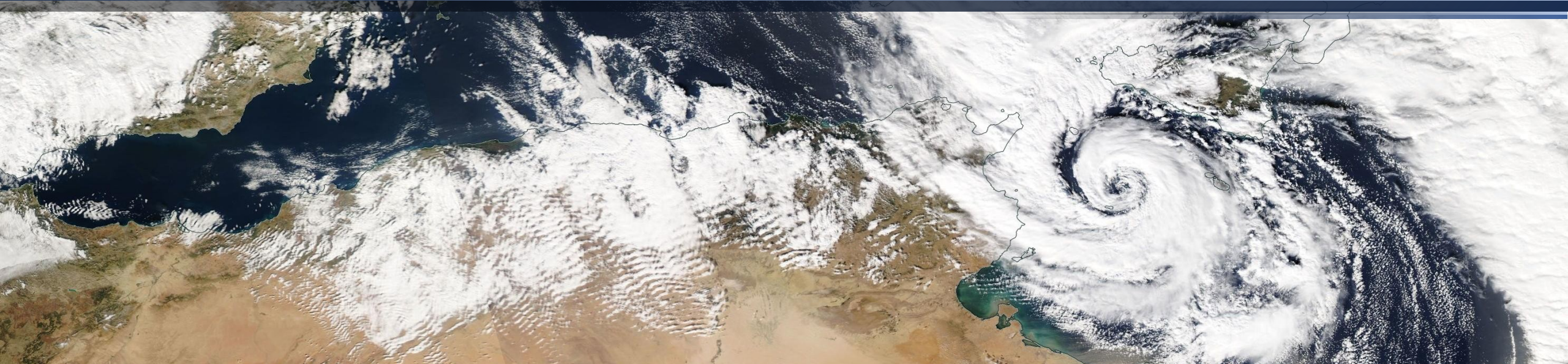




Évaluation systématique de la prévisibilité des dépressions méditerranéennes et impact sur les territoires

Benjamin Doiteau, Florian Pantillon, Matthieu Plu, Laurent Descamps, Thomas Rieutord

Ateliers de Modélisation de l'Atmosphère, CIC Toulouse, 17 mars 2026





HMS Danube, blown on shore while in Kazatch Bay, Crimea
Richard Brydges Beeches, 1854



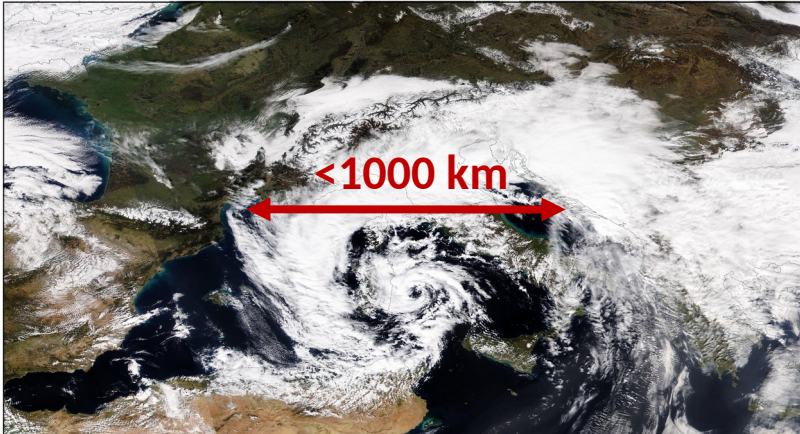
© Makis Theodorou

Crue historique à Palamas, Grèce (Tempête Daniel)
Makis Theodorou, 2023

Mieux les prévoir = mieux anticiper leur impact

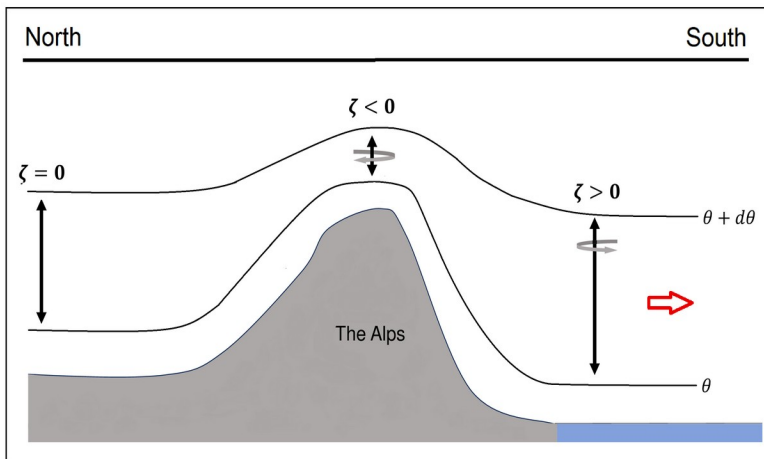
Que sait-on de leur dynamique ?

- Petite taille < 1000 km

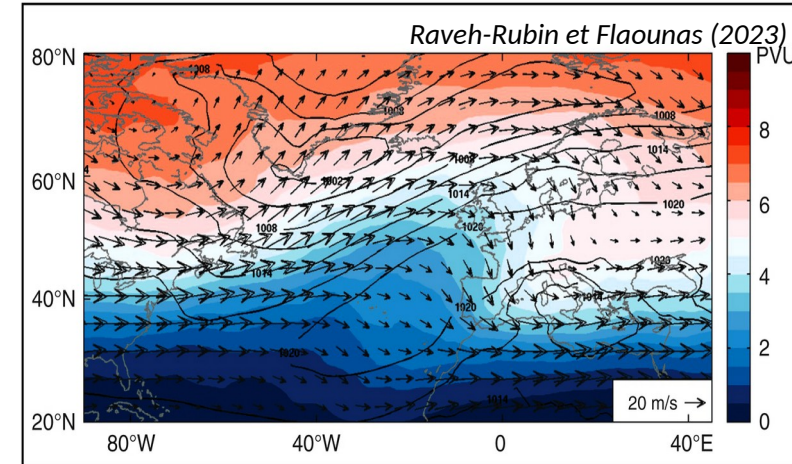


Dépression méditerranéenne Juliette (mars 2023)

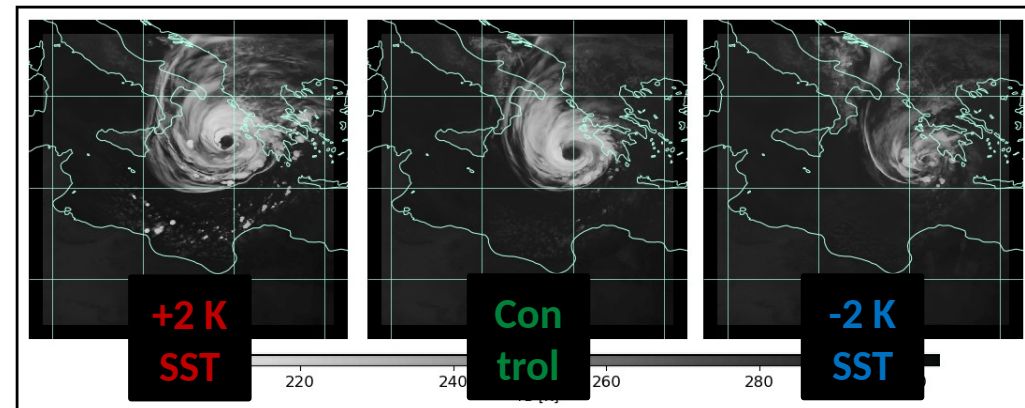
- Influence orographique



- Interaction barocline avec une onde de Rossby Atlantique



Renforcement **diabatique** sur la mer chaude
Cas extrême : medicanes = Mediterranean hurricane



Sanchez et al., (2024)

Que sait-on de leur prévisibilité ?

