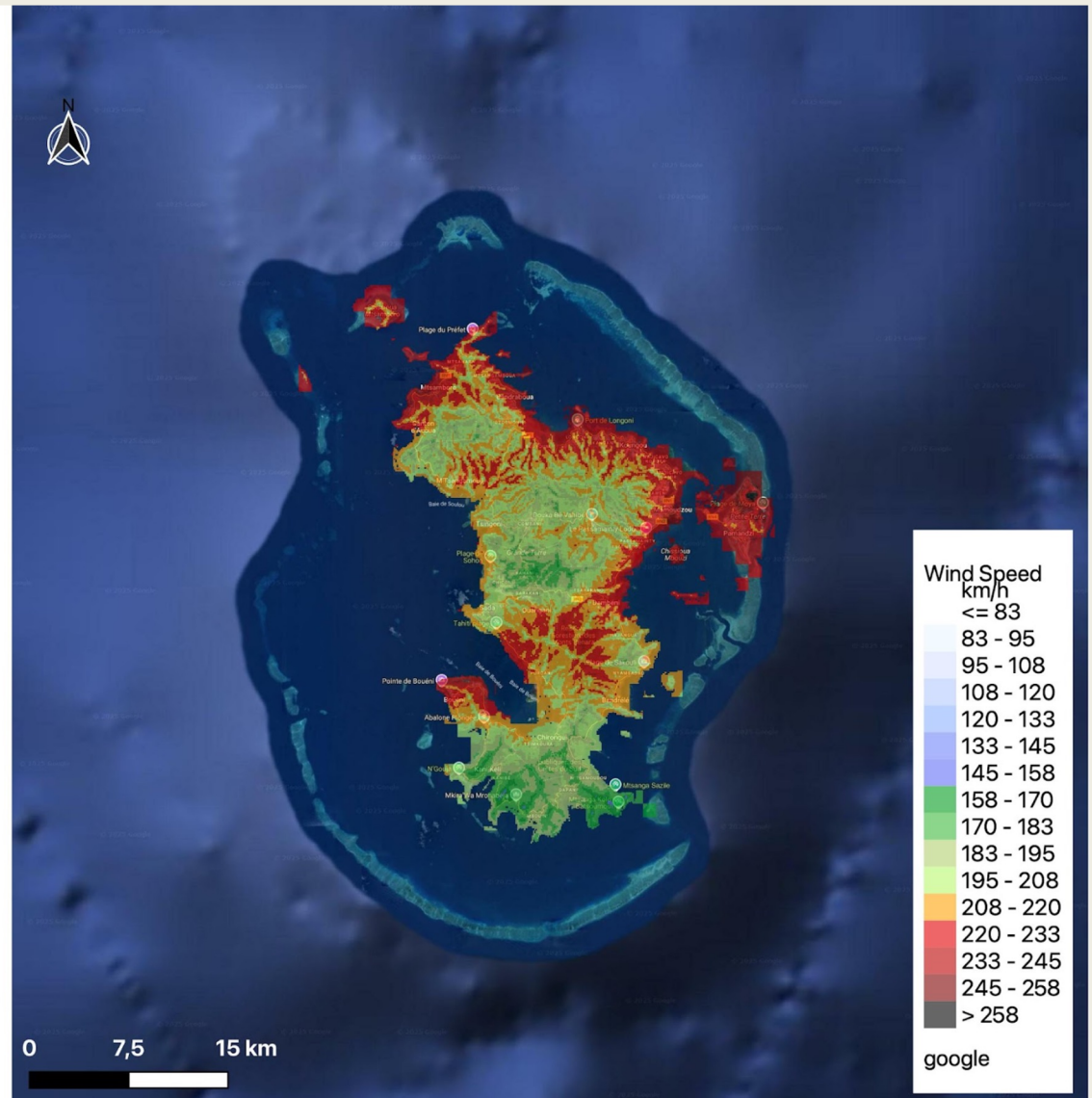
Cyclone Chido (14 déc 2024, Mayotte)



Simulation à haute résolution du cyclone Chido à partir des prévisions météorologiques du modèle GFS.
Utilisation du modèle WRF © de la NOAA et du NCAR

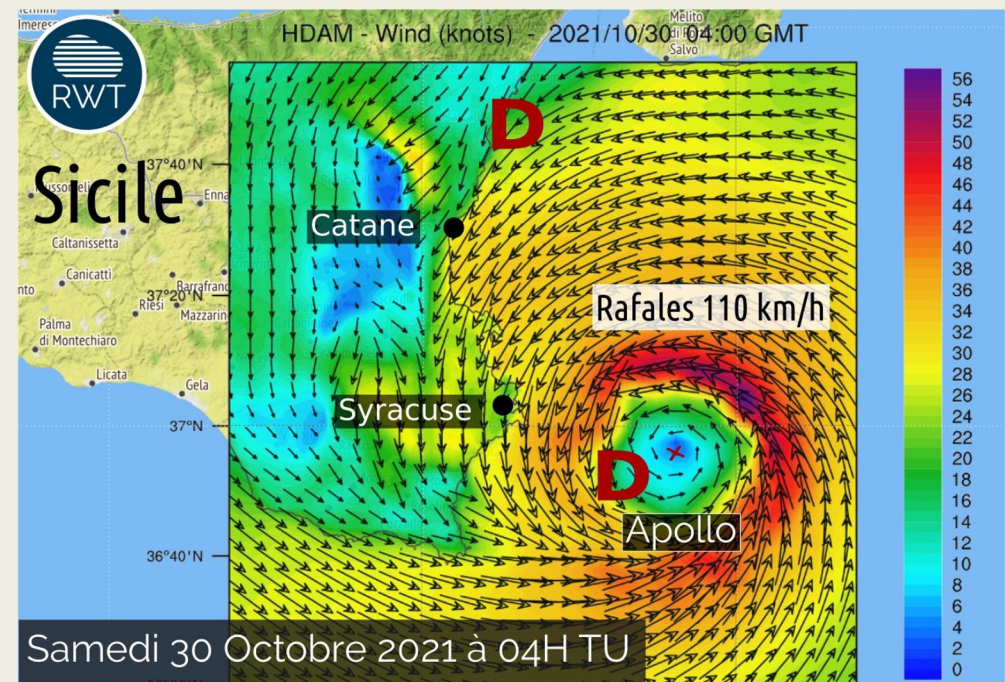
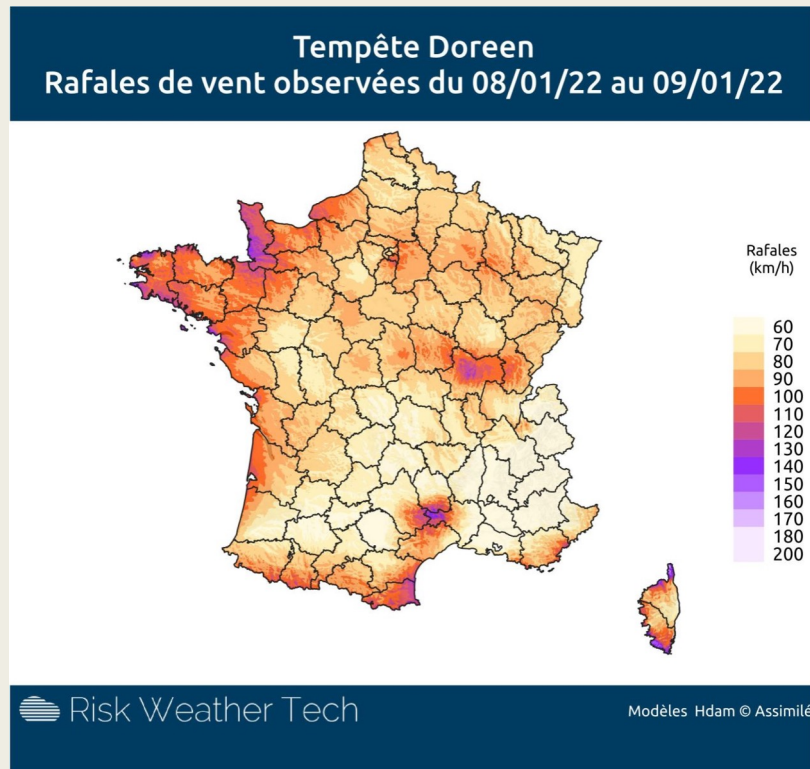
© Risk WeatherTech

