

---

# Gas Ventilation of the Saguenay Fjord by an Energetic Tidal Front

Burkard Baschek\* and William J. Jenkins

*Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole Massachusetts, USA*

[Original manuscript received 21 November 2008; accepted 24 July 2009]

---

**ABSTRACT** *Dissolved noble gas samples were taken during a pilot study in the Saguenay Fjord, Quebec, Canada, in order to determine the contribution of different air-sea gas exchange mechanisms in an estuary and to assess the contribution of tidal fronts to the aeration of subsurface waters. The noble gases He, Ne, Ar, Kr, and Xe span a large range of molecular diffusivities and solubilities and hence constitute a useful probe of various gas exchange and bubble injection processes. Samples were taken at flood tide upstream and downstream of an energetic tidal front that is generated by a hydraulically controlled flow over a shallow sill at the entrance to the Fjord. The results are interpreted with the help of hydrographic measurements of density and currents along cross-sill transects describing the physical forcing at the sill. High gas saturations downstream of the sill indicate the aeration of water within the frontal region. An inverse model is used to compare the contribution of bubble injection in the front to diffusion across the air-sea interface. The large ratio of completely 'trapped' bubbles to diffusion suggests that bubbles injected by waves breaking in the front contribute significantly to air-sea gas exchange with 76% for He, 79% for Ne, 56% for Ar, 47% for Kr, and 35% for Xe.*

*Water samples were analyzed for helium isotopes and tritium in order to explore the possibility of constraining ventilation time scales. The relationship between tritium and salinity revealed two end-member waters: a freshwater component from the Saguenay River of  $23.6 \pm 0.5$  TU, likely a residual of bomb-produced tritium, and a seawater end-member of approximately 1.5 TU originating in the subpolar Atlantic. An unexpected contribution of radiogenic  $^4\text{He}$  was detected in the deep waters of the St. Lawrence Estuary, likely a consequence of out-gassing from old, uranium and thorium rich granitic terrain.*

**RÉSUMÉ** [Traduit par la rédaction] *Des échantillons de gaz rares dissouts ont été prélevés au cours d'une étude pilote dans le fjord du Saguenay, au Québec (Canada), dans le but de déterminer la contribution de différents mécanismes d'échange de gaz air-mer dans un estuaire et pour évaluer la contribution des fronts de marée à l'aération des eaux de subsurface. Les gaz rares He, Ne, Ar, Kr et Xe affichent un large intervalle de diffusivité et de solubilité moléculaires et constituent donc une sonde utile pour divers processus d'échange de gaz et d'injection de bulles. Les échantillons ont été pris à la marée montante en amont et en aval d'un front de marée énergétique produit par un débit hydrauliquement régulé au-dessus d'un seuil de faible profondeur à l'entrée du Fjord. Les résultats sont interprétés à l'aide de mesures hydrographiques de densité et de courants le long de transects en travers du seuil décrivant le forçage physique au seuil. Des saturations élevées de gaz en aval du seuil indiquent l'aération de l'eau à l'intérieur de la région frontale. Nous utilisons un modèle inverse pour comparer la contribution de l'injection de bulles dans le front à la diffusion à travers l'interface air-mer. Le fort rapport des bulles complètement « piégées » à la diffusion suggère que les bulles injectées par les vagues qui déferlent dans le front contribuent grandement aux échanges de gaz air-mer, avec 76 % pour He, 79 % pour Ne, 56 % pour Ar, 47 % pour Kr et 35 % pour Xe.*

*Les échantillons d'eau ont été analysés pour y déceler des isotopes d'hélium et du tritium afin d'explorer la possibilité de contraindre les échelles de temps de ventilation. La relation entre le tritium et la salinité a révélé l'existence de 2 types d'eau : une composante d'eau douce du Saguenay de  $23,6 \pm 0,5$  u.t., probablement un résidu de tritium produit par explosions nucléaires, et une composante d'eau de mer d'environ 1,5 u.t. provenant de l'Atlantique subpolaire. Une contribution inattendue de  $^4\text{He}$  radiogénique a été détectée dans les eaux profondes de l'estuaire du Saint-Laurent, probablement une conséquence du dégazage du vieux terrain granitique riche en uranium et en thorium.*

---

\*Corresponding author's e-mail: [baschek@atmos.ucla.edu](mailto:baschek@atmos.ucla.edu); current affiliation University of California at Los Angeles, Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, Math Sciences Building 7142, Los Angeles CA 90095 USA.

## **NOTE TO USER**

For the full text of this article, [click here](#).

-----

## **AVIS À L'USAGER**

Pour le texte intégral de cet article, [cliquez ici](#).