HAL open science

Interaction d'un cyclone tropical avec une onde de Rossby planétaire

Florian Pantillon, Jean-Pierre Chaboureau, Christine Lac, Patrick Mascart

To cite this version:

Florian Pantillon, Jean-Pierre Chaboureau, Christine Lac, Patrick Mascart. Interaction d'un cyclone tropical avec une onde de Rossby planétaire. CFM 2011 - 20ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2011, Besançon, France. hal-03421448

HAL Id: hal-03421448

https://hal.science/hal-03421448v1

Submitted on 9 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Interaction d'un cyclone tropical avec une onde de Rossby planétaire

F. Pantillon[a], J.-P. Chaboureau[a], C. Lac[b], P. Mascart[a]

a. *Laboratoire d'Aérologie, Université de Toulouse et CNRS, Toulouse*
b. *Centre National de Recherches Météorologiques, Météo-France et CNRS, Toulouse*

Résumé :

La migration d'un cyclone tropical aux moyennes latitudes est un problème récurrent pour les modèles de prévision du temps. En particulier, l'interaction entre un cyclone tropical et une onde de Rossby planétaire réduit la prévisibilité en aval. Une simulation numérique avec le modèle atmosphérique Méso-NH reproduit cette interaction grâce à sa résolution kilométrique étendue à une domaine semi-hémisphérique. Cette résolution élevée permet de décrire explicitement les phénomènes fortement diabatiques associés à la convection du cyclone.

Abstract :

The migration of a tropical cyclone into the midlatitudes is a recurring problem in the domain of weather forecasting. In particular, the interaction between a tropical cyclone and a planetary Rossby wave lowers the downstream predictability. A numerical simulation with the atmospheric model Meso-NH reproduces this interaction thanks to its kilometre resolution on a semi-hemispheric domain. This high resolution allows an explicit description of strong diabatic effects related to the cyclone convection.

Mots clefs : transition extra-tropicale ; modélisation haute-résolution ; prévisibilité

1 Introduction

Dans l'Atlantique Nord, près de la moitié des cyclones tropicaux se transforment en dépressions extra-tropicales à la fin de leur cycle de vie. Au cours de cette tranformation, appelée transition extra-tropicale, un cyclone interagit avec la zone barocline caractéristique des moyennes latitudes. Cette interaction, qui influence à la fois l'évolution du cyclone et celle de la circulation atmosphérique de grande échelle, peut être étudiée en termes de tourbillon potentiel [1].

Si le cyclone interagit avec une onde de Rossby planétaire au cours de sa transition extra-tropicale, la perturbation résultante de l'onde va rapidement se propager en aval. Des simulations idéalisées [4] mettent en évidence la cyclogénèse pouvant être induite par la perturbation de l'onde en aval. Une anomalie dans la modélisation de l'interaction se propage également et mène à une diminution de prévisibilité en aval [2].

2 Transition extra-tropicale du cyclone Hélène

On s'intéresse à la transition extra-tropicale du cyclone Hélène en septembre 2006. A la fin de son cycle de vie tropical, le cyclone s'approche de l'onde de Rossby d'Atlantique Nord, avec laquelle il commence à interagir le 22 septembre. Il connaît une phase de creusement de 3 jours, après laquelle il se comble rapidement (figure 1 à droite). Nous modélisons cette interaction avec le modèle atmosphérique non-hydrostatique de méso-échelle Méso-NH, développé conjointement par le Centre National de Recherches Météorologiques et le Laboratoire d'Aérologie.