 Risk Weather Tech



Prévision météo opérationnelle

Tempêtes et medicanes

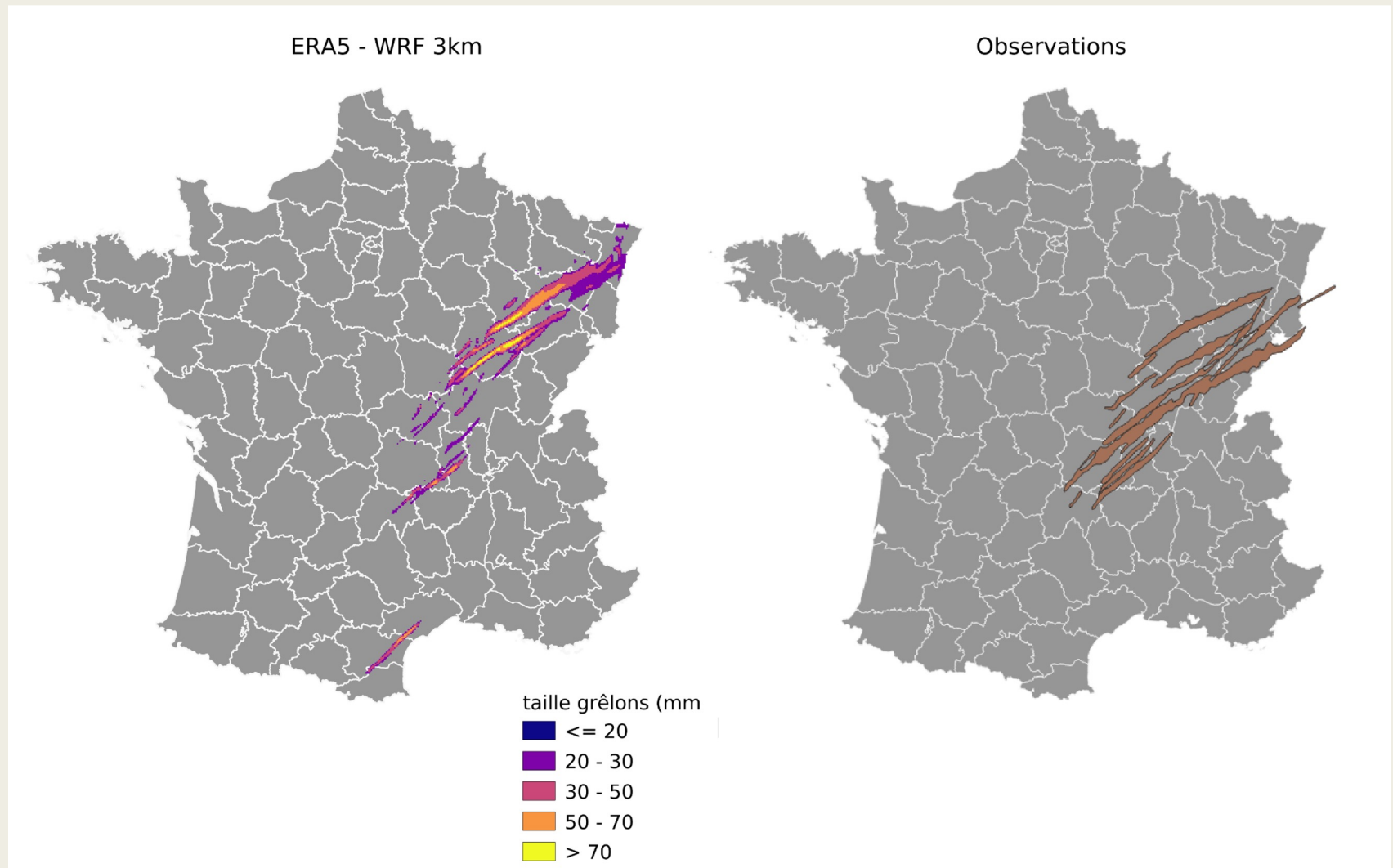


Différentes applications

- Prévision météo opérationnelle (événement sportif, focus régional, cyclone, tempête, etc.)
- Rejeu d'un événement extrême avec descente d'échelle (cyclone, tempête, inondation, grêle, etc.)
- Descente d'échelle dynamique de projections climatiques
- Création d'un catalogue d'événements
- Etude scientifique

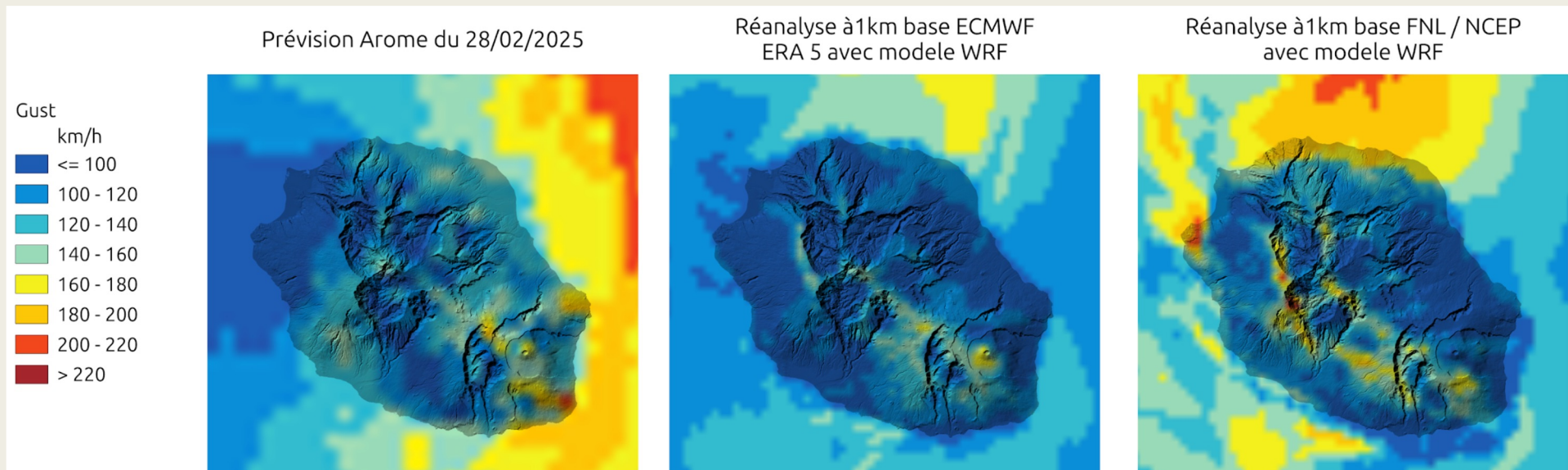
Rejeu d'un événement extrême

Grêle (30 juin 2012)



Rejeu d'un événement extrême

Simulation multi-modèles du cyclone Garance
(28 février 2025, Réunion)



Différentes applications

- Prévision météo opérationnelle (événement sportif, focus régional, cyclone, tempête, etc.)
- Rejeu d'un événement extrême avec descente d'échelle (cyclone, tempête, inondation, grêle, etc.)
- Descente d'échelle dynamique de projections climatiques
- Création d'un catalogue d'événements
- Etude scientifique

Création d'un catalogue d'événements

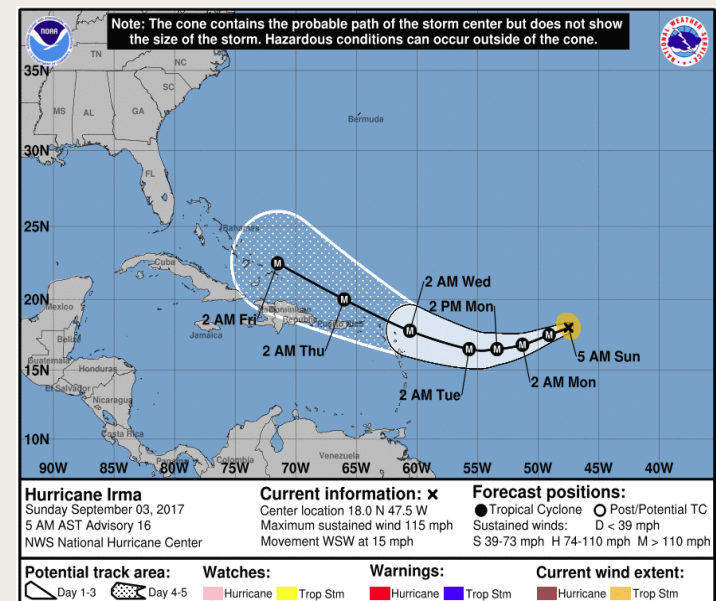
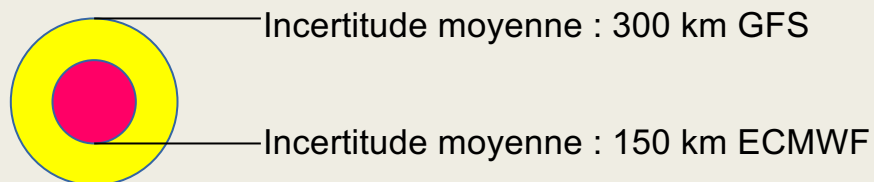
Jumeaux numériques du cyclone "IRMA" sur les Antilles

Pourquoi simuler un jumeau numérique d'IRMA ?