Beaucoup d'études de cas intenses et de medicanes

e.g. Argence et al. (2008), Cavaleri et al. (2019), Portmann et al. (2020), Pantillon et al. (2024)

Non représentatifs de la diversité des dépressions méditerranéennes

Prévision d'ensemble de centaines de trajectoires de dépressions océaniques

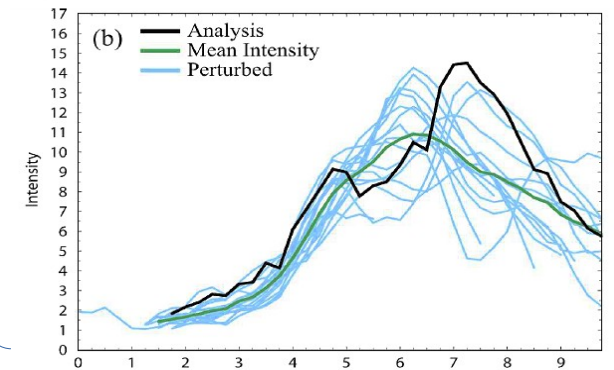
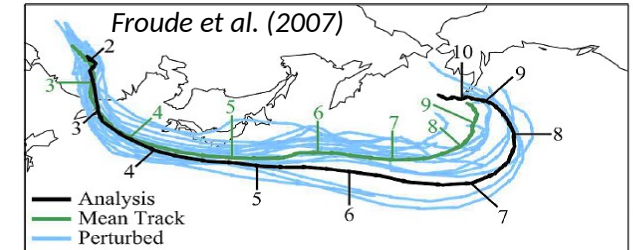
e.g. Froude et al. (2007)

Particularités de la Méditerranée non prises en compte

Prévision déterministe de 1000 dépressions méditerranéennes sur une année

Picornell et al. (2011)

Dépressions faibles sur-représentées (3 par jour)



Besoin d'une évaluation **robuste et systématique** de la prévisibilité des dépressions méditerranéennes

Systematique

Grand nombre

Homogene

Longue periode

Reference

Réanalyse ERA5

Hersbach et al., (2020)

Données :

$\Delta x = 0.25^\circ$ (~30 km)

$\Delta t = 1$ h

1940-present

Prevision

Ensemble rétrospectif IFS (ensemble reforecasts)

(Cycle 47r3) ECMWF

10 membres perturbés + 1 contrôle

conditions initiales ERA5

Données :

$\Delta x = 0.25^\circ$ (~18 km)

$\Delta t = 6$ h

2001-2021

Algorithme appliqué à ERA5 : Ayrault, (1998)

Algorithme appliqué au reforecast IFS : Van der Grijn (2002)

→ Plu, M., & Joly, B. (2023). Traject <https://github.com/UMR-CNRM/Traject>

Adaptation aux particularités de la Méditerranée et au jeu de données

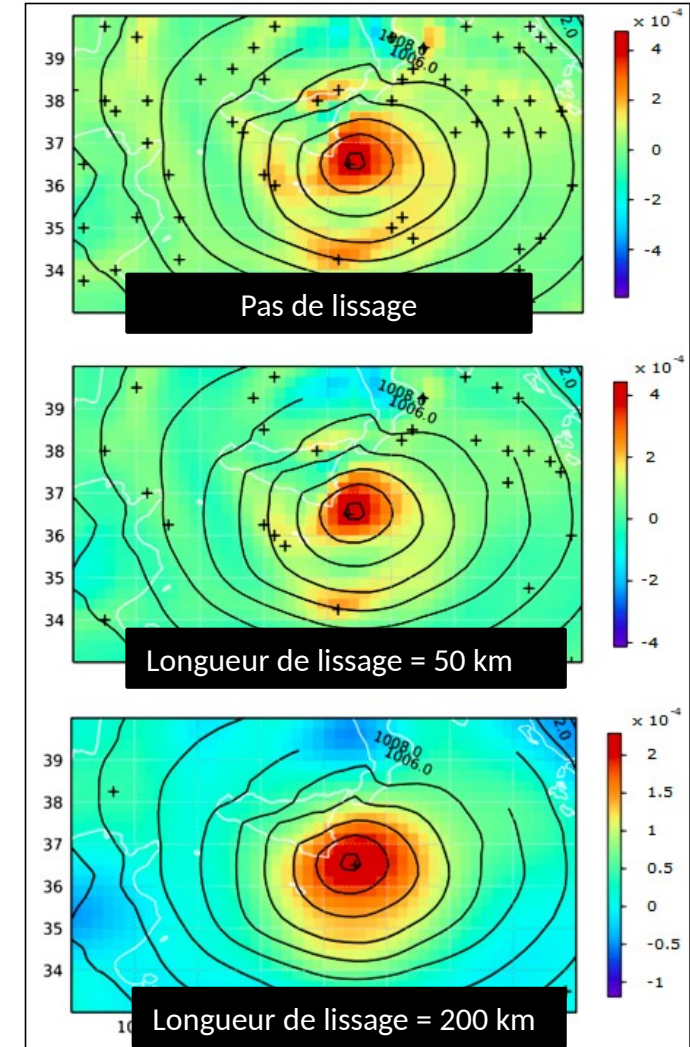
Détection basée sur les maxima de tourbillon relatif ζ à 850 hPa

- ❑ ζ est perturbé par l'orographie et les fronts
- ❑ Paramètre clef : longueur de lissage du champ ζ

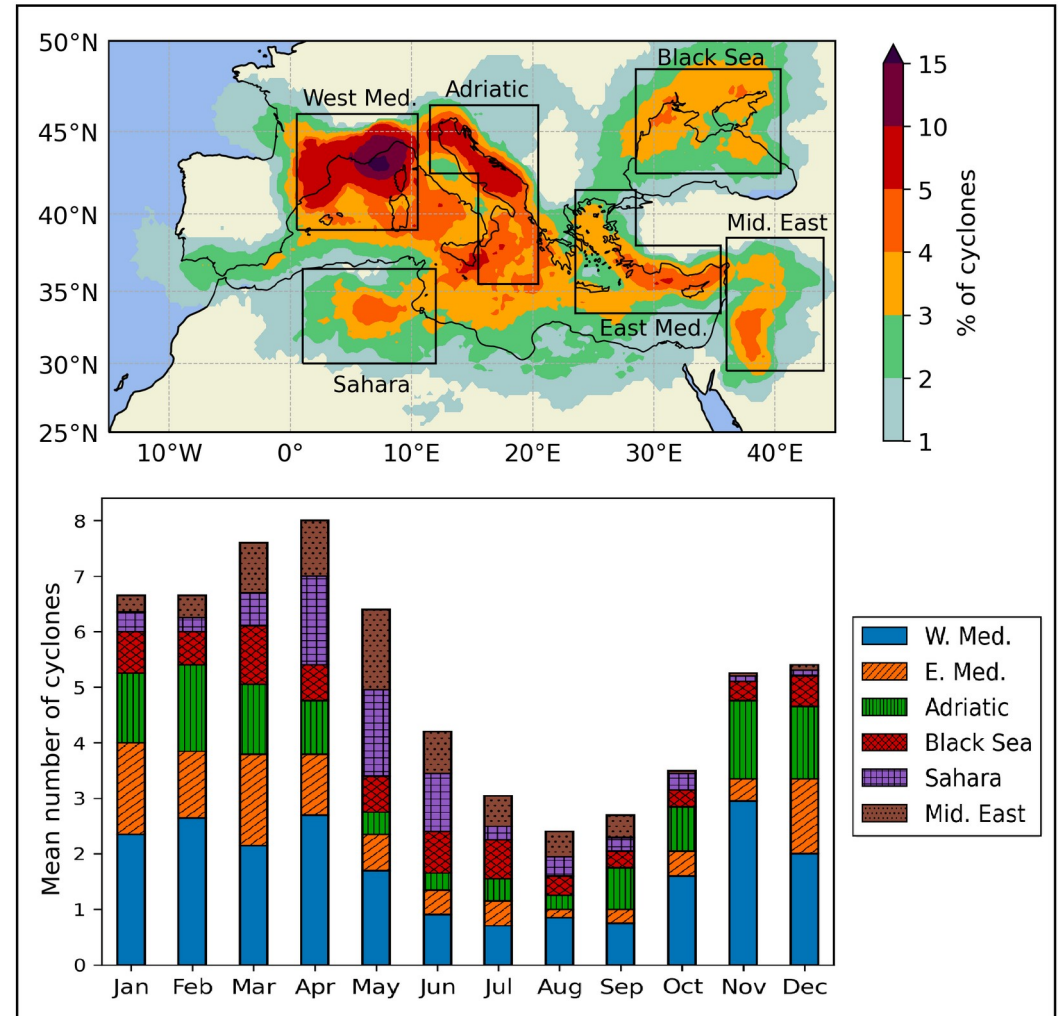
- Évite les maxima secondaires
- Perd les maxima plus faibles ⚠

