

Modélisation idéalisée d'événements méditerranéens de pluie intense Une avancée dans la compréhension des épisodes de pluie intense en Languedoc

Céline de Saint-Aubin*, IENM
2005/2008

(Stage d'approfondissement réalisé
au CNRM sous la direction de D. Ricard
et de V. Ducrocq).

1-INTRODUCTION

Le Sud-Est de la France est régulièrement soumis à des pluies diluviennes engendrées par des systèmes convectifs de mésoéchelle. Ces derniers demeurent parfois stationnaires pen-

dant plusieurs heures, déversant des quantités de précipitations exceptionnelles sur une zone géographique réduite. Les éléments précurseurs de la formation de ces systèmes fortement précipitants sont relativement bien connus à ce jour. Parmi eux, on peut citer un environnement synoptique évoluant lentement, de l'instabilité convective conditionnelle, une alimentation en air humide dans les basses couches, etc. Par contre, comprendre comment ces éléments se combinent et interagissent pour produire des systèmes plus ou moins précipitants à des points d'ancrage différents est encore une question ouverte et à forts enjeux. Ainsi, l'objectif de ce travail est de contribuer à une meilleure compréhension des systèmes convectifs responsables d'épisodes de pluie intense dans la région Sud-Est.

Des simulations à haute résolution (2,4 km) ont été réalisées afin de mettre en évidence les liens entre les conditions atmosphériques, le relief et la formation des systèmes fortement précipitants stationnaires. Ces simulations ont été réalisées avec le modèle

non-hydrostatique Mésos-NH dans un cadre idéalisé qui reproduit des conditions favorables à la mise en place de systèmes précipitants quasi-stationnaires. Pour ce cadre idéalisé, nous avons voulu garder la composante topographique forte de cette région (mer Méditerranée entourée de reliefs) et décrire de façon simplifiée les conditions atmosphériques en gardant les caractéristiques principales de l'écoulement. Lors des événements précipitants sur la région cévenole, les études de cas passés (Ricard, 2002 ; Nuissier et al. 2008 ; Ducrocq et al., 2008 ; Lebeau et al., 2006) et la climatologie à méso-échelle réalisée par Ricard et al. (2007) mettent tous en évidence la présence d'un flux de basses couches humide conditionnellement instable de composante sud-sud-est venant buter sur les Cévennes. C'est cette caractéristique que nous avons cherché à recréer dans les simulations idéalisées.

2-LA SIMULATION DE RÉFÉRENCE

Dans une première simulation de référence, nous avons reproduit l'environnement conditionnellement instable favorable à la formation de systèmes quasi-stationnaires identifié dans les études citées ci-dessus (simulation « CTRL » : jet de sud-sud-est à 20 m/s, relief réel). Dans ces conditions, notre simulation de référence qui simule un système convectif multicellulaire fortement précipitant s'étendant depuis le Golfe du Lion jusqu'à la Lozère, devient quasi-stationnaire après dix heures de simulation. L'analyse de cette expérience de référence a permis d'identifier une phase transitoire de formation du système précipitant pendant laquelle c'est le forçage orographique qui déclenche la convection profonde sur le Massif Central. Puis, une plage froide sous orage se forme et vient repousser le système précipitant sur les plaines du Gard [figure 1 (b)]. Les mécanismes de générations des cellules convectives s'en trouvent modifiés. Le système convectif précipitant entre alors dans sa phase de stationnarité caractérisée

par un renouvellement continu des cellules convectives qui le composent. La stationnarité du système donne lieu à des cumuls dépassant localement 400 mm en 24 heures [figure 1 (a)]. En amont du flux, ce sont les convergences de basses couches qui produisent le soulèvement nécessaire à la formation des cellules tandis que vers l'aval, le forçage par la plage froide vient renforcer la convergence. Pendant cette phase stationnaire, un soulèvement dû au relief est toujours perceptible, mais il est moins important qu'en début de simulation, le flux incident étant ralenti en amont par le système convectif et la plage froide.

Afin d'approfondir la compréhension des mécanismes entrant en jeu dans la formation et le maintien des systèmes convectifs de méso-échelle, une étude de sensibilité à différentes caractéristiques de l'environnement des systèmes a ensuite été conduite.