- ❖ IRMA est le cyclone le plus puissant enregistré depuis 1980 dans l'Atlantique Nord
- ❖ Vent maximum 287 km/h avec rafales à 360 km/h
- ❖ Vagues de 10m
- ❖ Dégâts catastrophiques dans les îles de Barbuda, St Barthelemy, St Martin, Anguilla

Forte probabilité qu'un tel phénomène touche les Antilles

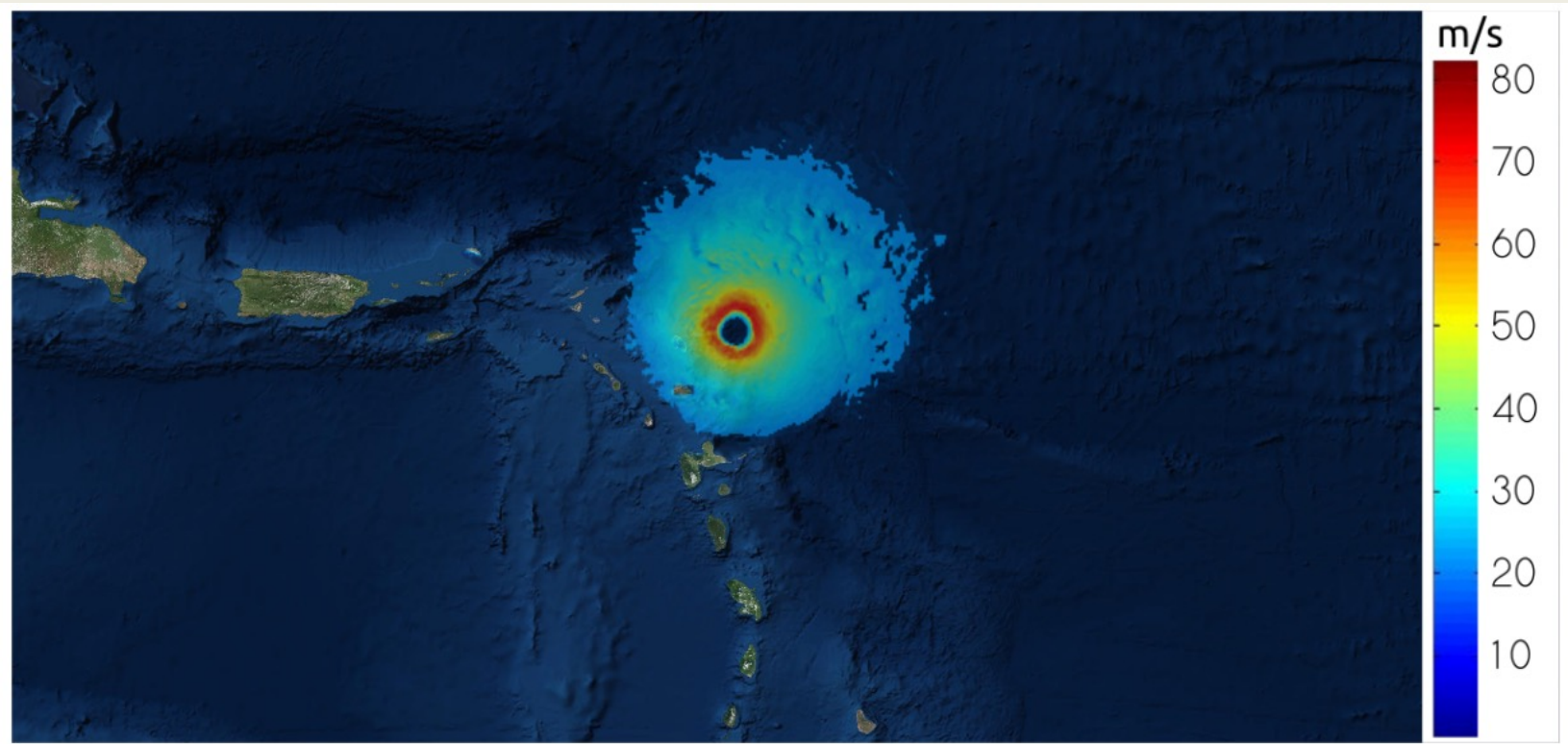
à J-5, les Antilles françaises étaient dans la zone d'incertitude des prévisions cycloniques.



Création d'un catalogue d'événements

Jumeaux numériques du cyclone "IRMA" sur les Antilles

Simulation du cyclone IRMA



Méthodologie sur les Antilles

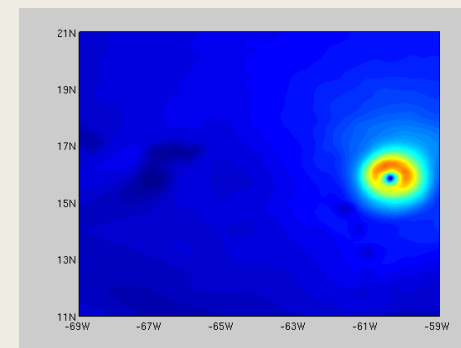
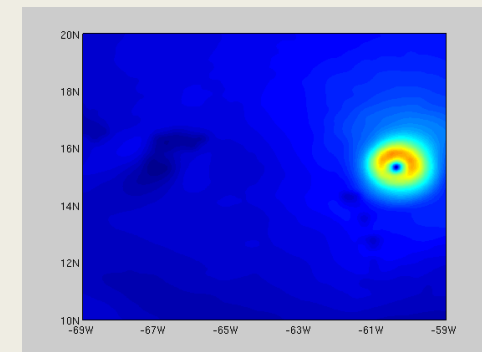
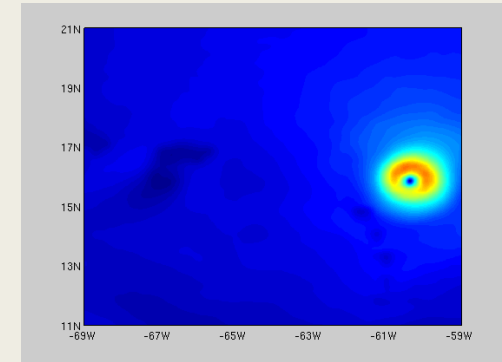
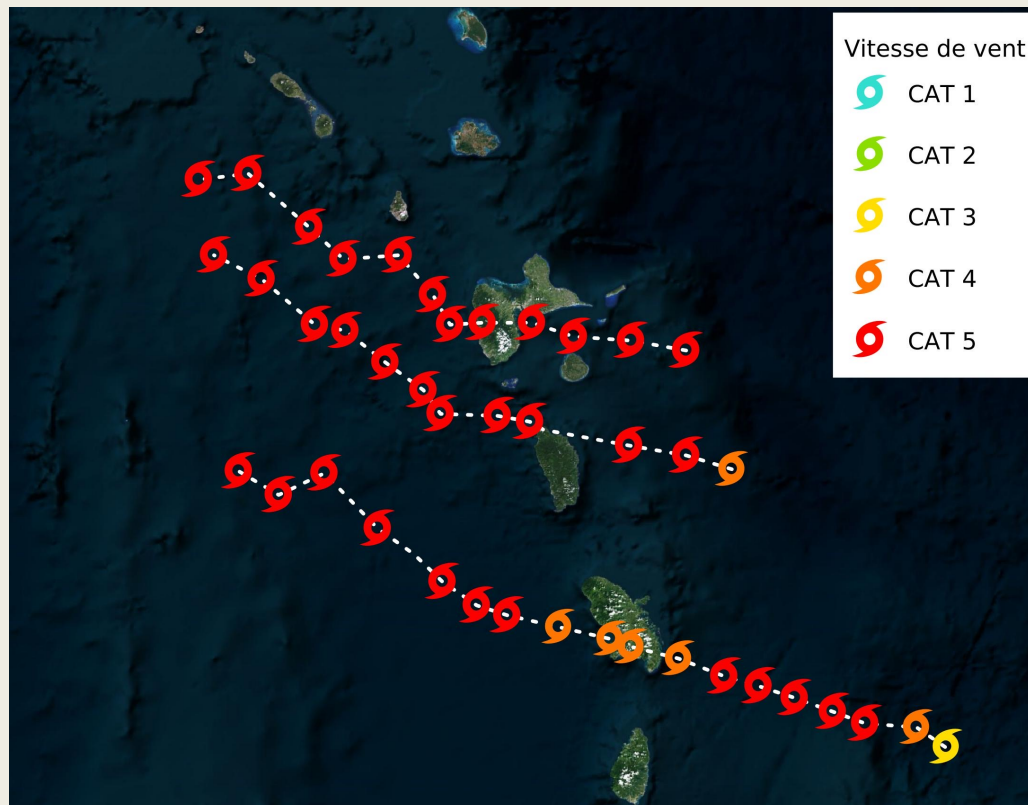
- ❖ topographie décalée vers le Sud (1.5° à 2.5°)
- ❖ forçage aux limites du domaine FNL IRMA
- ❖ simulation libre à l'intérieur des domaines d02 et d03.