Les simulations sont initialisées le 22 septembre à 00 UTC à partir de l'analyse du Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMMT). Les simulations utilisent 72 niveaux

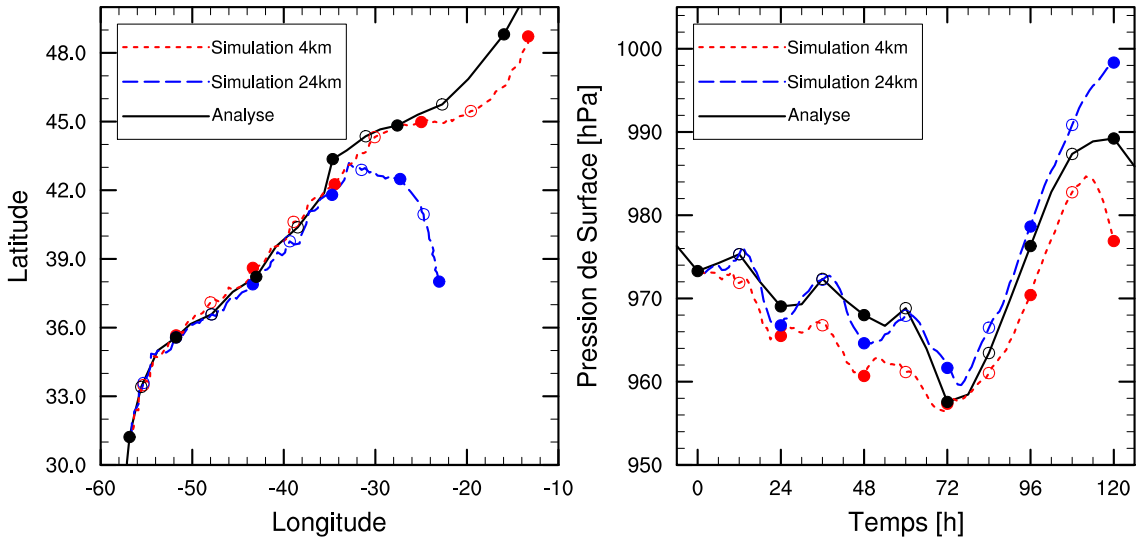

FIG. 1 – Position (gauche) et creusement (droite) du cyclone Hélène du 22 au 27 septembre 2006. Cercles pleins à 00 UTC et creux à 12 UTC

verticaux, sur le domaine de la figure 2. Les mêmes analyses CEPMMT sont utilisées comme couplage latéral pendant les 5 jours de simulation.

Une première simulation à basse résolution avec une maille de 24km (grille 512x320) utilise une paramétrisation de la convection sous-maille. Une seconde simulation à haute-résolution avec une maille de 4km (grille 3072x1920) décrit explicitement les mouvements convectifs. Les effets diabatiques associés à la convection du cyclone jouent un rôle clé dans l'interaction avec l'onde de Rossby [1]. On étudie ici l'impact de cette résolution sur la modélisation de la transition extra-tropicale.

Les deux simulations reproduisent la phase de creusement de 3 jours suivie d'une phase de comblement du cyclone (figure 1 à droite). Au cours de la première phase, 3 cycles diurnes d'intensification sont clairement visibles. L'impact de la résolution est double : d'une part, la convection explicite mène à un cyclone plus creusé après trois jours ; d'autre part, la convection paramétrée montre une plus forte amplitude des cycles d'intensification.

On explique ces trois cycles par l'interaction du cyclone avec l'onde de Rossby : trois thalwegs d'altitude (descentes d'air troposphérique) issus de l'onde s'étirent puis s'enroulent successivement autour du cyclone. Ces enroulements amènent une anomalie de tourbillon potentiel d'altitude en amont du cyclone, situation favorable à son intensification [3]. La figure 2 illustre le deuxième enroulement à t+48h correspondant au deuxième cycle d'intensification.

La différence entre les simulations est encore plus flagrante sur la trajectoire du cyclone (figure 1 à gauche) : à haute résolution, le cylone suit la trajectoire donnée par l'analyse, alors qu'à basse résolution, il bifurque vers le sud à t+78h. Cette bifurcation survient à la fin de la phase d'intensification.