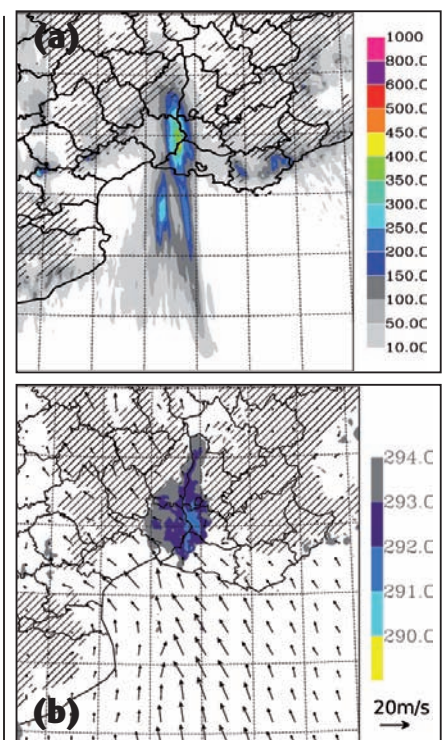


Fig. 1 - Expérience de référence : (a) cumul de précipitations au sol entre 24 et 48 heures de simulation (mm - plages de couleurs) et (b) Température potentielle virtuelle θ_v (plage froide en K) à 36 m au-dessus du sol à 48 heures. Le relief supérieur à 500 m est hachuré.

*Céline de Saint-Aubin travaille désormais au SCHAPI dans l'équipe du Pôle Modélisation et Hydrologie Opérationnelle

3-IMPACT DE LA VITESSE DU FLUX

Dans un premier temps, nous avons souhaité évaluer l'impact de la rapidité du flux de sud-sud-est imposé dans l'état initial. Ce paramètre s'est avéré être déterminant pour la localisation du système et l'existence d'une plage froide. Ainsi, plus le vent imposé est faible, plus le système est situé en amont du relief du Massif Central. Par ailleurs, les flux rapides ont tendance à amplifier les processus d'évaporation de la mer et donc à saturer davantage les basses couches de l'atmosphère. Ces basses couches très humides limitent le maintien et compromettent même la formation de la plage froide sous orage dans les simulations à flux intense. Une autre justification peut être avancée pour expliquer l'absence de plage froide : les flux rapides mélangent plus efficacement les zones refroidies avec l'air doux environnant ; dans ces conditions, l'air froid ne parvient pas à s'accumuler pour former une plage froide. Les mécanismes de forçage de la convection diffèrent eux aussi suivant la vitesse du flux. Dans le cas des flux lents, les cellules convectives sont principalement produites par les convergences de très basses couches et par le forçage exercé par la plage froide. Les flux plus rapides et humides sont plus favorables au franchissement des reliefs ; ils représentent une réserve d'énergie cinétique horizontale facilement convertible en ascendances, par effet de soulèvement orographique. Ainsi, avec moins d'évaporation, des basses couches plus humides et un forçage vertical stationnaire au niveau des reliefs, les flux rapides sont ceux qui produisent les plus forts cumuls de précipitation [figure 2].

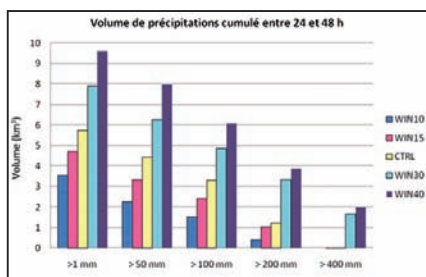


Fig. 2 - Volume (km³) des précipitations cumulées entre 24 et 48 heures par seuils (1, 50, 100, 200 et 400 mm) pour les expériences WIN10, WIN15, CTRL, WIN30, WIN40 (les deux chiffres indiquent la vitesse du flux ; pour CTRL la vitesse du flux est de 20 m/s).

4-IMPACT DE L'ORIENTATION DU FLUX

En changeant l'orientation du flux rapide, le système convectif précipitant et la plage froide ne sont pas localisés au même endroit par rapport à l'expérience de référence [figure 3 (a)]. Par contre, les mécanismes de formation et de renouvellement du système convectif quasi-stationnaire sont inchangés. On distingue toutefois quelques nuances au niveau des volumes de précipitations recueillis [figure 3 (b)], signe que les extrema de précipitations sont particulièrement sensibles à chacun des paramètres environnementaux.

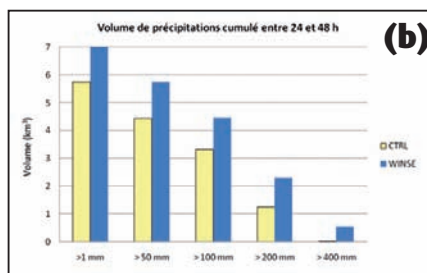
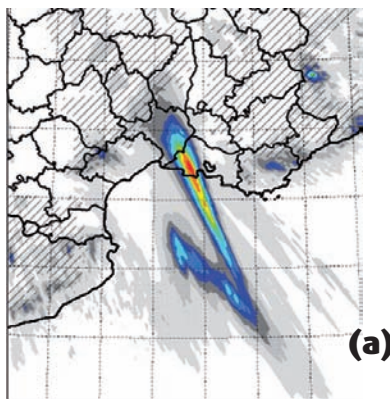


Fig. 3 - (a) Cumul de précipitation au sol (mm) entre 24 et 48 heures de simulation pour l'expérience WINSE (le relief supérieur à 500 m est hachuré) et (b) volume (km³) des précipitations cumulées entre 24 et 48 heures par seuils (1, 50, 100, 200 et 400 mm) pour l'expérience de référence CTRL (flux de sud-sud-est) et l'expérience WINSE (flux sud-est).