Création d'un catalogue d'événements

Jumeaux numériques du cyclone "IRMA" sur les Antilles

Trois scénarios retenus :

- ❖ Scénario Nord centré sur la Guadeloupe
- ❖ Scénario central centré sur la Dominique
- ❖ Scénario Sud centré sur la Martinique

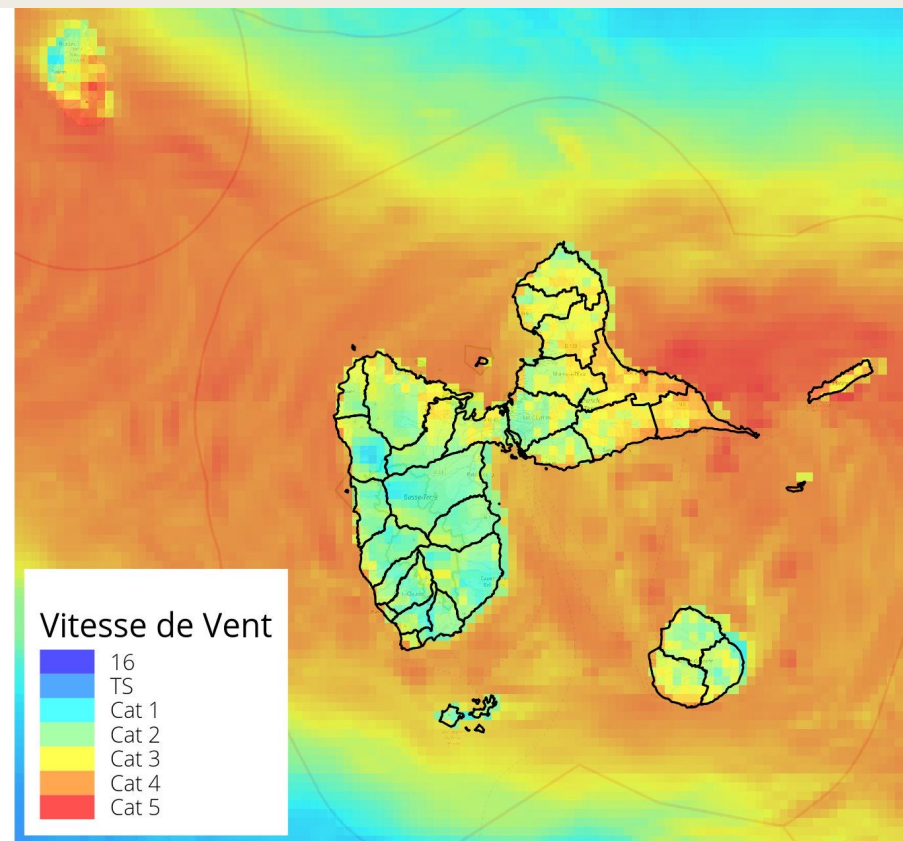
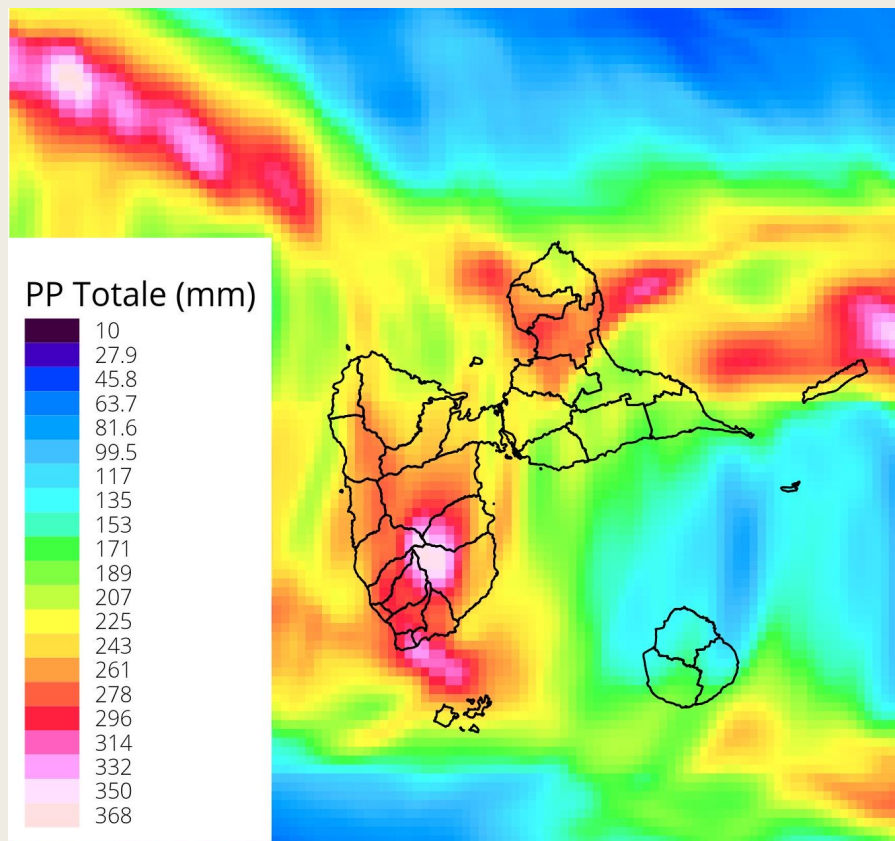


Création d'un catalogue d'événements

Jumeaux numériques du cyclone "IRMA" sur les Antilles

Guadeloupe

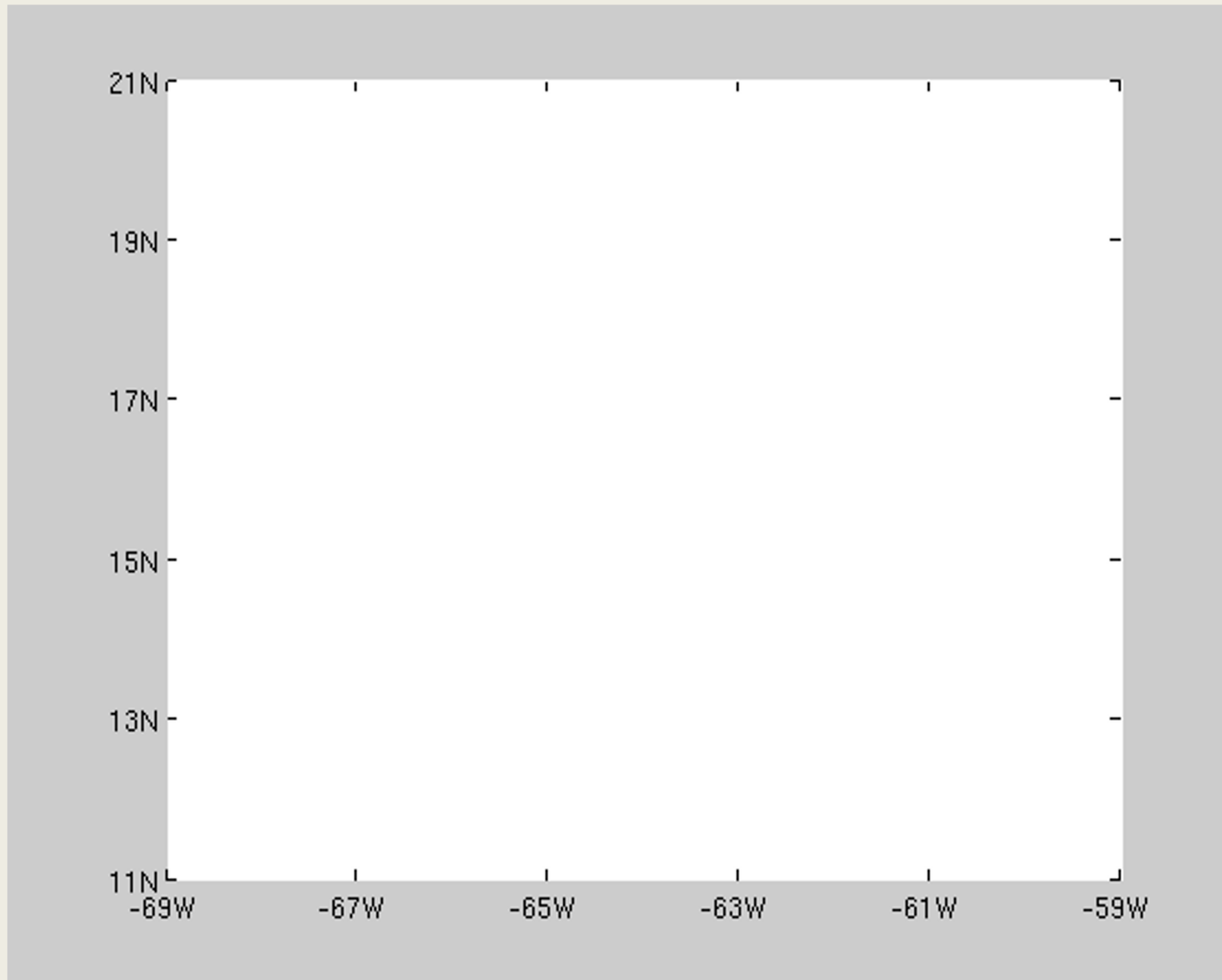
- ❖ Vent moyen max : 283 km/h
- ❖ Cumul de précipitation maximum : 364 mm