Longueur de lissage réglée ici à 225 km

Medicane Leucosia (1982)



- 1960 dépressions (< 1005 hPa) sur la période 2001-2021
- Concentration dans le Golfe de Gênes
- Dépressions aussi en région aride
Sahara et Moyen Orient
- Fort cycle saisonnier
Pic en hiver et au printemps
- Résultats cohérents parmi 10 algorithmes de suivi
→ contribution à l'intercomparaison de Flaounas et al. (2023)

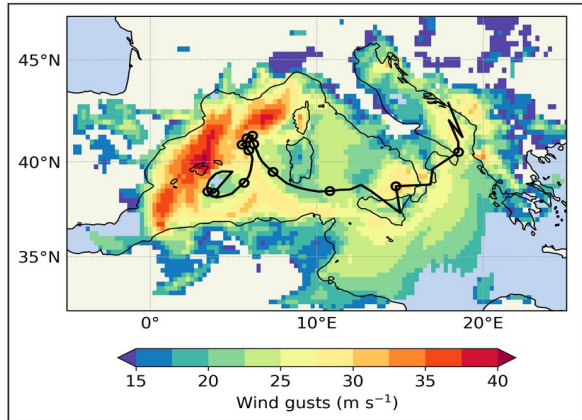


Distribution géographique et saisonnière

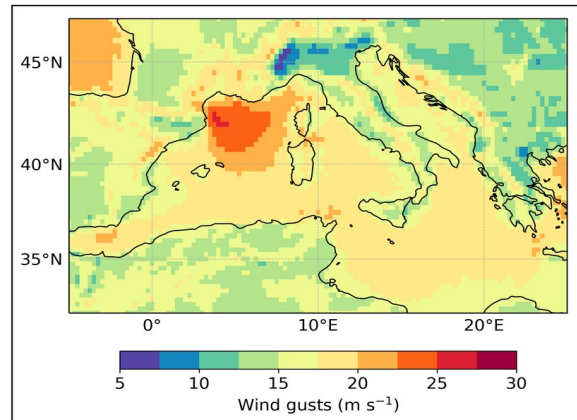
Storm Severity Index (SSI)

Adapté de Leckebush et al. (2008)

