

Océanographie générale

TD 1 - Traceurs radioactifs dans l'océan: le carbone 14 et le tritium

RIWAL PLOUGONVEN

Ecole Normale Supérieure - Laboratoire de Météorologie Dynamique
bureau LMD12 - 01 44 32 27 31 - plougou@lmd.ens.fr

Mercredi 14 décembre 2005

Ce TD est basé sur l'article de H. Göte Östlund et C. G. H. Rooth, *The North Atlantic Tritium and radiocarbon transients 1972-1983*, paru en 1990 dans *Journal of Geophysical Research*, vol. 95, C11, p20,147-20,165.

1 Généralités sur les traceurs radioactifs

Nous allons dans ce TD essayer de voir comment des mesures de traceurs radioactifs dans l'océan peuvent nous aider à en comprendre la circulation profonde.

- Q1. Considérez une population de N atomes d'une espèce radioactive. Suivant quelle loi le nombre d'atomes évolue-t-il dans le temps ? Combien de constantes entrent en jeu dans cette loi ?
- Q2. La demi-vie d'une espèce radioactive est le temps nécessaire pour que la moitié de la population d'atomes radioactifs initialement présents se soient transformés. La demi-vie du ^{14}C est de 5680 ans environ ; la demi-vie du tritium (^3H) est de 12.43 ans. Pour l'un et l'autre, écrivez la loi de décroissance en fonction du temps.
- Q3. D'après les figures 1, il y a eu un injection très importante d'éléments radioactifs dans l'atmosphère dans les années 60. A votre avis, pourquoi ?
- Q4. Pour lequel des deux traceurs considérés faudra-t-il prendre en compte la décroissance dans le temps ?
- Q5. Comment traiter les mesures de tritium (ou quelles unités construire) pour que ces mesures ressemblent à des mesures d'un traceur conservatif ?

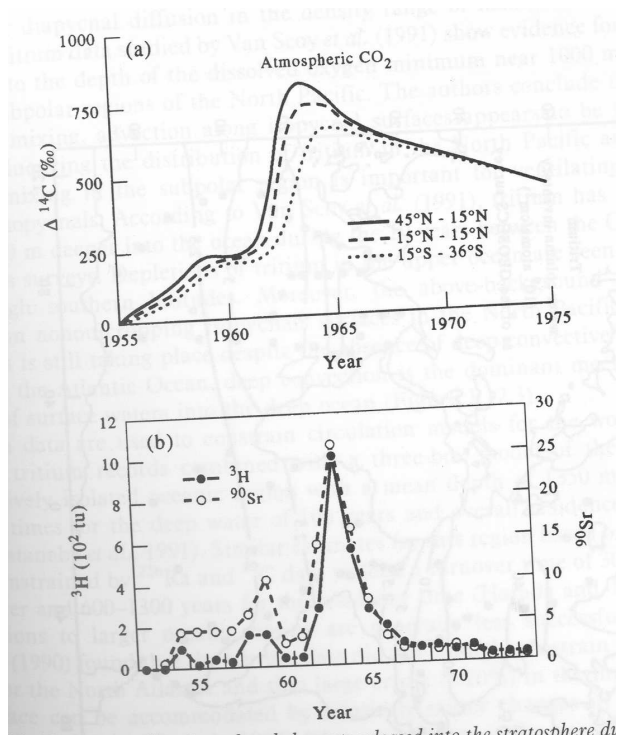


FIG. 1 – Séries temporelles du ^{14}C et du ^3H relâchés dans la stratosphère entre 1950 et 1975.

2 Coupes verticales du carbone 14

La figure 2 indique le tracé des sections hydrographiques réalisées dans l'Atlantique Nord lors de GEOSECS (Geochemical Sections, 121 stations dans l'Atlantique en 1972 et 1973) et TTO (Transient Tracers in the Ocean).