Création d'un catalogue d'événements

Jumeaux numériques du cyclone "IRMA" sur les Antilles

Simulation du jumeau numérique d'IRMA sur la Guadeloupe

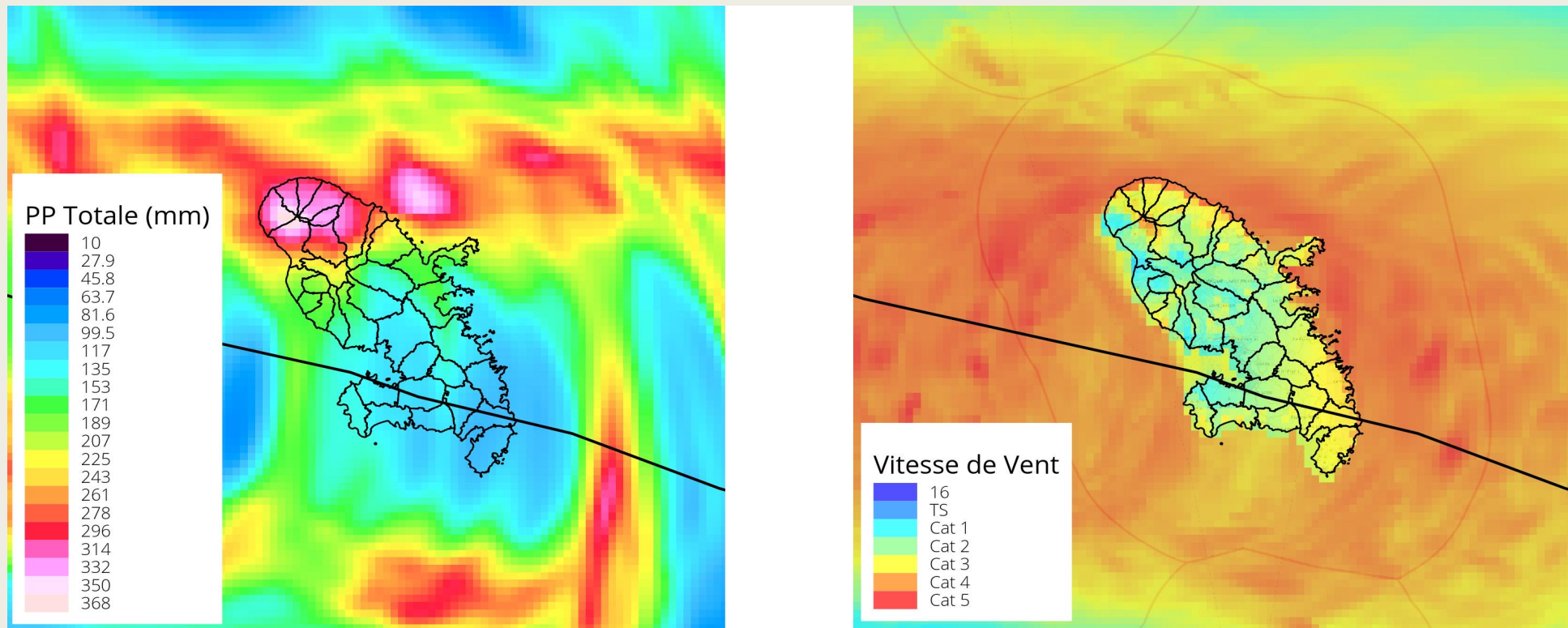


Création d'un catalogue d'événements

Jumeaux numériques du cyclone "IRMA" sur les Antilles

Martinique

- ❖ Vent moyen max : 250 km/h
- ❖ Cumul de précipitation maximum : 378 mm



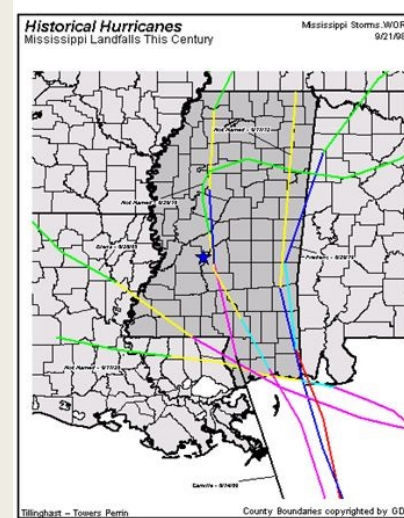
Création d'un catalogue d'événements

Catalogue de 10 000 tempêtes sur la France

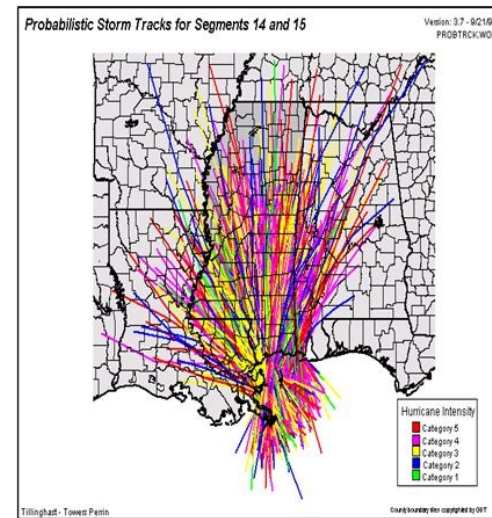
Générer un catalogue d'événements stochastiques

- ❖ Compléter la vision d'événements historiques (profondeur temporelle ~ 40 ans)
- ❖ Simuler un grand nombre d'événements possibles non réalisés selon des hypothèses géophysiques et météorologiques plausibles (ou réalistes)
- ❖ 2 grandes familles de génération de catalogues d'événements : Dynamique ou Statistique

Propriétés des événements historiques utilisées ...

