

Annexe 13

Exemple de modélisation française pour étudier la dynamique des masses d'eau océaniques

Pascal Bailly du Bois
Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
Coopération IRSN-Ifremer

Les marqueurs radioactifs d'origine artificielle sont particulièrement intéressants pour les études de courantologie à long terme : leurs sources sont peu nombreuses et bien quantifiées, ils sont souvent solubles et peuvent être mesurés à des concentrations extrêmement faibles dans l'eau de mer (de l'ordre du 10^{-10} de la radioactivité naturelle). Les différentes sources connues peuvent ainsi être identifiées jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres depuis le centre de la Manche et de la mer d'Irlande jusqu'à la sortie de la mer du Nord, par exemple (figure 1) il est alors possible d'apprécier le cheminement, la dilution des masses d'eaux et les temps de transit correspondants.

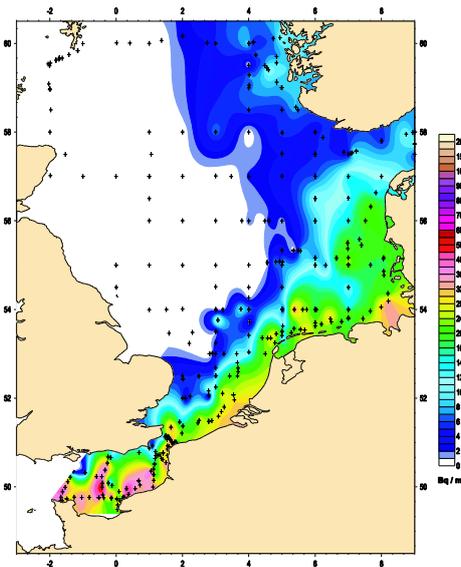


Figure 1 – Antimoine 125 provenant des rejets de l'usine de La Hague dissous en mer du Nord en juillet 1988.

La distribution des radionucléides en mer du Nord résulte d'un mélange des radionucléides présents dans des eaux provenant de la Manche, de la Baltique, de l'Atlantique et de la mer d'Irlande. Un traitement mathématique permet de caractériser le pourcentage de chacune de ces contributions à l'échelle de la mer du Nord, révélant ainsi une « photographie » de la répartition des masses d'eaux (figure 2).

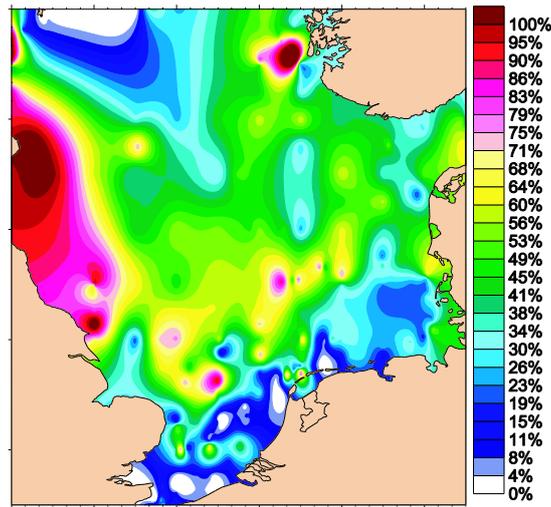


Figure 2 – Répartition des eaux provenant de la mer d'Irlande en mer du Nord en 1988 (Bailly du Bois *et al.*, 1993).

Grâce aux études sur le cheminement des radionucléides rejetés par l'usine de retraitement des combustibles usés de Cogema-la Hague effectuées entre 1987 et 1992, les caractéristiques du transit des eaux provenant de la Manche se dirigeant vers la mer du Nord ont été mises en évidence. Ces études montrent que les eaux mettent de 110 à 152 jours pour aller de la Hague au Pas-de-Calais et de 170 à 250 jours entre le Pas-de-Calais et le Skagerrak. La durée totale du transit entre le cap de la Hague et le Skagerrak serait de 300 à 370 jours selon les années (Bailly du Bois *et al.*, 1995). Le flux des eaux de la Manche vers la mer du Nord dans le Pas-de-Calais a été également estimé, de 97 000 à 195 000 m³/s de janvier à juillet 1988. Les radiotraceurs solubles ont permis de décrire la circulation à long terme des masses d'eau en Mer celtique, Manche et Mer du Nord (Bailly du Bois *et al.*, 1993). L'association des travaux de radio-écologie marine (IRSN) et de modélisation hydrodynamique (Ifremer) a permis de valider et préciser les résultats des modèles hydrodynamiques de dispersion en mers macrotidales (Bailly du Bois et Dumas, 2005). Ces résultats sont transposables aux autres substances présentes dans l'eau de mer et permettent de simuler l'impact à court, moyen et long terme d'un rejet de substance dissoute sur le plateau continental du nord-ouest de l'Europe. La connaissance du transport hydrodynamique est un préalable indispensable pour l'étude du comportement des substances ayant plus d'affinités pour les autres compartiments : sédiments et organismes vivants (Fiévet et Plet, 2002). D'autres travaux montrent qu'ils peuvent être également utilisés dans l'étude des cinétiques de transfert de masses d'eaux à plus grande échelle, en Arctique et dans les mers environnantes (Strand, 1997 ; Smith *et al.*, 2000 ; Kershaw *et al.*, 2004).