Rafales de vent



98ème percentile climatologique

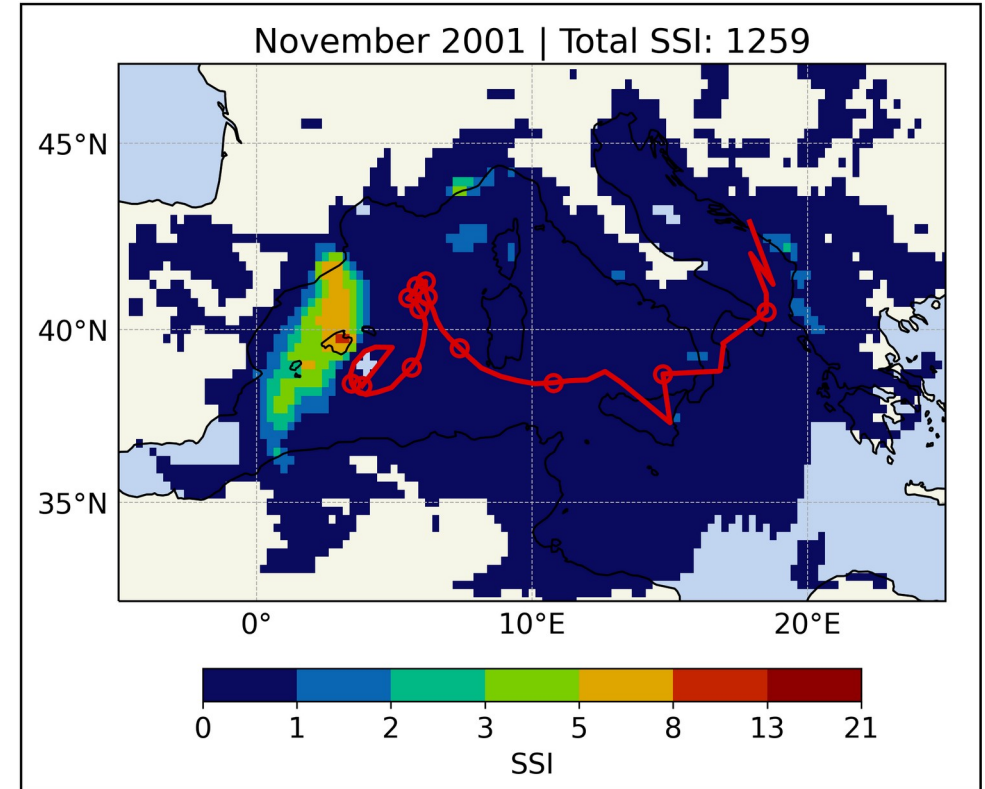


$$SSI_{inst} = \sum_k \max\left(0, \frac{v_k}{v_{98}} - 1\right)^3 A_k$$

$$\text{With } A_k = \frac{A_{gridpoint}}{A_{eq}}$$

A_{eq} is the area of a gridpoint at the equator

SSI → vent > seuil local

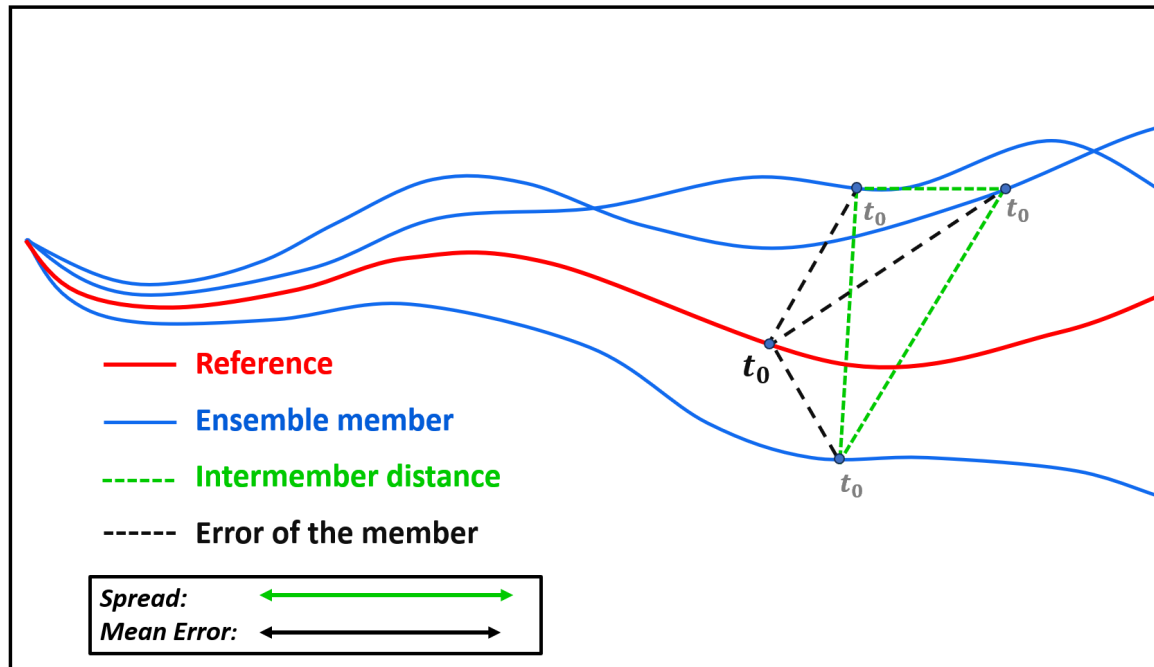


Rayon optimal = 1000 km

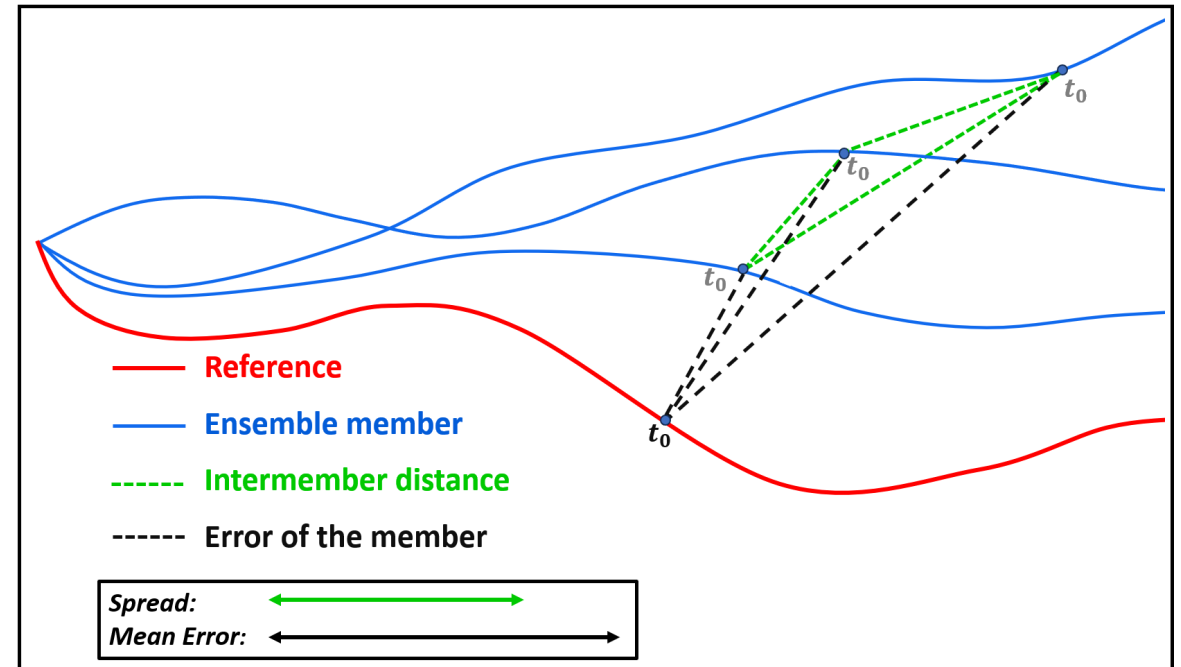
Collaboration University of Helsinki (Sep 2022)

→ Cornér et al. (2025)

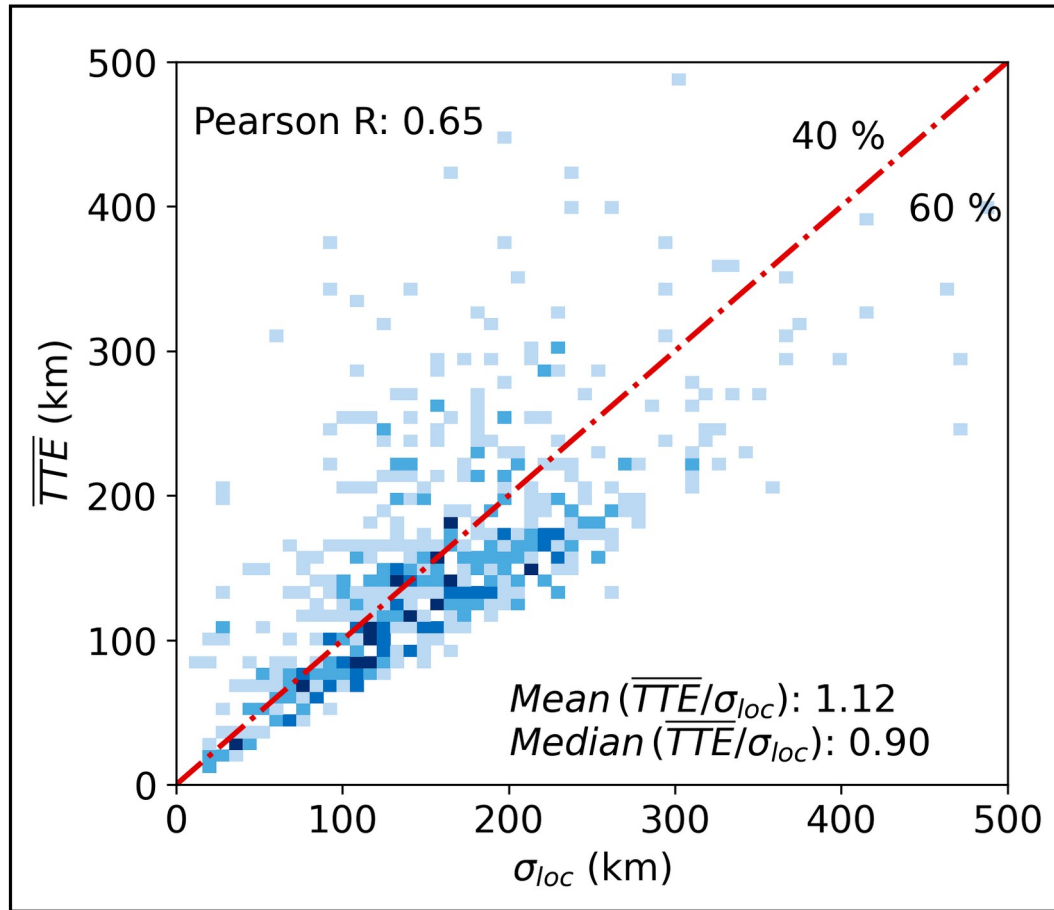
Fiable



Sous-dispersif



Ensemble fiable : **erreur moyenne ~ dispersion (ici : distance moyenne inter-membres)**