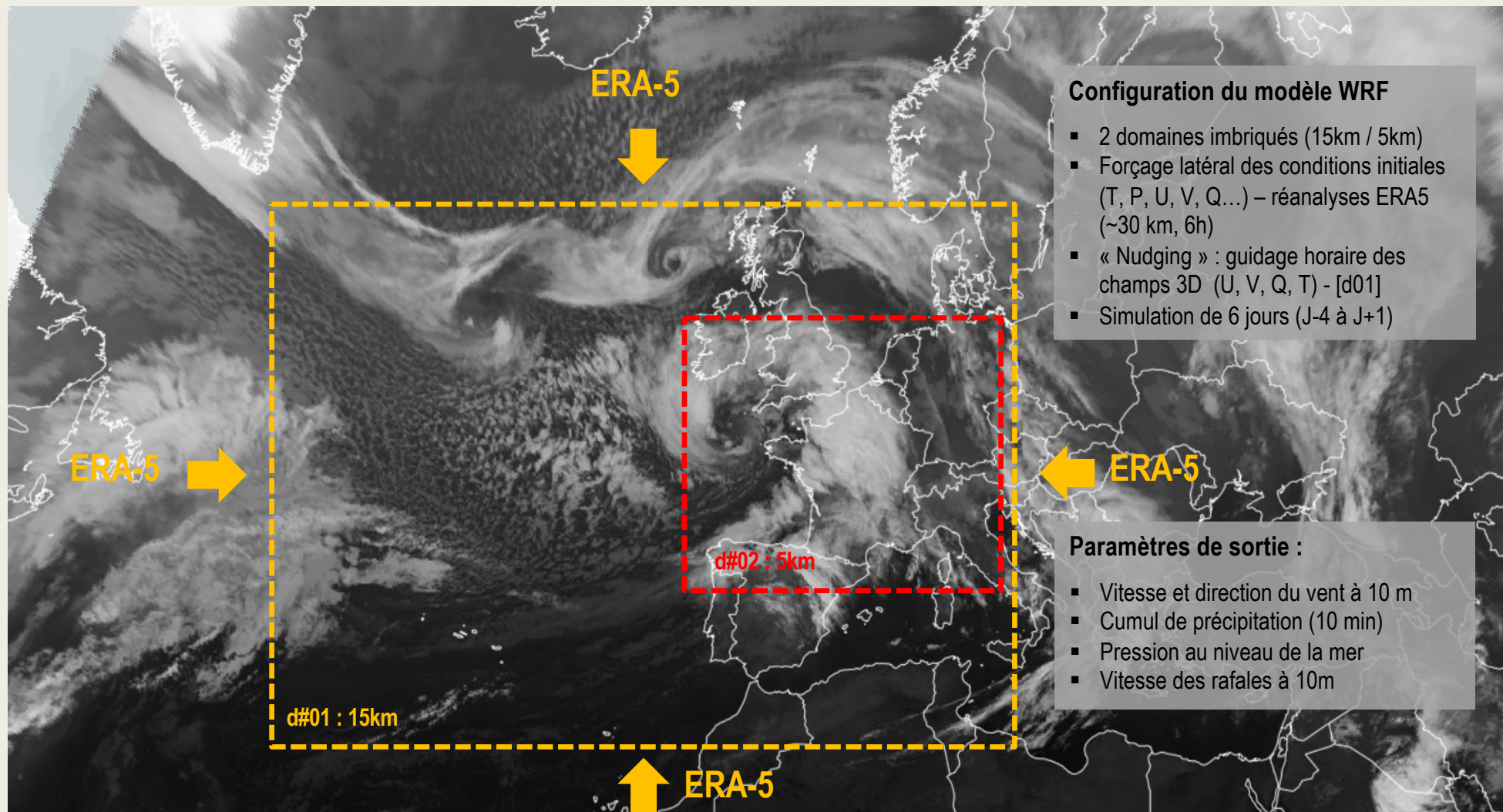


... pour générer un catalogue robuste d'événements probabilistes



Création d'un catalogue d'événements

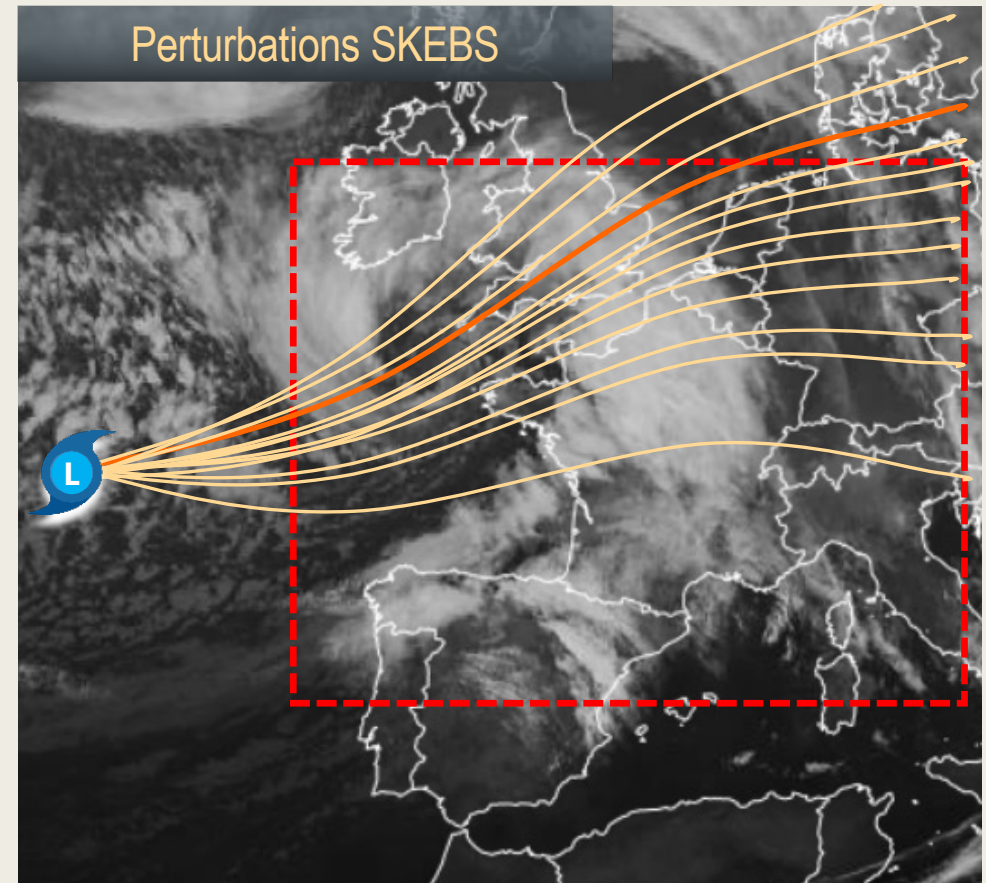
Catalogue de 10 000 tempêtes sur la France



Création d'un catalogue d'événements

Catalogue de 10 000 tempêtes sur la France

- ❖ 27 perturbations stochastiques ou « avatars » de chacune des 352 tempêtes historiques
- ❖ Méthode SKEBS (Stochastic Kinetic Energy Backscatter Scheme) – simulation de la turbulence atmosphérique avec un bruit blanc dans certaines variables du modèle sujettes à la turbulence (Berner et al. 2010).
 - Amplitude des perturbations très faible ($10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}^2$)
 - Les frontières latérales sont également perturbées

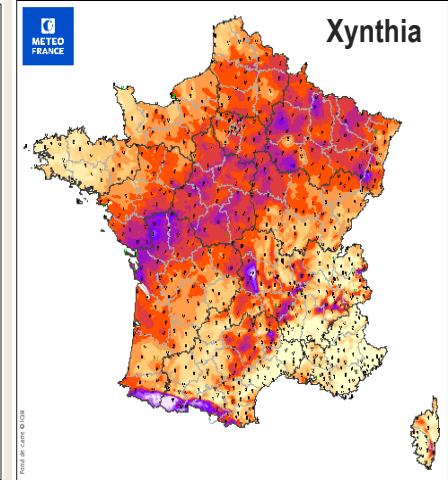
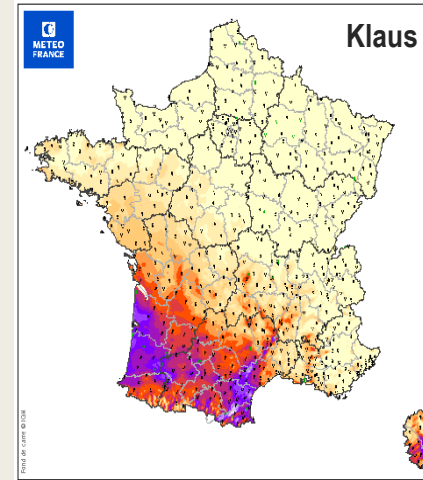
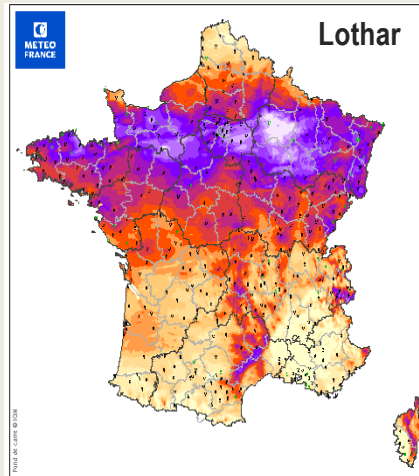
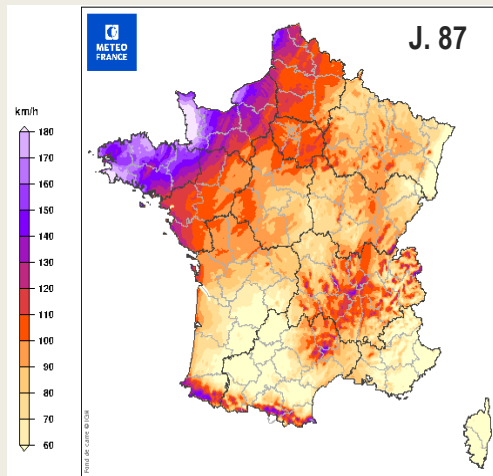


Création d'un catalogue d'événements

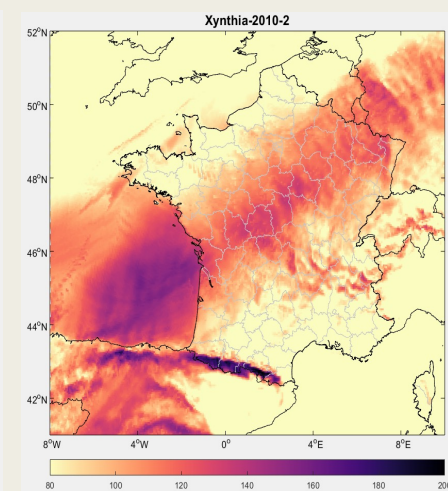
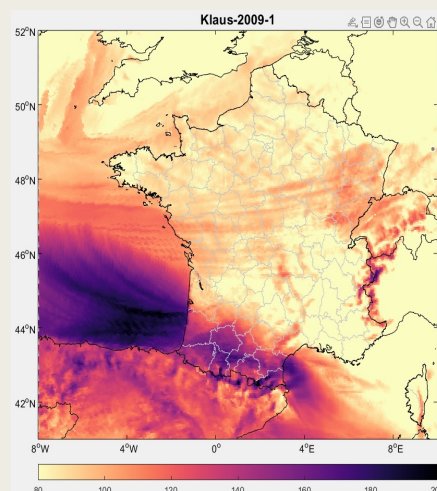
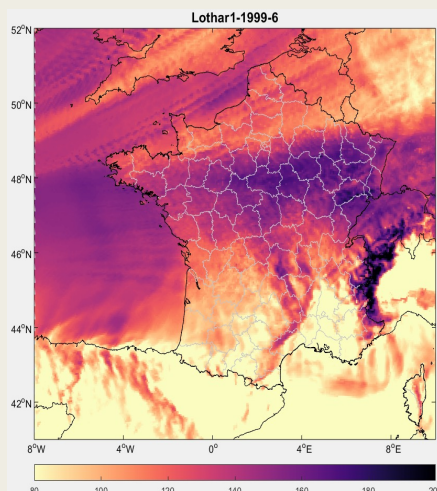
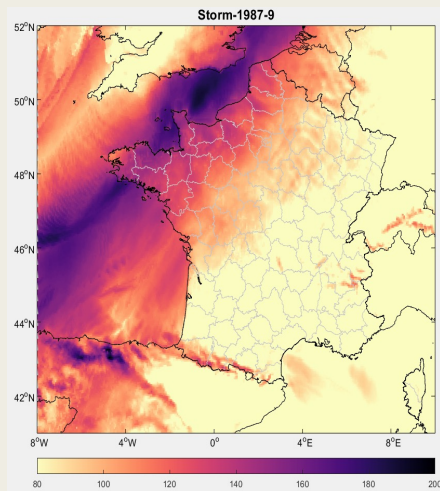
Catalogue de 10 000 tempêtes sur la France