- Q6. D'après les sections de la figure 3, où trouve-t-on dans l'océan les valeurs les plus élevées de $\Delta^{14}\text{C}$?
- Q7. Combien de stations ont permis de réaliser ces sections ?
- Q8. Entre 1972 et 1981, quels aspects de la distribution de $\Delta^{14}\text{C}$ sont restés inchangés ? Quel est le changement le plus marquant ?
- Q9. Si l'on explique ce qui se passe au nord du bassin par un phénomène diffusif sur la verticale, quel ordre de grandeur doit-on avoir pour la diffusivité ? Sachant que les valeurs observées dans l'océan sont en général au plus de l'ordre de $10^{-4} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$, cette interprétation est-elle plausible ?
- Q10. Quelle explication suggérez-vous pour l'augmentation des concentrations de ^{14}C entre 1972 et 1981 dans les eaux profondes du Nord de l'Atlantique ? D'après la figure 4, y a-t-il une asymétrie entre le bord ouest et le bord est du bassin ?
- Q11. Dans les profils de la figure 5, qu'observe-t-on à une profondeur d'environ mille mètres ? En vous aidant de la coupe 3, suggérez une provenance possible de ces eaux pauvres en ^{14}C à 1000m de profondeur.

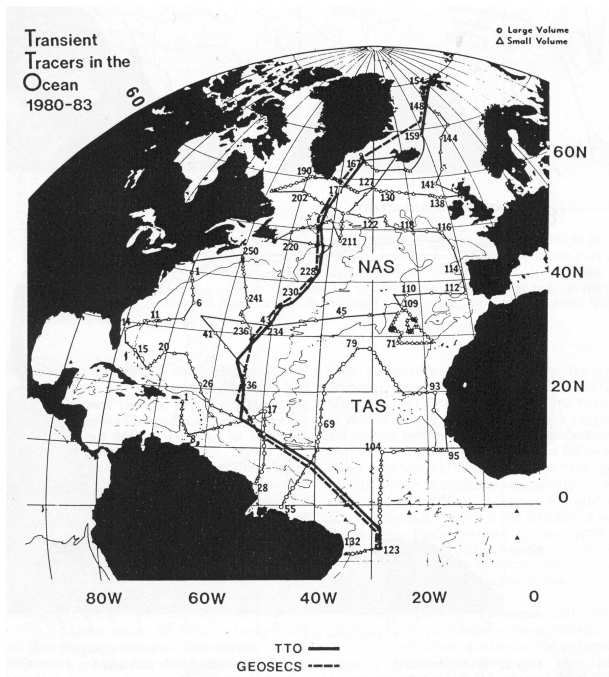


FIG. 2 – Carte montrant les sections hydrographiques faites lors des campagnes GEOSECS (pointillés) et TTO (traits pleins). Les lignes plus épaisses indiquent les trajets des coupes de la figure 3.

3 Mesures du tritium

- Q12. Les figures 6, 7 et 8 montrent des sections et profils équivalents à ceux des figures 3, 4 et 5. Ces cartes sont-elles cohérentes avec les interprétations avancées à partir des cartes du ^{14}C ?
- Q13. Quels sont les avantages du ^3H sur le ^{14}C ? (Notamment, dans l'océan, dans quelles molécules les atomes de ^3H et ^{14}C vont-ils être incorporés ?)
- Q14. Comment ces différentes mesures (^3H et ^{14}C) peuvent-elles être utilisées pour contraindre nos modèles de la circulation générale des océans ?