Erreur vs dispersion

pour les prévisions de position à 72 h d'échéance

\overline{TTE} = *Total Track Error* en moyenne sur tous les membres

Ensemble **légèrement sur-dispersif**

$\overline{TTE} < \text{dispersion}$

Certains cas sont **complètement manqués**

$\overline{TTE} \gg \text{dispersion}$

L'ensemble est plutôt fiable

Résultats comparables pour l'intensité

Croissance d'erreur de position

+40 km / jour jusqu'à 78 h d'échéance
+18 km / jour de 78 à 144 h d'échéance

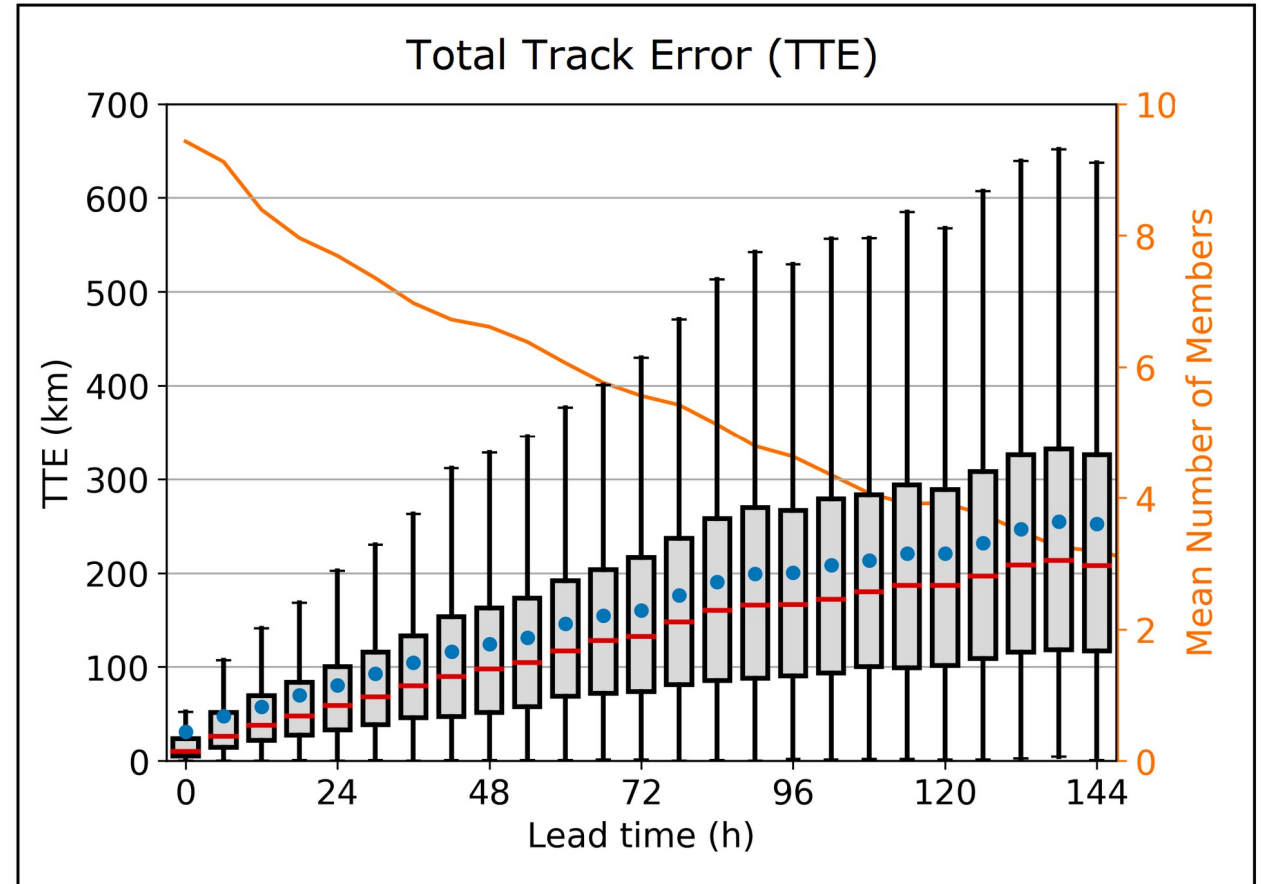
Faible biais MSLP -0.1 hPa / jour vs. ERA5
(non montré)

Dépressions un peu trop intenses en moyenne

Nombre moyen de membres

3/11 membres jusqu'à 6 jours d'échéance

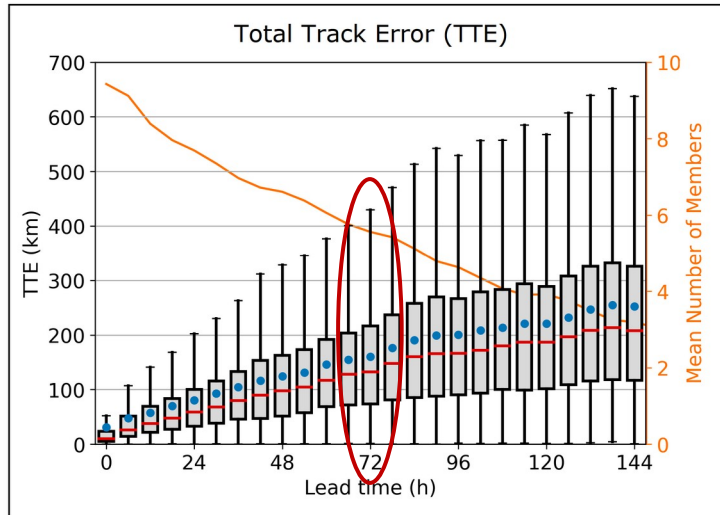
➔ limite pratique de prévisibilité au-delà ?



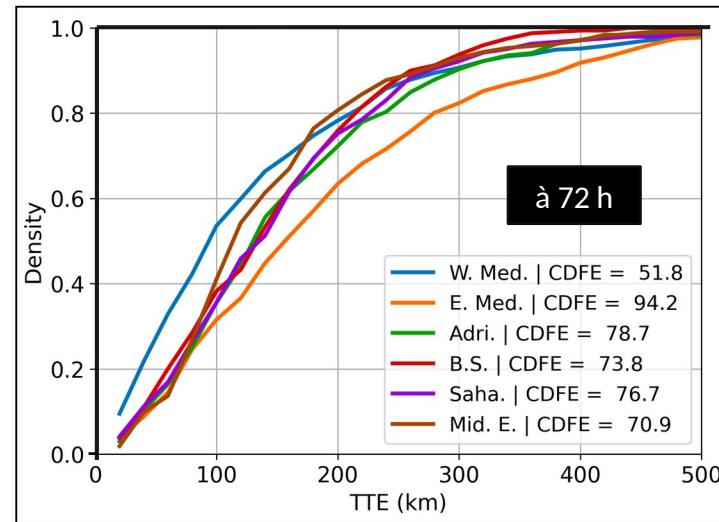
Distribution de la Total Track Error (km) en fonction de l'échéance (h)
médiane — et moyenne ●

Cumulative Density Function Error (CDFE)

Inspirée du Continuous Ranked Probability Score (CRPS)