Reconstruction des empreintes des tempêtes historiques

OBSERVATIONS MF



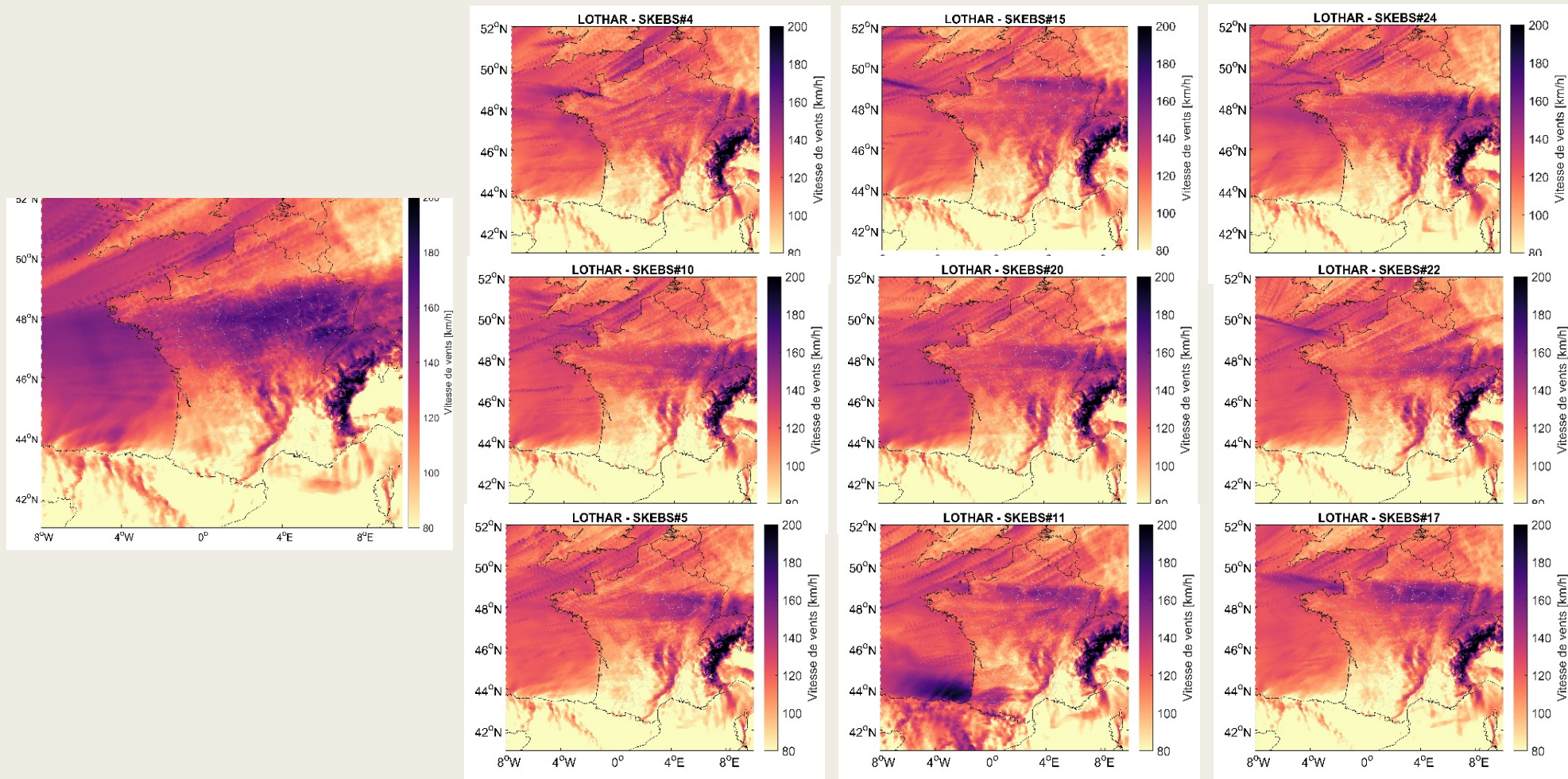
SIMULATIONS WRF REF



Création d'un catalogue d'événements

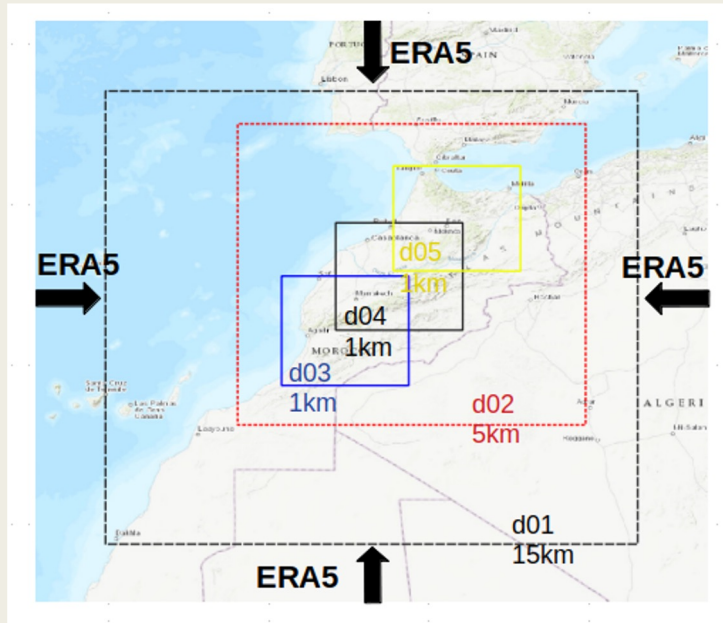
Catalogue de 10 000 tempêtes sur la France

La tempête Lothar et ses « avatars »

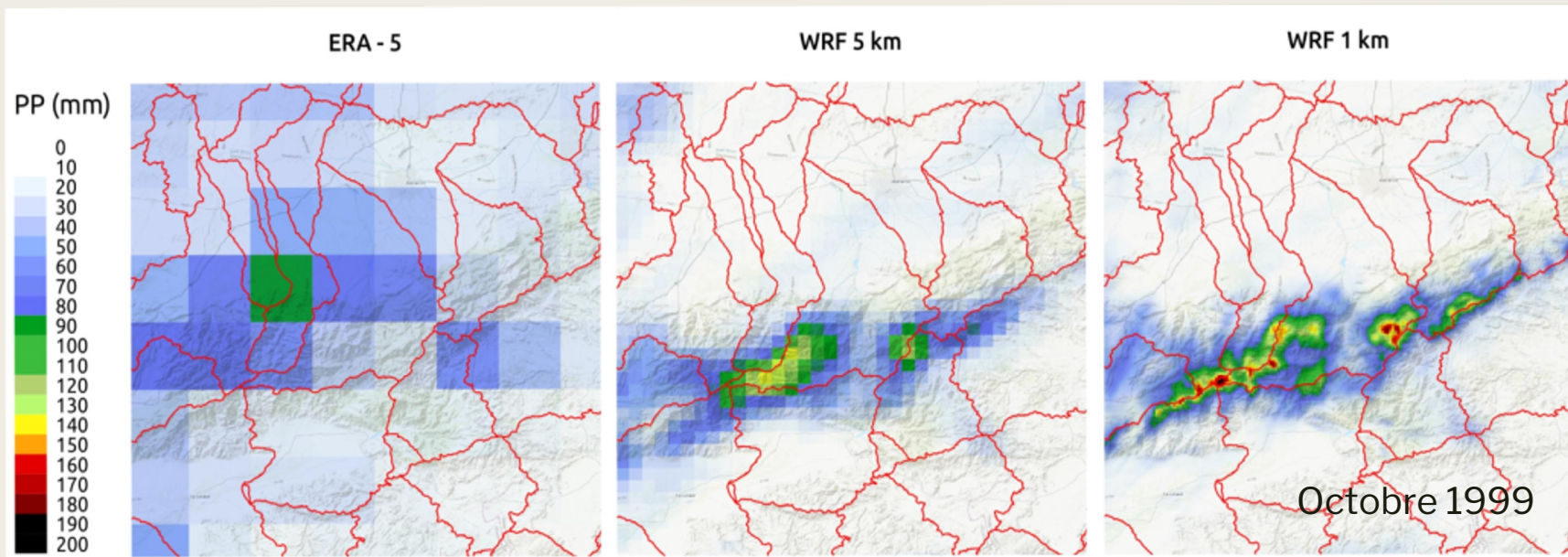


Création d'un catalogue d'événements

Catalogue de pluies historiques au Maroc



- ❖ 50 événements de pluie sur la période 1980-2020
- ❖ descente d'échelle des réanalyses ERA5 (ECMWF) avec le modèle WRF du NCAR
- ❖ résolution 1 km, pas horaire