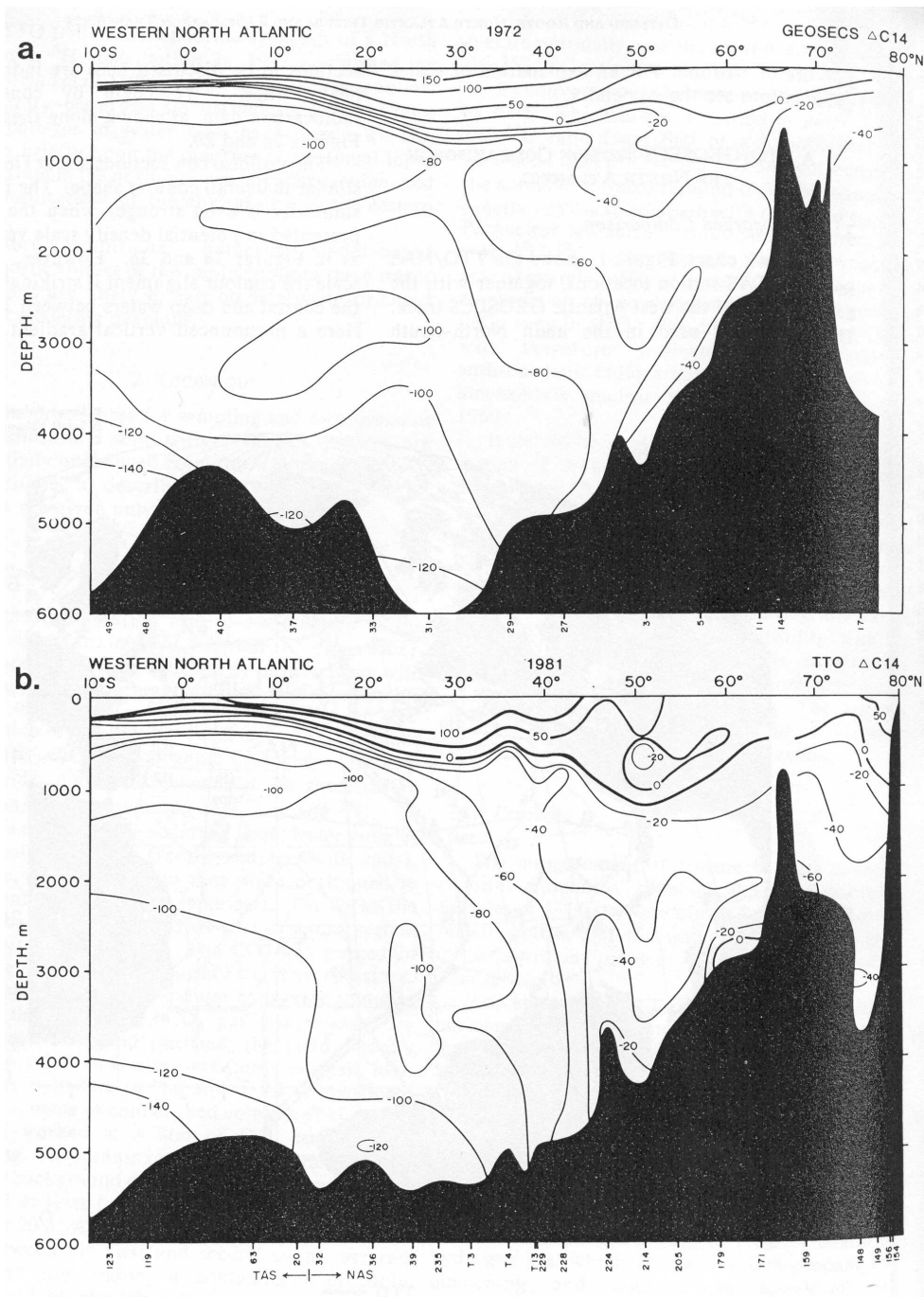


FIG. 3 – Sections du $\Delta^{14}C$ dans l'ouest du bassin Atlantique Nord, en 1972 (haut) et 1981 (bas).