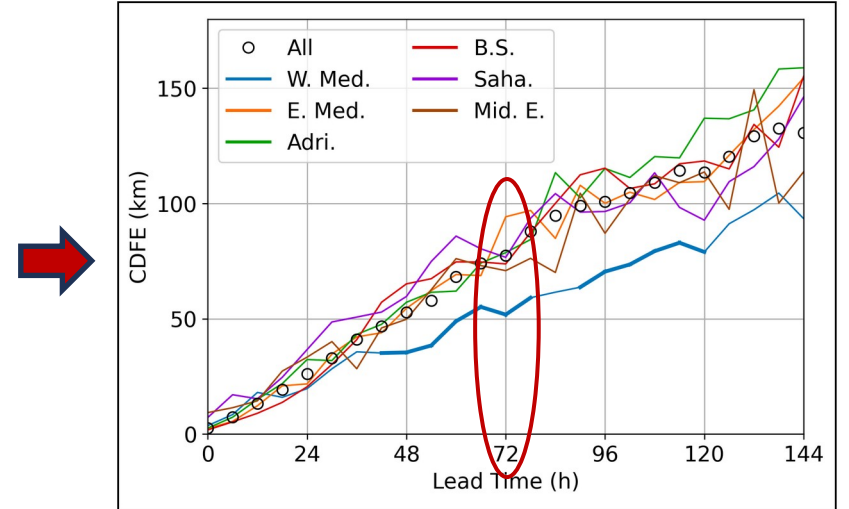


(1) distribution complète d'erreur pour une échéance définie



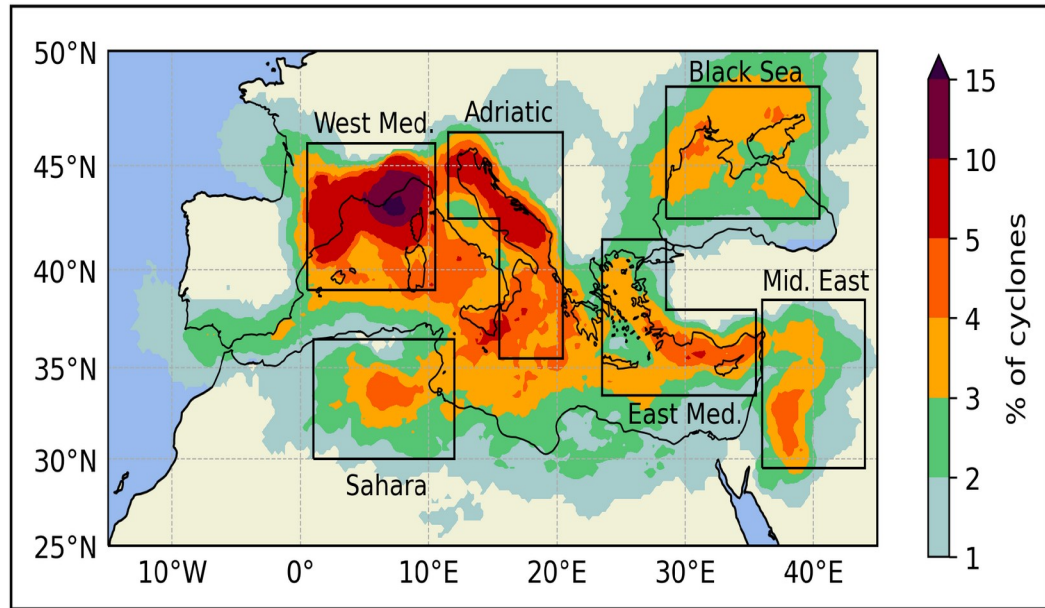
(2) calcul de la CDFE pour cette échéance

$$\text{CDFE}(F_\tau) = \int [F_\tau(x) - 1_{x \geq 0}]^2 dx$$



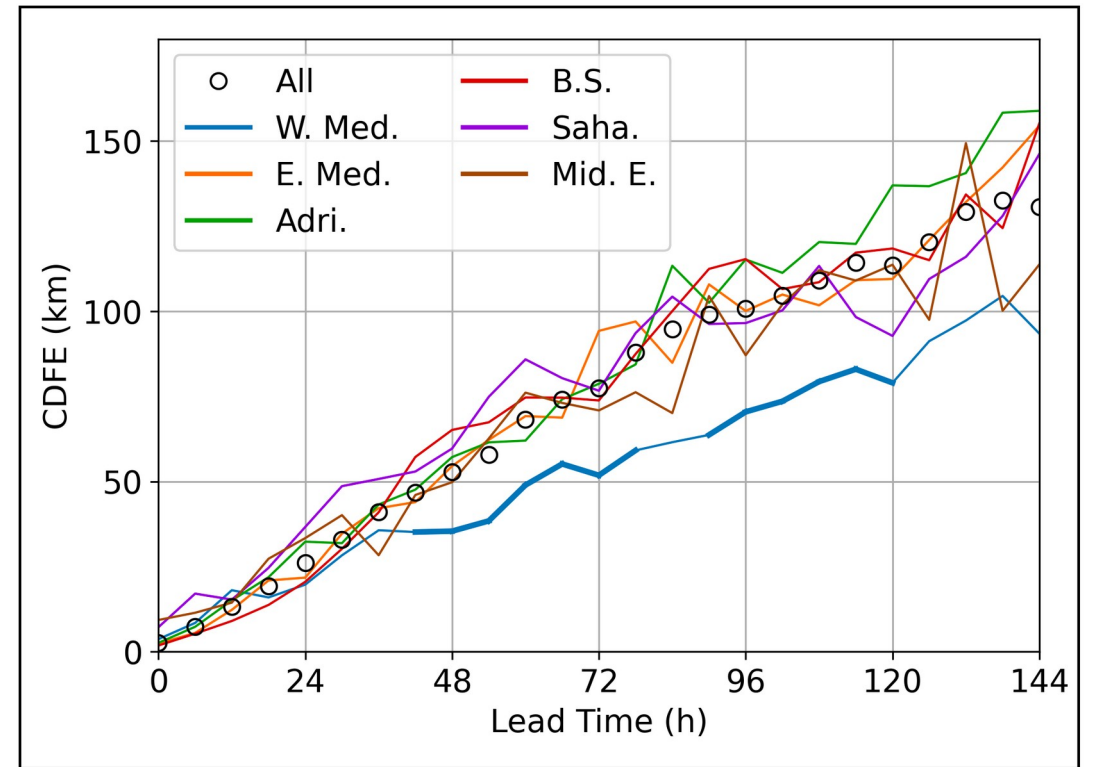
(3) une valeur par échéance

Résultat = même dimension que la variable d'origine (erreur de position ou d'intensité)



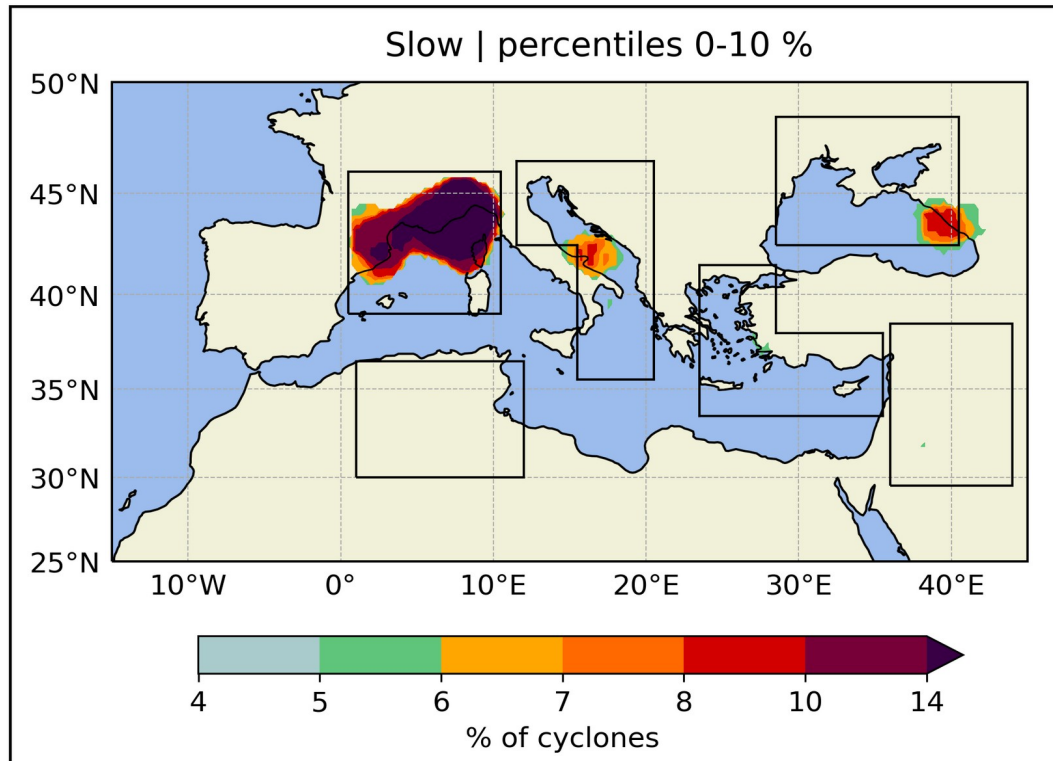
Distribution géographique de toutes les dépressions