Les travaux en cours utilisent les radiotraceurs pour préciser la dispersion de substances solubles dans l'eau de mer dans le champ proche d'un émissaire de rejet ainsi que pour caractériser le transport des sédiments déposés sur le fond. Les études à venir prendront en compte simultanément le devenir des radionucléides dans l'eau de mer, les sédiments et les espèces vivantes, à l'aide de modèles écologiques intégrés, validés par les mesures de radionucléides acquises *in situ*.

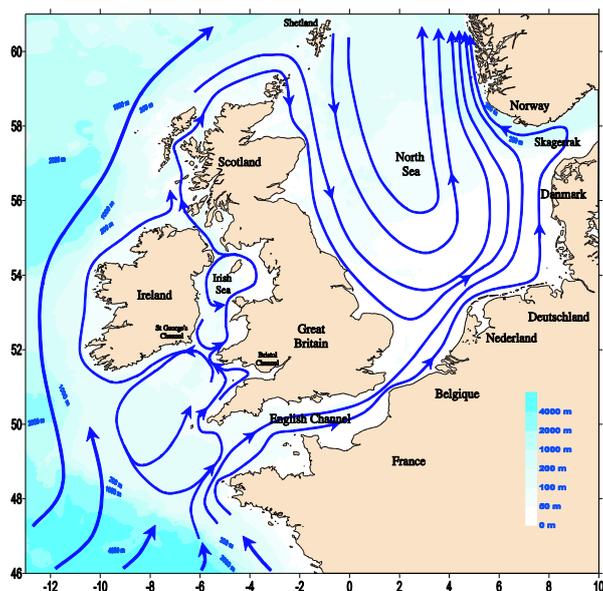


Figure 3 – Circulation générale des masses d'eau sur le plateau continental du nord-ouest de l'Europe (Bailly du Bois *et al.*, 2002).

Références

Bailly du Bois, P., Guéguéniat, P., Gandon, R., Léon, R., Baron, Y., 1993. Percentage contribution of inputs from the Atlantic, Irish Sea, English Channel and Baltic into the North Sea during 1988 : a tracer-based evaluation using artificial radionuclides. *Netherlands Journal of Sea Research*, 31(1):1-17.

Bailly du Bois, P., Salomon, J.C., Gandon, R., Guéguéniat, P., 1995. A quantitative estimate of English Channel water fluxes into the North Sea from 1987 to 1992 based on radiotracer distribution. *Journal of Marine Systems*, 6(5-6):457-481.

Bailly du Bois, P., Guéguéniat, P., 1999. Quantitative assessment of dissolved radiotracers in the English Channel : sources, average impact of la Hague reprocessing plant and conservative behaviour (1983, 1986, 1988 and 1994). *Continental Shelf Research; FluxManche II dedicated*, volume 19:1977-2002.

Bailly du Bois, P., Germain, P., Rozet, M., Solier, L., 2002. Water masses circulation and residence time in the Celtic Sea and English Channel approaches, characterisation based on radionuclides labelling from industrial releases. *Proceedings from the International Conference on Radioactivity in Environment*, Ed. by Peer Borretzen, Torun Jolle, Per Strand Monaco, 1 - 5 September 2002, pp. 395 - 399.

Bailly du Bois, P., Dumas, F., 2005. Fast hydrodynamic model for of medium- and long-term dispersion in seawater in the English Channel and southern North Sea, qualitative and quantitative validation by radionuclide tracers. *Ocean Modelling*, Vol 9/2 pp 169-210.

Fiévet, B., Plet, D., 2002. Estimating biological half-lives of radionuclides in marine compartments from environmental time-series measurements. *Journal of Environmental Radioactivity*, 65, 91-107.

Kershaw, P.J., Heldal, H.E., Mork, K.A., Rudjord, A.L., 2004. Variability in the supply, distribution and transport of the transient tracer ⁹⁹Tc in the NE Atlantic. *Journal of Marine Systems* Volume 44, Issues 1-2, Pages 55-81.

Smith, J., Ellis, K., Polyak, L., Ivanov, G., Forman, S., Moran, S., 2000. "239, 240 (PU)-P Transport into the Arctic Ocean from underwater nuclear tests in Chernaya Bay, Novaya Zemlya". *Continental Shelf Research*, Volume 20, Issues 3, Pages 255-279.

Strand, P., 1997. Environmental radioactivity in the arctic. *Science of The Total Environment*, Volume 202, Issues 1-3, Pages 1-3.