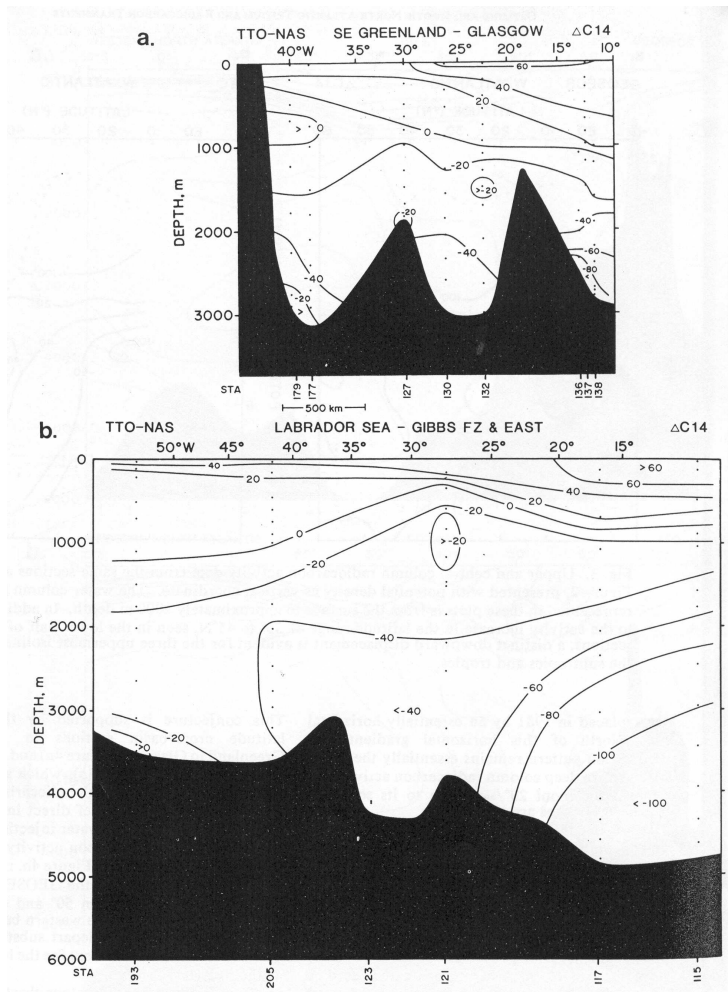


FIG. 4 – Coupes Est-Ouest de $\Delta^{14}C$ faites en 1981 dans le cadre du programme TTO : de la pointe du Groenland à Glasgow (en haut) et de la pointe du Groenland à l'Espagne (en bas).