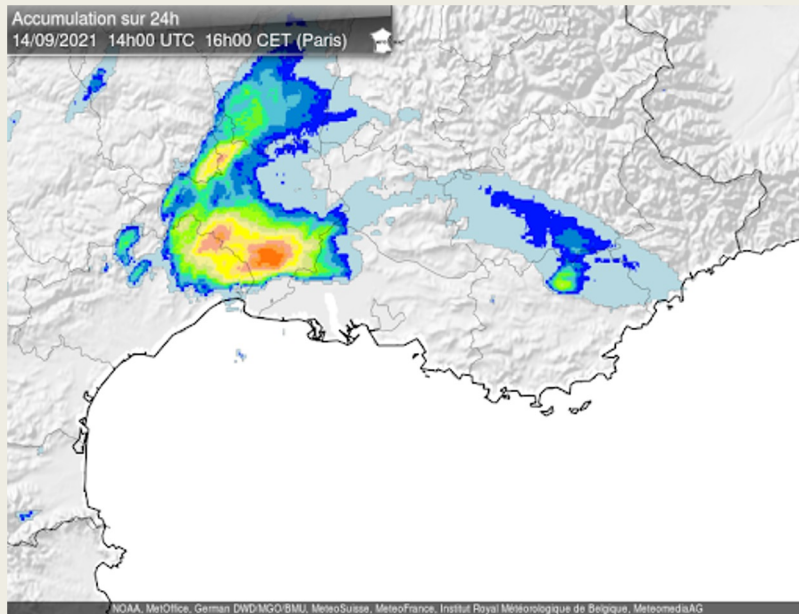
Différentes applications

- Prévision météo opérationnelle (événement sportif, focus régional, cyclone, tempête, etc.)
- Rejeu d'un événement extrême avec descente d'échelle (cyclone, tempête, inondation, grêle, etc.)
- Descente d'échelle dynamique de projections climatiques
- Création d'un catalogue d'événements
- Etude scientifique

Etude scientifique

Analyse de l'impact de la température de surface de la mer Méditerranée sur les événements cévenols.

Record historique dans le Gard
244 mm à Saint-Dionizy en 3 heures



Cas d'étude :

- ❖ Événement cévenol du Gard (14/09/2021)

Simulation WRF :

- ❖ Descente d'échelle dynamique des analyses FNL du NCEP avec le modèle WRF du NCAR
- ❖ 3 boîtes de résolution 15 km / 3 km / 1 km, pas horaire

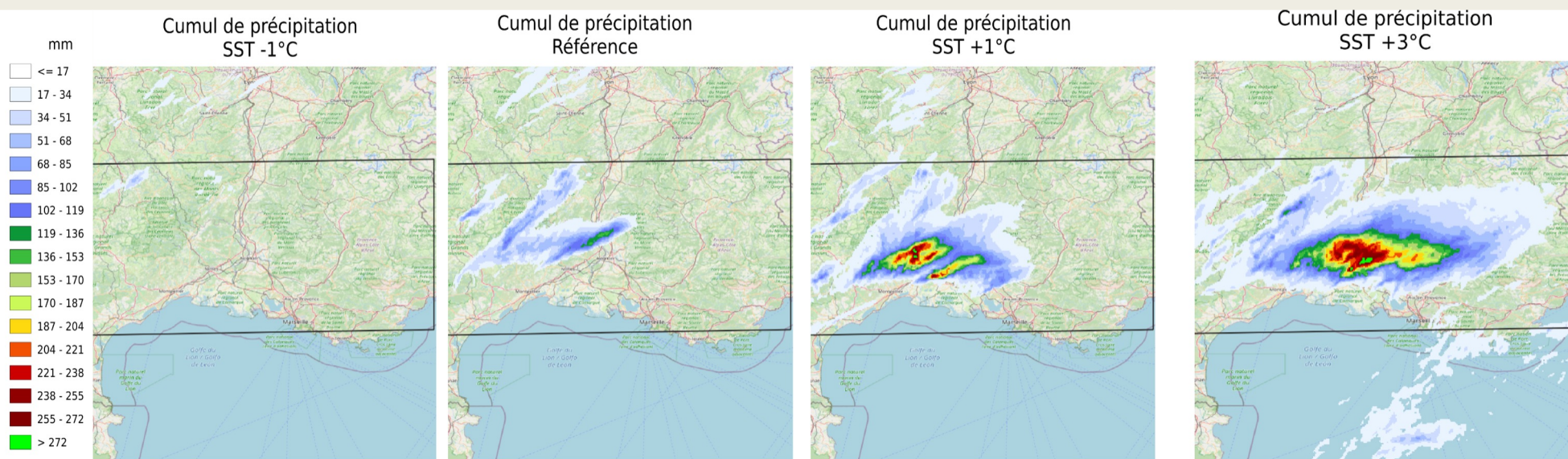
Expérience :

- ❖ augmentation (+1°C et +3°C) et diminution (-1°C) de la température de surface (SST) de la Méditerranée Ouest
- ❖ simulation débutant plus de 24h avant l'événement afin de modifier le contenu en eau de l'atmosphère évaporé sur la Méditerranée.

Etude scientifique

Analyse de l'impact de la température de surface de la mer Méditerranée sur les événements cévenols.

Evénement du Gard du 14 septembre 2021

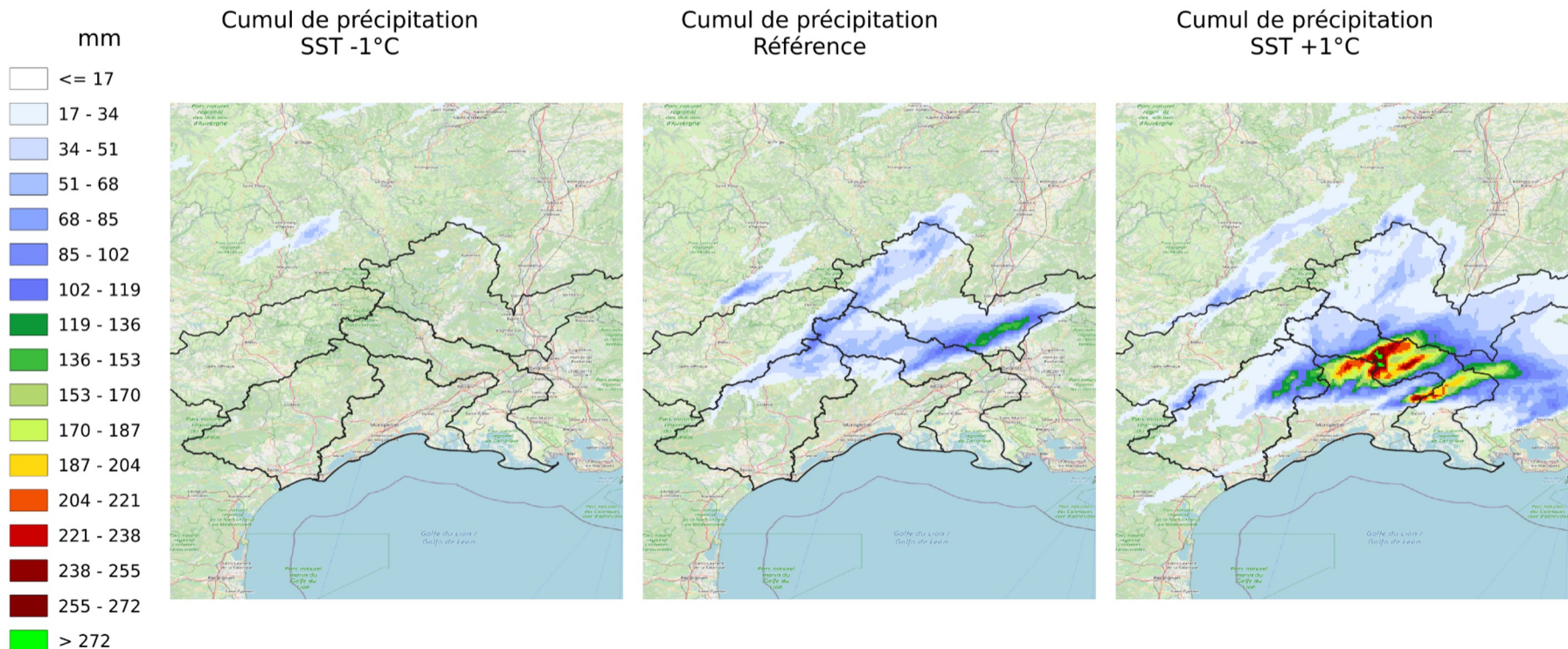


Scénario	Cumul moyen sur la boîte (Figure 9)	% de changement de cumul moyen	Maximum local de cumul de précipitations	% de changement du maximum local
-1°C	1,2 mm	-79 %	30 mm	-80 %
référence	5,7 mm		150 mm	
+1°C	14,3 mm	+150 %	290 mm	+93 %
+3°C	24,1 mm	+323 %	293 mm	+95 %

Etude scientifique

Analyse de l'impact de la température de surface de la mer Méditerranée sur les événements cévenols.

Événement du Gard 14 septembre 2021



- ❖ une augmentation d'environ ± 80 % du cumul maximum local sur l'événement pour $\pm 1^\circ\text{C}$ sur la SST en Méditerranée Ouest.
- ❖ des différences associées à $\pm 1^\circ\text{C}$ non symétriques qui mettent en évidence la non-linéarité du processus.



**MERCI POUR
VOTRE
ATTENTION**