5-IMPACT DES RELIEFS

Nous nous sommes ensuite intéressés aux effets des reliefs sur le flux et sur le système formé en supprimant tour à tour dans nos simulations chacun des massifs inclus dans notre domaine d'étude. Dans toutes les simulations réalisées, les systèmes précipitants générés devenaient quasi-stationnaires, caractéristique qui n'était pas évidente a priori. Par ailleurs, ces expériences nous ont permis de mettre en évidence les effets de contournement des Alpes et, dans une moindre mesure, le contournement des Pyrénées. Ainsi, la déviation du flux de sud-sud-

est par les Alpes amplifie les convergences en amont. L'effet des Pyrénées est opposé puisqu'elles ont tendance à limiter la convergence du flux. Le Massif Central joue, quant à lui, un rôle de blocage de la plage froide. Les effets cités justifient les différences au niveau des cumuls de précipitations simulés [figure 4].

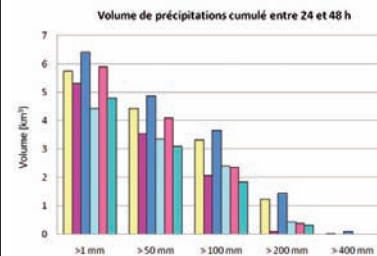


Fig. 4 - Volume (km³) des précipitations cumulées entre 24 et 48 heures par seuils (1, 50, 100, 200 et 400 mm) pour les expériences ALP (sans les Alpes), PYREN (sans les Pyrénées), ALPYR (sans les Alpes ni les Pyrénées), MASC (sans le Massif Central), et FLAT (sans aucun relief).

6-IMPACT DE L'HUMIDITÉ DE L'ENVIRONNEMENT

Enfin, nous avons souhaité évaluer la sensibilité du système à l'humidité de l'environnement. Il est apparu que ce paramètre influence à la fois l'intensité et la localisation du système. En effet, un environnement plus sec favorise une plage intense et étendue qui exerce une contrainte sur le système en amont du flux. Cette plage froide entretient un forçage particulièrement efficace qui se conclut par des cumuls de précipitations plus élevés [figure 5]. D'autre part, un environnement uniformément humide limite la formation de la plage froide mais fournit l'alimentation en vapeur d'eau favorable à la production de cumuls élevés de précipitations.

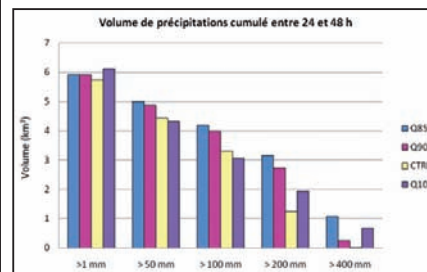
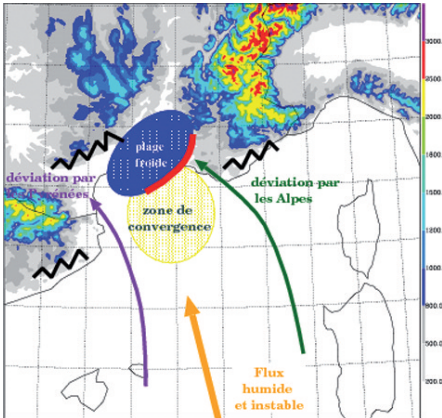


Fig. 5 - Volume (km³) des précipitations cumulées entre 24 et 48 heures par seuils (1, 50, 100, 200 et 400 mm) pour des expériences Q85 (maximum d'assèchement de l'environnement), Q90 (assèchement moyen), CTRL (référence, humide), Q100 (distribution d'humidité homogène horizontalement - très humide).

7-CONCLUSION

La localisation et l'intensité des systèmes précipitants quasi-stationnaires méditerranéens sont donc particulièrement sensibles aux conditions environnementales (vitesse et orientation du flux incident, distribution horizontale de vapeur d'eau et topographie de la région) dans lesquelles ils se forment et évoluent. Par ailleurs, nos simulations ont montré que certains mécanismes essentiels sont récurrents et se combinent pour expliquer la localisation et l'intensité des précipitations : le forçage par la plage froide ou par l'orographie, les convergen-



ces de basses couches et les effets de contournements des reliefs [figure 6]. Selon les caractéristiques de l'environnement, certains de ces mécanismes deviennent prépondérants ou sont absents.