CoupeC14west.jpg

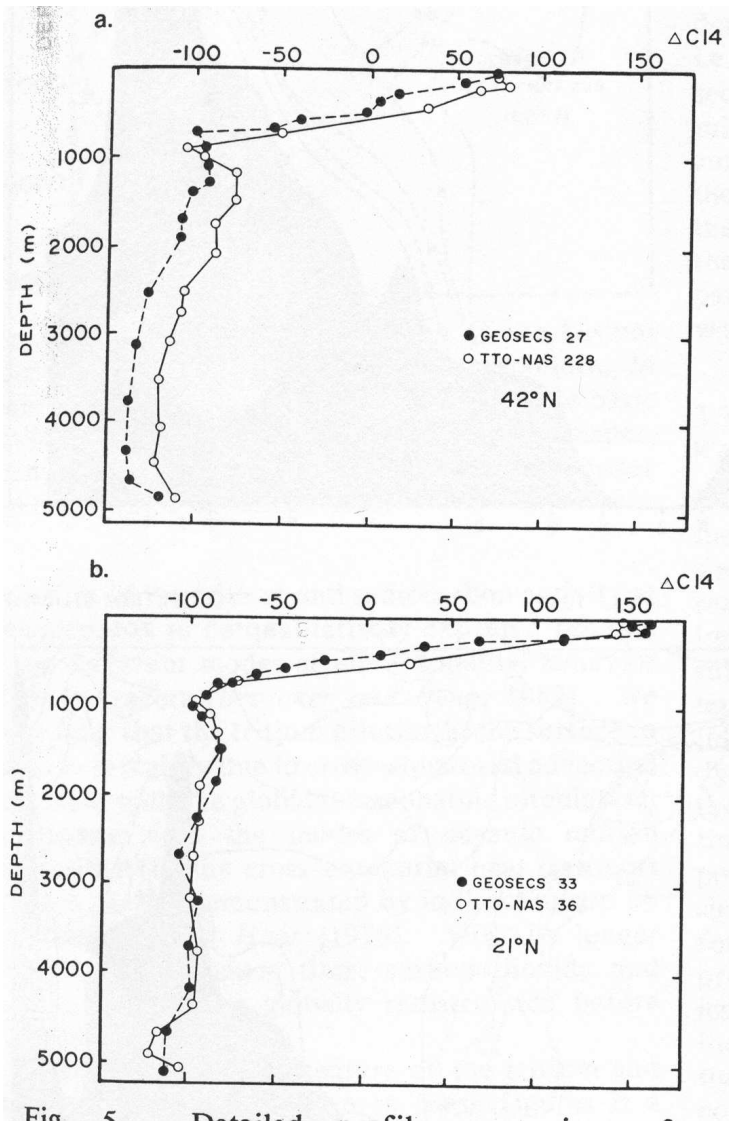


FIG. 5 – Quatre profils verticaux de concentrations de ^{14}C , effectués lors de GEOSECS et TTO.