La figure 3 compare les simulations à t+78h. Le troisième thalweg d'altitude s'enroule de manière cyclonique, et des filaments de tourbillon potentiel issus des enroulements précédents sont encore présents. Dans la simulation à haute résolution (au centre), le thalweg est incliné du nord-ouest vers le sud-est, et est attaché à l'onde, restée en amont du cyclone. Dans la simulation à basse résolution (à droite), le thalweg est incliné du nord-est vers le sud-ouest, et est détaché de l'onde, passée en aval du cyclone. On estime que ces différences de configuration sont responsables des différences de trajectoires du cyclone.

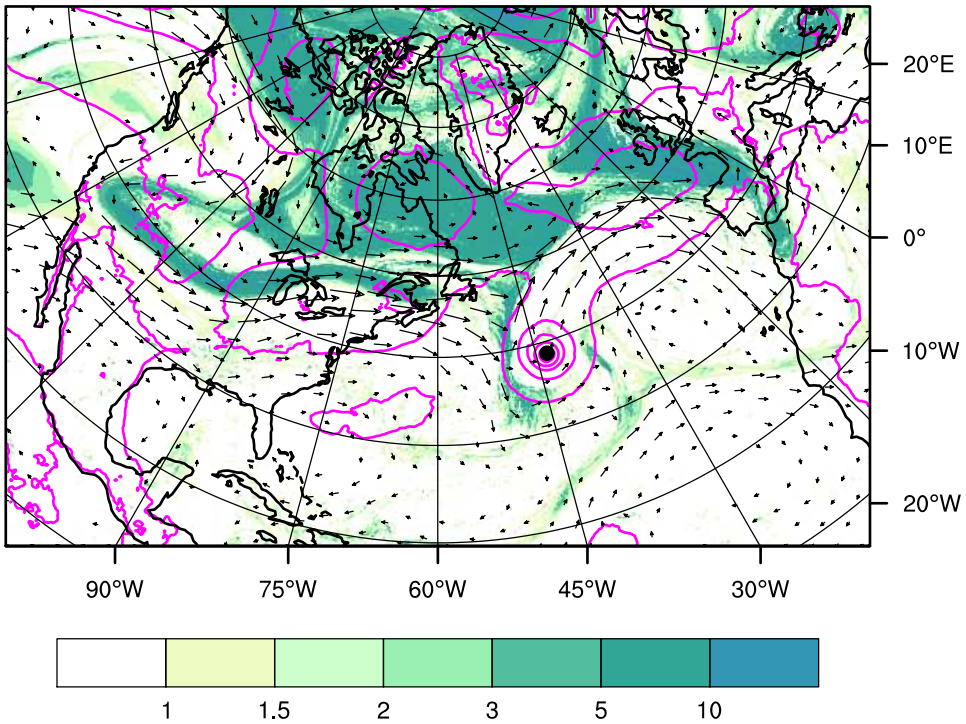

Fig. 2 – Simulation à haute résolution à t+48h. Tourbillon potentiel à 250hPa (surfaces colorées, pvu), vent à 250hPa (vecteurs, module supérieur à 10 m/s) et pression de surface (contours magenta, chaque 10hPa). Le point noir vers 45 ° W indique la position du cyclone Hélène.