Cette étude s'inscrit dans le contexte des travaux préparatoires à une campagne multidisciplinaire internationale de mesure sur le cycle de l'eau en Méditerranée, HyMeX (Hydrological cycle in Mediterranean eXperiment, <http://www.cnrm.meteo.fr/hymex/>) programmée pour 2011-2012.

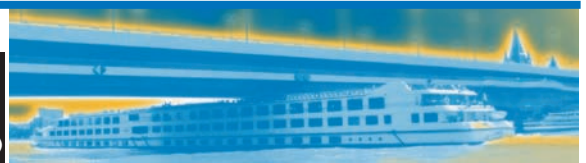
Références

- Ricard D., 2002. Initialisation et assimilation de données à méso-échelle pour la prévision à haute résolution des pluies intenses de la région Cévennes-Vivarais. Thèse de l'Université Paul Sabatier – Toulouse III.
- Nuissier O., Ducrocq V., Ricard D., Lebeaupin C. et Anquetin S., 2008. A numerical study of three catastrophic precipitating events over southern France. Part I : a numerical framework and synoptic ingredients. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 134, N° 630, p. 111-130.
- Ducrocq V., Nuissier O., Ricard D., Lebeaupin C. et Thouvenin T., 2008. A numerical study of three catastrophic precipitating events over southern France. Part II ; mesoscale triggering and stationarity factors. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 2008, 134, N° 630, p. 131-145.
- Lebeaupin C., Ducrocq V. et Giordani H., 2006. Sensivity of mediterranean torrential rain events to the sea surface temperature based on high-resolution numerical forecasts. J. Geophys. Res., 111, N° D12, 1211010.1029/2005JD006541.
- Ricard D., Ducrocq V., Bresson R. et Auger L., 2007. Mesoscale environment associated with mediterranean heavy precipitating events, 12th Conference on Mesoscale Processes, 6-9 August 2007, Waterville Valley, NH.

Fig. 6 - Schéma conceptuel indiquant les différents forçages des systèmes convectifs quasi-stationnaires de méso-échelle. Les lignes brisées correspondent au forçage orographique.

Le beau Danube bleu

L'Europe
notre bateau
(d'après
une photo
de Jean Caniot)



Sous la houlette de notre organisateur, Michel Maubouché, nous nous sommes retrouvés à onze, le 15 mai à 8 heures, à l'aéroport de Strasbourg-Entzheim pour un vol à destination de Budapest, ville départ de notre croisière sur le Danube.

Au programme : un embarquement à bord d'un bateau fluvial à Budapest (Hongrie), puis une croisière avec pour escales Bratislava (Slovaquie), Vienne (Autriche), Melk (Autriche), Passau (Allemagne) et un retour à Strasbourg par car.

Vendredi 15 mai, départ à 10 heures par un charter de la «Blue Line», piloté par une femme et après un vol sans histoire et quasi sans turbulence, le ciel était clément, nous avons été accueillis à

l'aéroport de Budapest par les représentants de CroisiEurope dans une certaine pagaille. Les travaux d'agrandissement de l'aéroport avaient contraint les bus à se garer au niveau départ et non arrivée. Après comptage, heureusement, nous n'avions perdu personne. En attendant de pouvoir embarquer sur «l'Europe» (nom de notre bateau) vers 17 heures, une balade en bus nous a conduits sur la colline Gellert à Buda d'où nous avons eu un aperçu global et un magnifique panorama de cette ville double. Buda (prononcer «Bouda») sur la rive droite du Danube, vallonnée et très résidentielle, et Pest (prononcer «Pecht») sur la rive gauche, plus plate où se concentrent la plupart des activités politiques, culturelles et économiques.

Beau temps chaud et lourd. L'Europe Centrale connaît un climat continental plus contrasté que le nôtre et on se croirait en cette saison en plein été.

Après un repas, non prévu au forfait mais au prix raisonnable de 12 euros, pris vers 15 heures par la majorité d'entre nous, nous voilà embarqués sur «l'Europe» où nos bagages étaient déjà dans nos cabines. La charmante commissaire du bord nous a donné toutes les règles de vie à bord, le commandant autrichien nous a présenté l'équipage cosmo-

polite et le premier dîner nous fut servi. Départ ensuite pour une soirée folklorique tzigane (photo 1) au cours de laquelle les musiciens nous ont fait découvrir le cymbalum, cet instrument national hongrois ressemblant à un xylophone à corde, et où les danseuses et danseurs ont interprété avec une grande agilité des «csárdas» ou danses folkloriques. A l'issue de cette longue journée bien remplie nous avons apprécié cette première nuit à bord, dans des cabines à air conditionné et dont la fenêtre donnant sur l'extérieur permettait de voir défiler de son lit les rives verdoyantes du beau Danube.

Beau temps ensoleillé.

Au matin du deuxième jour un copieux petit déjeuner nous a remis en forme pour