Erreur de position particulièrement faible en Méditerranée Ouest



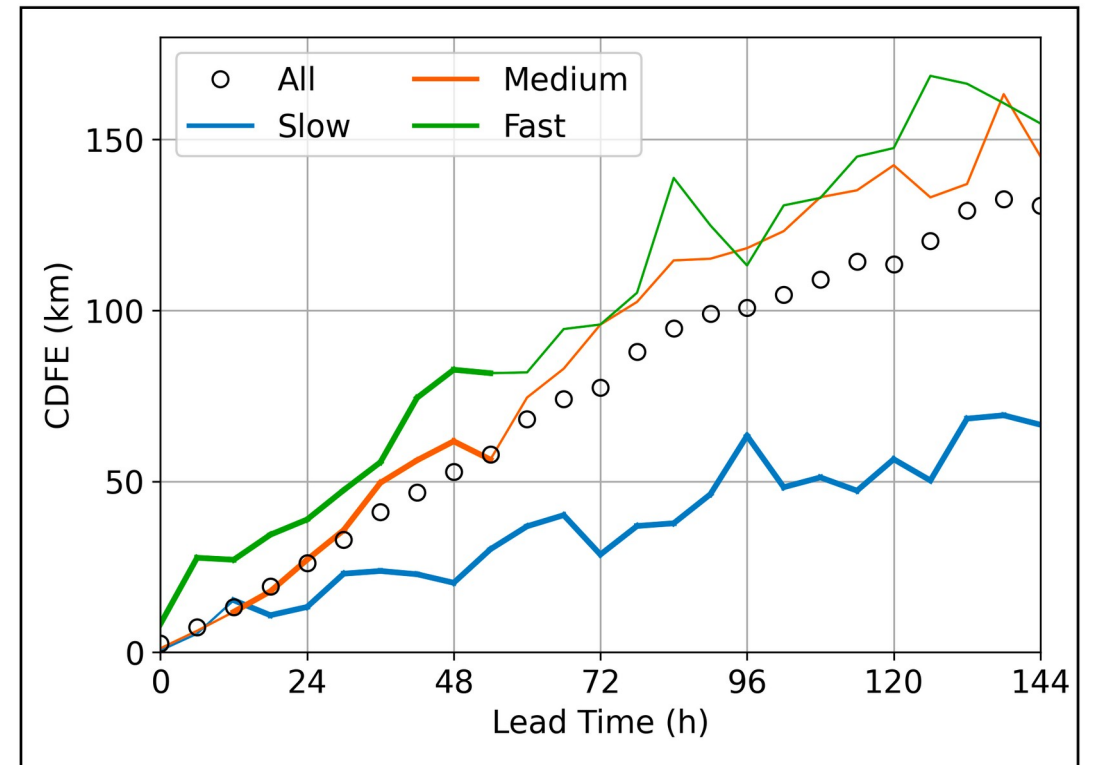
CDFE sur la position

Ligne épaisse si statistiquement significative

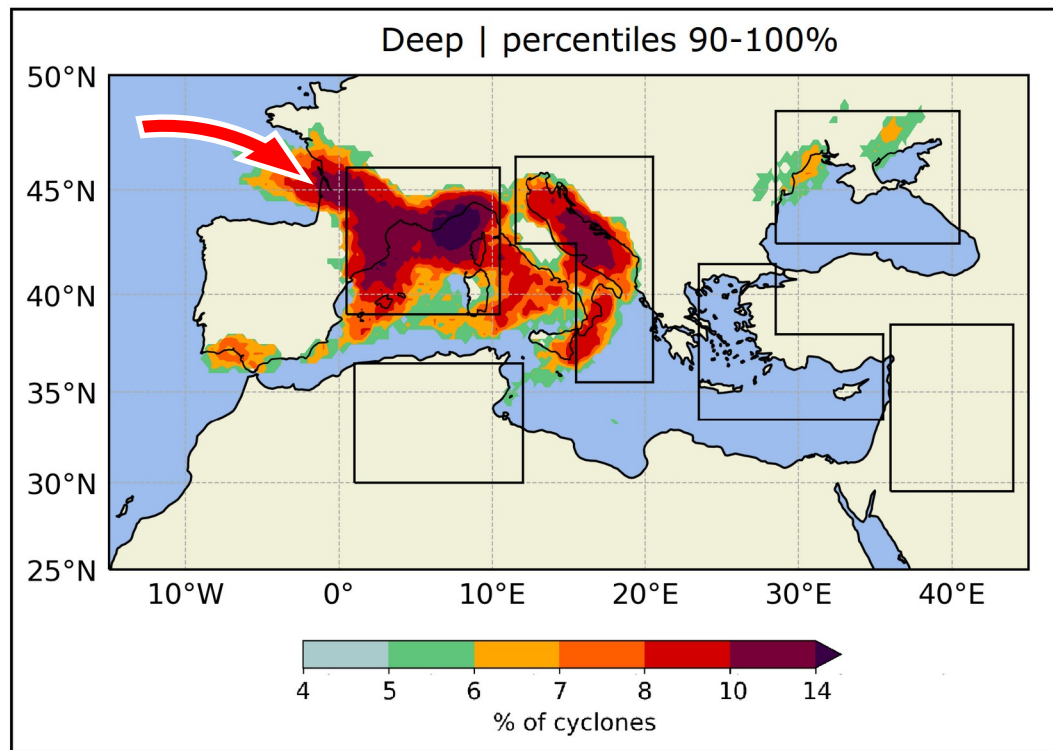


Distribution géographique des dépressions lentes

Erreur de position particulièrement faible
pour les dépressions lentes : majorité en Méd. Ouest