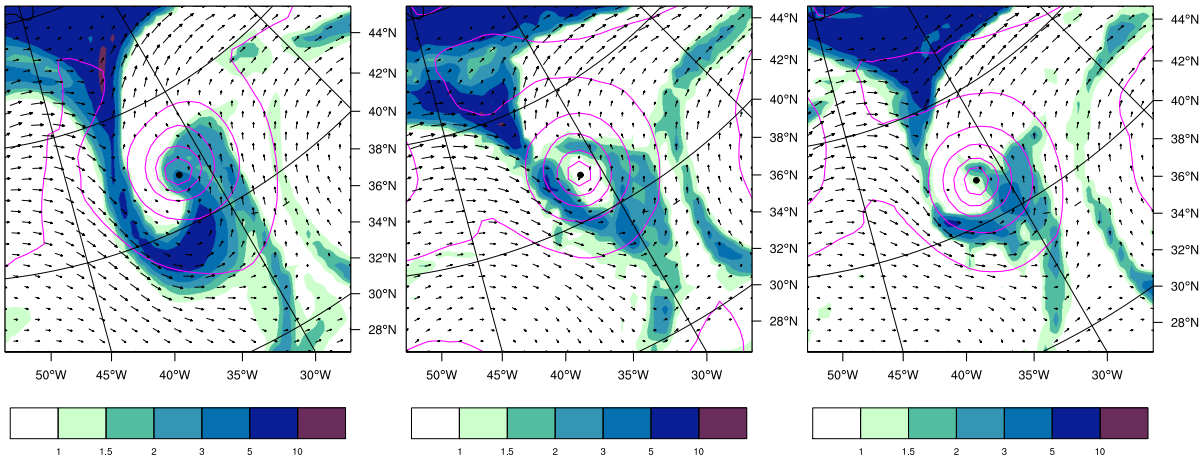

Fig. 3 – Analyse CEPMMT (gauche), simulations à haute (centre) et à basse résolution (droite) à t+78h. Champs comme sur la figure 2, centrés sur le cyclone (point noir). La résolution est dégradée à 96km pour faciliter la comparaison.

3 Propagation de la perturbation de l'onde de Rossby

Un diagramme de Hovmoeller (figure 4 à gauche) montre la propagation de l'onde de Rossby au cours de la simulation. La vitesse zonale du cyclone est très vite verrouillée avec la vitesse de phase de l'onde, d'environ 10 ° par jour, dirigée vers l'est mais rétrograde par rapport au flux. La vitesse de groupe de l'onde est plus élevée, prograde et estimée ici par les maxima d'amplitude à 40 ° par jour. Elle propage rapidement les perturbations de l'onde en aval, et donc aussi les erreurs du modèle.

Un premier train d'onde bien visible se propage depuis 60 ° W avant l'arrivée du cyclone. Il mène à l'étirement d'un thalweg en aval, dont l'extrémité se trouve vers 15 ° E à t+96h. Sa position en amont d'une dépression de surface est responsable du développement d'une tempête en Méditerranée.

L'interaction avec la circulation d'altitude du cyclone, visible vers 40 ° W sur la figure 2, influence l'évolution de l'onde. Le vent divergent lié à la convection du cyclone advecte de l'air à faible tourbillon potentiel vers la dorsale en aval et contribue à son gonflement [4]. Un gonflement sous-estimé dans les deux simulations se propage en aval, menant à une sous-estimation de l'étirement du thalweg en Méditerranée (figure 4 à droite). En conséquence, aucune des simulations ne reproduit le développement de la tempête à t+96h.

Un deuxième train d'ondes se propage depuis 120 ° W, issu du déferlement d'une onde de Rossby dans les premières heures de simulation. Il se traduit par une inflexion du vent d'altitude à t+48h, située à 90 ° W sur la figure 2. Cette inflexion conduit à une cyclogénèse par interaction barocline dans la région des Grands Lacs. La propagation du train d'onde aboutit finalement à l'étirement du thalweg d'altitude en amont du cyclone Hélène, responsable du troisième cycle d'intensification du cyclone.

Les deux simulations sous-estiment l'inflexion du vent d'altitude à t+48h. La cyclogénèse par interaction barocline sur les grands lacs a bien lieu mais est décalée vers l'est (figure 4 à droite). Cette erreur de simulation se propage en aval et est responsable des différentes positions du thalweg d'altitude à t+78h que l'on associe aux différentes trajectoires du cyclone Hélène.

