

## Modeling haul-out behavior of walrus in Bering Sea ice

Mark S. Udevitz, Chadwick V. Jay, Anthony S. Fischbach, and Joel L. Garlich-Miller

**Abstract:** Understanding haul-out behavior of ice-associated pinnipeds is essential for designing and interpreting population surveys and for assessing effects of potential changes in their ice environments. We used satellite-linked transmitters to obtain sequential information about location and haul-out state for Pacific walrus, *Odobenus rosmarus divergens* (Ryer, 1817), in the Bering Sea during April of 2004, 2005, and 2006. We used these data in a generalized mixed model of haul-out bout duration and a hierarchical Bayesian model of haul-out probability to assess factors related to walrus haul-out behavior, and provide the first predictive model of walrus haul-out behavior in sea ice habitat. Average haul-out bout duration was 9 h, but duration of haul-out bouts tended to increase with duration of preceding aquatic bouts. On average, tagged walrus spent only about 17% of their time hauled out on sea ice. Probability of being hauled out decreased with wind speed, increased with temperature, and followed a diurnal cycle with the highest values in the evening. Our haul-out probability model can be used to estimate the proportion of the population that is unavailable for detection in spring surveys of Pacific walrus on sea ice.

**Résumé :** Il est essentiel de comprendre le comportement d'échouage chez les pinnipèdes associés aux glaces pour planifier et interpréter les inventaires démographiques et pour évaluer les effets des changements potentiels dans leurs environnements glacés. Nous avons utilisé des émetteurs reliés aux satellites pour obtenir des informations séquentielles sur la position et l'état d'échouage de morces du Pacifique (*Odobenus rosmarus divergens* (Ryer, 1817)) dans la mer de Béring en avril 2004, 2005 et 2006. Ces données satellites dans un modèle de mélange généralisé de durée des épisodes d'échouage et un modèle hiérarchique bayésien des probabilités d'échouage nous servent à évaluer les facteurs reliés aux comportements d'échouage chez les morces et à mettre au point le premier modèle prédictif sur le comportement d'échouage chez les morces dans un habitat de glace de mer. Les morces marquées passent en moyenne 9 h par épisode d'échouage, mais les durées des périodes d'échouage ont tendance à s'allonger en fonction de la durée des périodes précédentes passées en mer. Globalement, les morces marquées passent en moyenne seulement 17 % de leur temps en échouage sur la glace de mer. La probabilité d'échouage diminue en fonction de la vitesse du vent, augmente avec la température et suit un cycle journalier avec un maximum en soirée. Notre modèle de probabilité des échouages peut servir à estimer la proportion de la population qui est à l'abri de la détection lors des inventaires printaniers des morces du Pacifique sur la glace de mer.

(Traduit par la Rédaction)

### Introduction

The Pacific walrus (*Odobenus rosmarus divergens* (Ryer, 1817)) is one of two subspecies of walrus (*Odobenus rosmarus* (L., 1758)) worldwide, and one of five ice-associated pinnipeds in the Bering Sea (Dunn et al. 1981). Walrus use sea ice for foraging, moving, resting, molting, access to offshore foraging areas, and refuge from predation and disturbance (Ray 1982). Projected changes in the distribution of seasonal ice in the Bering Sea (Overland and Wang 2007) will likely affect walrus distribution and behavior and could affect the status of this population (Ray et al. 2006; Rensch et al. 2007).

The amount of time that ice-associated pinnipeds spend on ice depends on physiological requirements such as those

associated with reproduction, foraging, moving, and molting, and is constrained by environmental conditions affecting thermoregulation (Wells et al. 1999). Knowledge of how temporal and environmental factors affect haul-out behavior is essential for understanding the biology of these species as well as for practical applications such as determining the best times to conduct surveys (Southwell 2007) and establishing guidelines for evaluating industrial effects (Mendonça et al. 2002). Environmentally induced changes in haul-out behavior could affect populations by altering energy requirements of individual walrus (Plym and Ray 1988) or disease transmission rates (Bask et al. 2008).

Factors such as time of day, weather, and other environmental conditions have been related to haul-out behavior of various pinnipeds (Ornithina et al. 2003a; Bengtson and

Received 29 May 2008; Accepted 12 August 2008; Published on the NRC Research Press Web site at [cjmr.nrc.ca](http://cjmr.nrc.ca) on 17 November 2008.  
M.S. Udevitz,\* C.V. Jay, and A.S. Fischbach, US Geological Survey, Alaska Science Center, 4218 University Drive, Anchorage, AK 99508, USA.

J.L. Garlich-Miller, US Fish and Wildlife Service, Marine Mammal Management Office, 3011 East Tudor Road, Anchorage, AK 99508, USA.

\*Corresponding author (e-mail: [udevitz@usgs.gov](mailto:udevitz@usgs.gov)).