
The Synoptic- and Planetary-Scale Signatures of Precipitating Systems over the Mackenzie River Basin

Gary M. Lackmann and John R. Gyakum
Department of Atmospheric and Oceanic Sciences
McGill University
805 Sherbrooke Street West
Montreal, Quebec, Canada H3A 2K6

[Original manuscript received 12 January 1996; in revised form 29 May 1996]

ABSTRACT *The synoptic- and planetary-scale signatures of precipitating systems over the Mackenzie River Basin (MRB) are elucidated using composites based on a 28-year sample of widespread precipitation events. These wet events are defined as days on which 5 or more of 12 surface stations in the MRB receive at least 2.5 mm of precipitation. Seasonal composites based on a total of 600 wet events reveal a sequence of statistically significant flow anomalies. Examination of individual wet events motivates stratification of the seasonal samples according to sea-level pressure distribution. One evolution that is particularly common during fall, winter and spring involves lee cyclogenesis over the southern MRB in association with a strong cyclone over the Gulf of Alaska; such events are dubbed Gulf Redevelopment (GR) cases. A composite based on 59 wintertime GR events indicates upslope flow north of the lee cyclone and warm advection along an east-west oriented warm front during the precipitation event. Composites of the Q-vector and the divergence of this field confirm the presence of quasigeostrophic (QG) forcing for ascent over the MRB during this period. A thermally indirect "topographic tilting" mechanism, involving downslope warming over the southern MRB and upslope cooling to the north, is hypothesized to increase warm-frontal baroclinicity over the MRB. The GR composite 500 hPa geopotential height anomaly pattern is characterized by a series of anomalies extending from the Bering Sea to the Gulf of Mexico. The western (eastern) anomalies tend to decay (amplify) with time. The composite exhibits a positive anomaly over the Bering Sea, a negative anomaly over the Gulf of Alaska that moves eastward into the MRB during the precipitation event, and a positive anomaly that moves eastward over western and central North America. The presence of large, slow-moving flow anomalies and an extended period of enhanced southwesterly geostrophic flow over the MRB in the composite suggests that a persistent influx of Pacific moisture is required to moisten the atmosphere over the MRB sufficiently for widespread precipitation. An independent composite of dry MRB cyclone events exhibits substantially weaker southwesterly geostrophic flow into the MRB relative to the wet GR composite.*

RÉSUMÉ *On éclairci les signatures aux échelles synoptique planétaire des systèmes de précipitation au-dessus du bassin du Mackenzie (MRB) en utilisant des composites basés sur les échantillons de 28 ans d'événements de précipitations étendues. Ces événements sont définies comme des journées pendant lesquelles un minimum de 5 stations de surface sur 12 dans le MRB ont reçu au moins 2,5 mm de précipitation. Des composites saisonniers basés sur un total de 600 événements de précipitation montrent une séquence d'anomalies du flux statistiquement significative. Une étude d'événements singuliers incite à la stratification d'échantillons saisonniers selon la répartition de la pression au niveau de la mer. Une évolution particulièrement commune durant l'automne, l'hiver et le printemps comprend une cyclogénèse sous le vent sur le sud de la MRB associée à un important cyclone sur le golfe de l'Alaska; ces occurrences sont nommées, cas de redéveloppement du golfe (GR). Un composite basé sur 59 GR hivernaux montrent un flux ascendant au nord du cyclone sous le vent et de l'advection chaude le long d'un front chaud est-ouest pendant les précipitations. Les composites du vecteur Q et la divergence de ce champ confirment la présence d'un forçage quasi géostrophique (QG) pour l'ascendance au-dessus du MRB durant la période. Un mécanisme de basculement topographique thermiquement indirect comprenant un réchauffement descendant sur le sud du MRB et un refroidissement ascendant au nord, est généré pour augmenter la baroclinicité du front chaud sur le MRB. La configuration d'anomalie du composite GR de la hauteur géopotentielle à 500 hPa est caractérisée par une série d'anomalies s'étendant de la mer de Béring au golfe du Mexique. Les anomalies ouest (est) tendent à s'affaiblir (se renforcer) dans le temps. Le composite montre une anomalie positive sur la mer de Béring, une anomalie négative sur le golfe de l'Alaska se déplaçant vers l'est dans le MRB durant les précipitations, et une anomalie positive se déplaçant vers l'est sur l'ouest et le centre de l'Amérique du Nord. La présence de grandes et lentes anomalies du flux et une période étendue d'un flux géostrophique du sud-ouest renforcé sur le MRB dans le composite suggèrent qu'un afflux persistant d'humidité du Pacifique est nécessaire pour humidifier suffisamment l'atmosphère sur le MRB afin d'obtenir des précipitations importantes. Un composite indépendant d'événements de cyclones secs montre un flux géostrophique du sud-ouest bien plus faible dans le MRB par rapport au composite GR humide.*