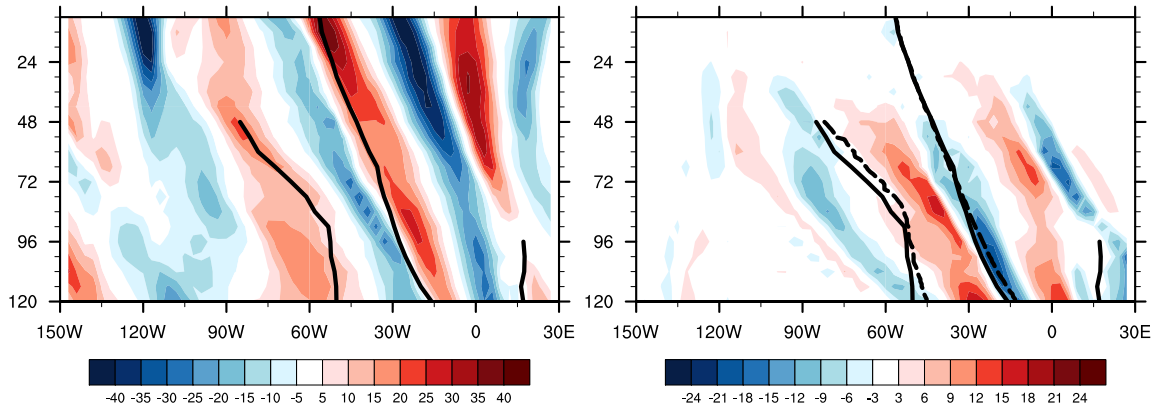

Fig. 4 – Diagrammes de Hovmoeller temps-longitude : vent méridien à 250hPa en m/s, moyenné entre 35 ° N et 55 ° N. Analyse CEPMMT (gauche) et différence entre la simulation à haute résolution et l'analyse (droite). Les traits épais marquent la longitude de la dépression des Grands Lacs, du cyclone Hélène et de la tempête en Méditerranée, dans l'analyse (traits continus) et la simulation (traits discontinus). La simulation à basse résolution présente les mêmes caractéristiques.

4 Conclusions

On a montré la modification de deux structures d'échelles différentes induite par leur interaction, un cyclone tropical et une onde de Rossby planétaire. Trois enroulements successifs de thalwegs d'altitude issus de l'onde induisent trois creusements successifs du cylone. Dans une simulation à haute résolution, le troisième enroulement dirige le cyclone vers le nord-est, conformément à l'analyse ; dans une simulation à basse résolution par contre, le cyclone suit une trajectoire erronée vers le sud-ouest.

Les erreurs de modélisation au moment de la bifurcation des trajectoires prennent leur origine en amont du cyclone, et se propagent rapidement avec la vitesse de groupe de l'onde de Rossby. De même, des erreurs dans la modélisation de la convection du cyclone se propagent en aval et sont responsables d'une perte de prévisibilité en Méditerranée.

Remerciements

Ces simulations sur grandes grilles ont pu être réalisées grâce aux ressources de calcul parallèle intensif du Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur (CINES) mises à disposition par le Grand Equipement National de Calcul Intensif (GENCI).

Références

[1] Agustì-Panareda, Thorncroft, C., Craig, G.C., A., Gray, S.L. 2004 The extratropical transition of hurricane Irene (1999) : A potential-vorticity perspective *Q. J. R. Met. Soc.* **130** 1047-1074

[2] Anwender, D., Harr, P.A., Jones, S.C. 2008 Predictability associated with the downstream impact of the extratropical transition of tropical cyclones : Case studies *Mon. Wea. Rev.* **136** 3226-3247

[3] Hoskins, B.J., McIntyre, M.E., Robertson, A.W. 1985 On the use and significance of isentropic potential vorticity maps *Q. J. R. Met. Soc.* **111** 877-946

[4] Riemer, M., Jones, S.C. 2010 The downstream impact of tropical cyclones on a developing baroclinic wave in idealized scenarios of extratropical transition *Q. J. R. Met. Soc.* **136** 617-637