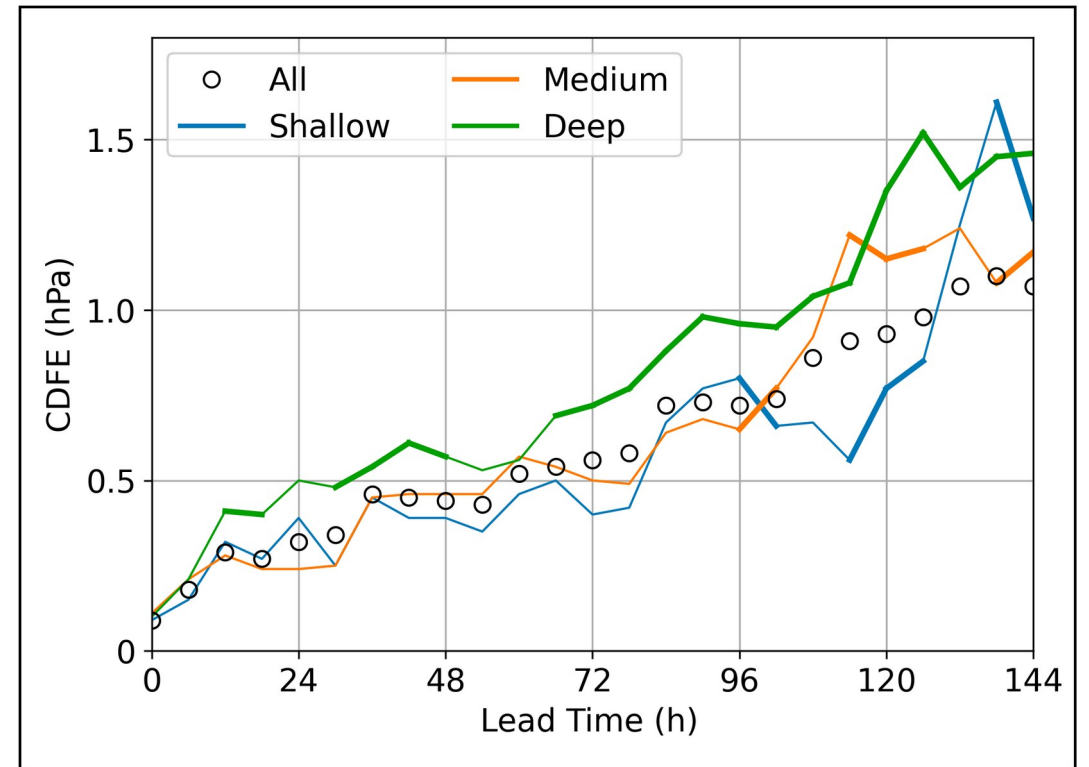


CDFE sur la position
Ligne épaisse si statistiquement significative



Distribution géographique des dépressions creusées

Erreur d'intensité particulièrement élevée pour les dépressions creusées : aussi en Méd. Ouest



CDFE sur l'intensité
Ligne épaisse si statistiquement significative

~2000 dépressions suivies dans ERA5 (référence) de 2001 à 2021

→ Contribution à l'intercomparaison d'algorithmes de Flaounas et al. (2023) <https://doi.org/10.5194/wcd-4-639-2023>

Impacts liés au vent estimés avec le Storm Severity Index (SSI) appliqué à la Méditerranée

→ comparaison aux dépressions Atlantique : Cornér et al. (2025) <https://doi.org/10.5194/nhess-25-207-2025>

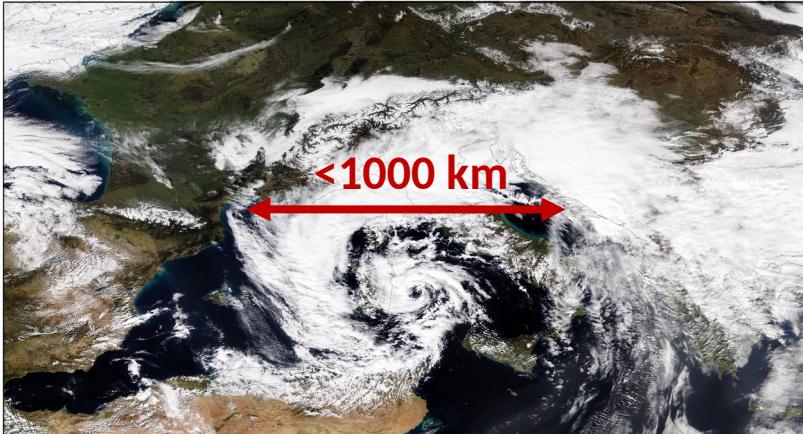
~2000 dépressions suivies dans l'ensemble rétrospectif (reforecast) IFS de 2001 à 2021

- ❑ Prévisibilité de la position très élevée pour les dépressions lentes, situées dans le Golfe de Gênes
→ **hypothèse** : l'orographie accroît la prévisibilité
- ❑ Prévisibilité de l'intensité basse pour les dépressions creusées, aussi situées dans le Golfe de Gênes
→ inclut les tempêtes hivernales et celles issues de l'Atlantique
- Signal contrasté dans le Golfe de Gênes
-

→ résultats publiés dans Doiteau et al. (2024) <https://doi.org/10.5194/wcd-5-1409-2024>

Perspectives : qu'est-ce qui détermine la prévisibilité d'une dépression méditerranéenne ?

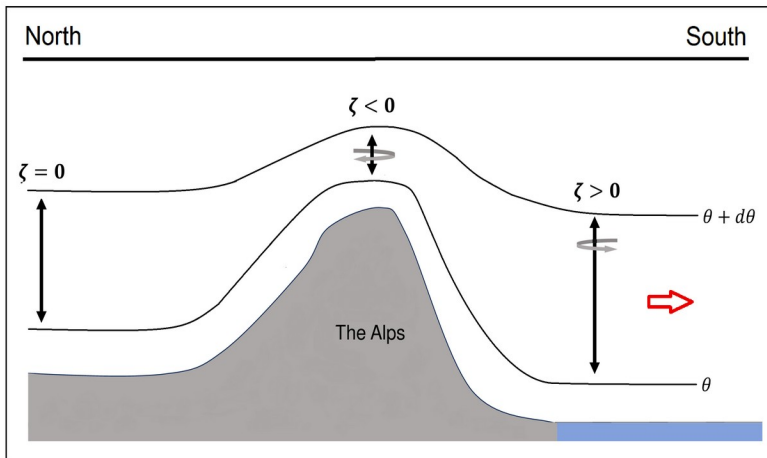
Petite taille < 1000 km



Dépression méditerranéenne Juliette (mars 2023)

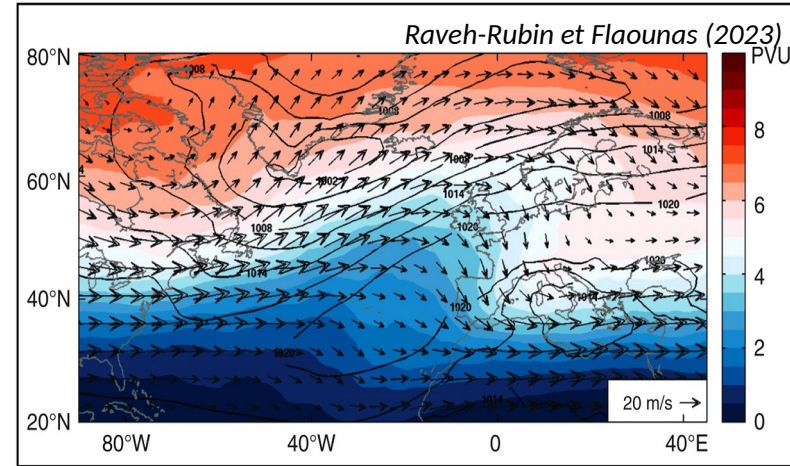
OK

Influence orographique

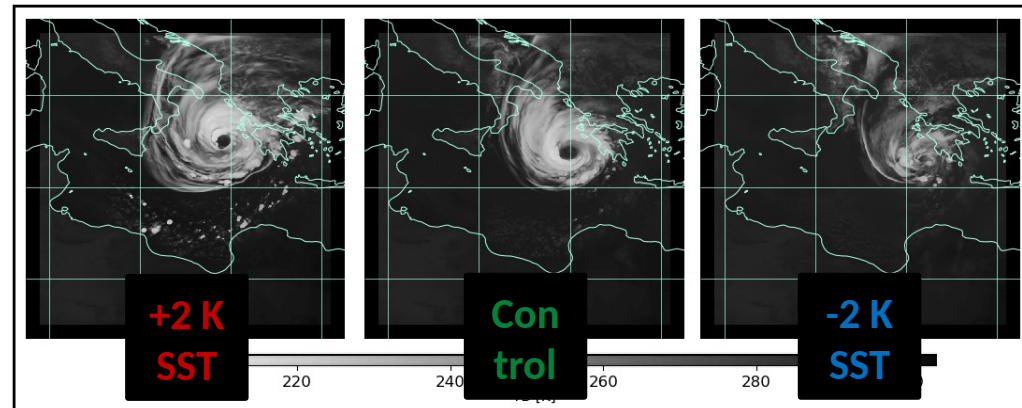


OK

Interaction barocline avec une onde de Rossby Atlantique



Renforcement **diabatique** sur la mer chaude
Cas extrême : medicanes = Mediterranean hurricane



Sanchez et al., (2024)