profilverticalC14.tif

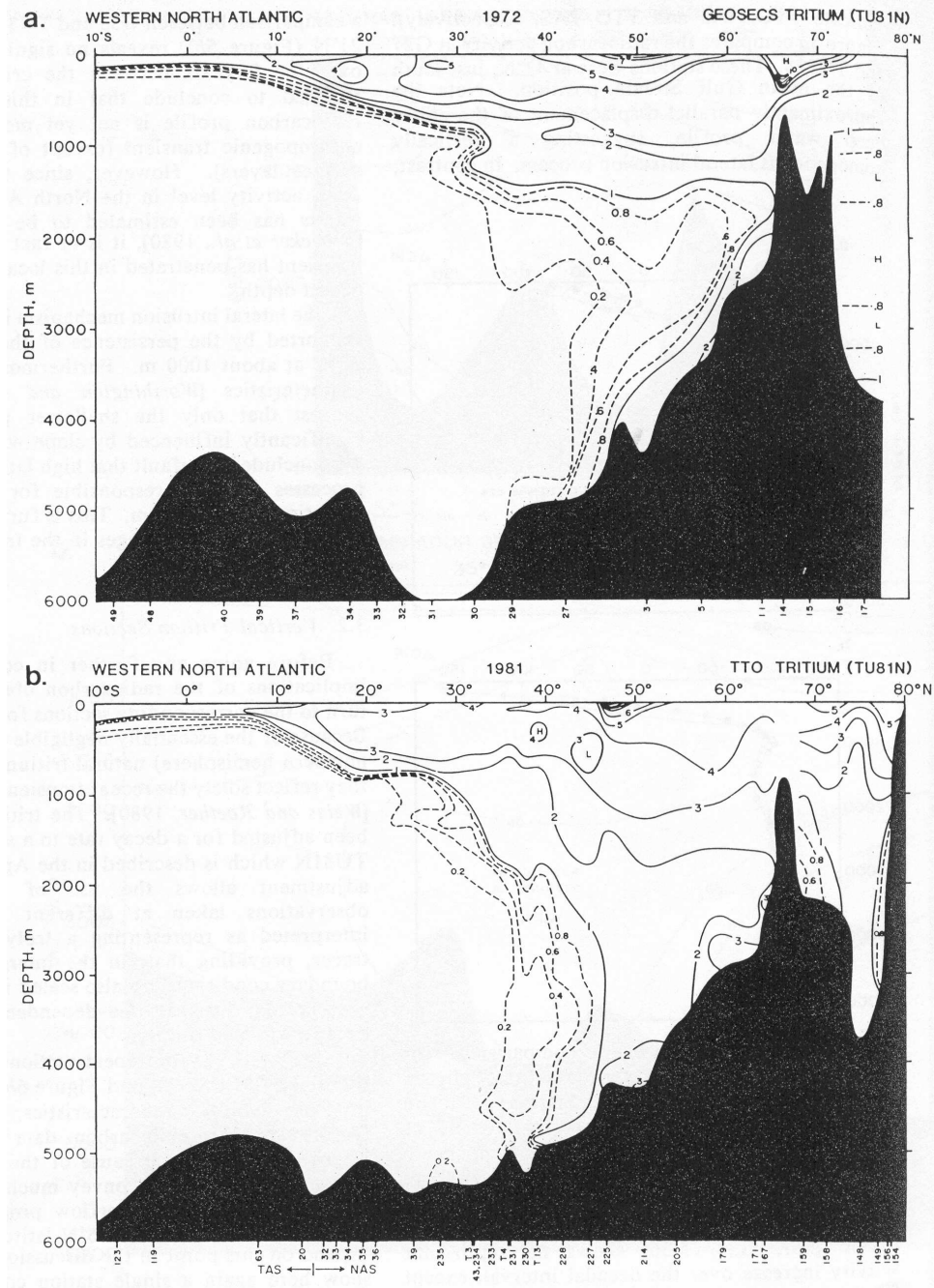


FIG. 6 – Coupe Nord-Sud des concentrations du ^3H dans l'ouest du bassin Atlantique Nord, en unités TU81N. GEOSECS (1972, en haut) et TTO (1981, en bas).

profilverticaltritium.tif

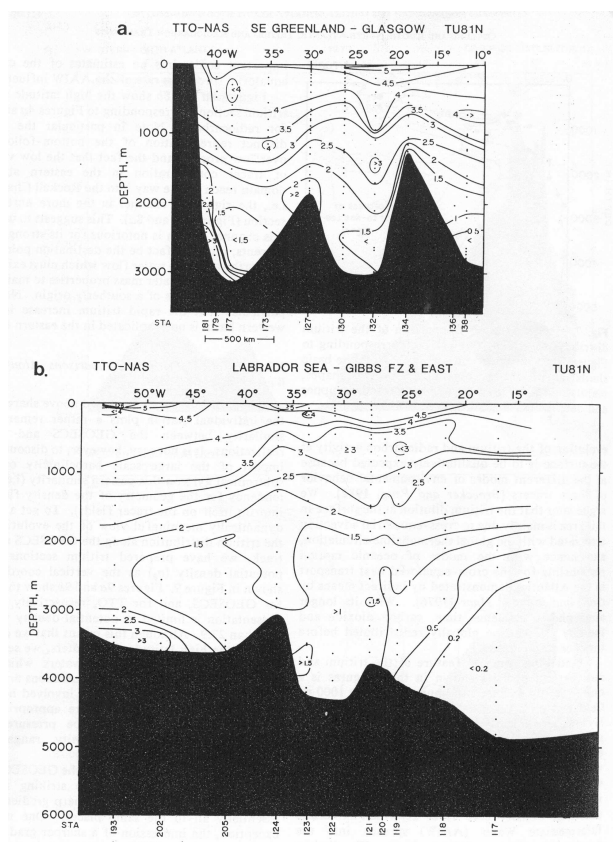


FIG. 7 – Coupes Est-Ouest de 3H faites en 1981 dans le cadre du programme TTO : de la pointe du Groenland à Glasgow (en haut) et de la pointe du Groenland à l'Espagne (en bas).

coupetritiumWest.tif

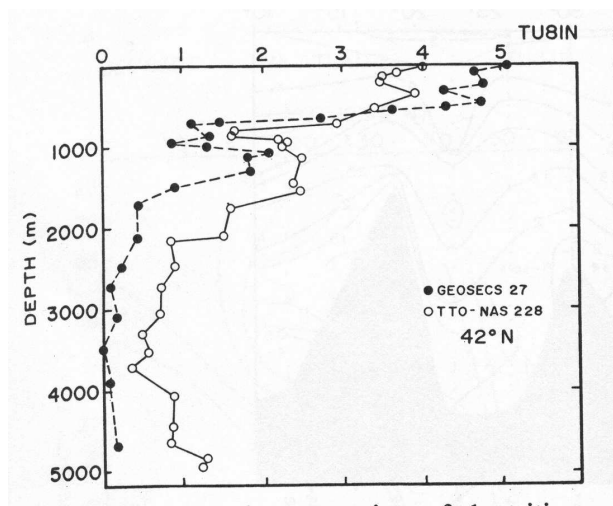


FIG. 8 – Deux profils verticaux de concentrations de 3H , effectués lors de GEOSECS et TTO.