

L'OCEAN TROPICAL : PUIITS OU SOURCE DE CO₂ POUR L'ATMOSPHERE ?

C. OUDOT

INTRODUCTION

C'est un fait bien connu aujourd'hui que l'homme, du fait de ses activités industrielles a rompu l'équilibre du cycle de gaz carbonique et que l'augmentation du CO₂ atmosphérique en renforçant l'effet de serre de la troposphère aura pour conséquence une élévation de température à la surface du globe, pouvant entraîner une modification du climat de notre planète. La paléoclimatologie nous fournit aujourd'hui les premières preuves des relations entre le climat et la teneur en CO₂ atmosphérique. L'analyse de l'air piégé dans les carottes de glace et la composition isotopique du carbone des foraminifères des sédiments marins permettent de reconstituer l'enregistrement exact des fluctuations non anthropogéniques de CO₂ atmosphérique : ainsi au dernier maximum glaciaire (il y a 18.000 ans), la concentration de CO₂ était inférieure à 200 ppm, c'est-à-dire la moitié environ de ce qu'elle est aujourd'hui.

Mais il y a un désaccord entre l'augmentation observée de CO₂ dans l'atmosphère (1,2 ppm/an) et l'apport par les combustibles fossiles (2,3 ppm/an) : il est attribué pour une large part à l'absorption de CO₂ par l'océan, principalement dans les zones de haute latitude où le refroidissement des eaux de surface accroît la dissolution du CO₂ atmosphérique. D'autre part, des études récentes ont suggéré que les variations d'abondance de CO₂ atmosphérique dans le passé pourraient être une réponse aux changements de la productivité biologique marine et/ou de la circulation océanique. C'est dire l'importance que revêt l'océan pour la modélisation du cycle futur du carbone à l'échelle du globe. Dans ce contexte, il est apparu nécessaire d'étudier le comportement d'une zone tropicale, celle de l'océan

Atlantique, vis à vis du CO_2 atmosphérique, en mettant à profit les campagnes océanographiques saisonnières FOCAL (voir encadré de la figure 2). De là est né le programme PIRAL (PIREN dans l'Atlantique Tropical) qui a pour premier objectif d'étudier les variations spatiales et saisonnières du flux de CO_2 à l'interface air/mer et délimiter les zones "sources" et les zones "puits" de l'océan pour le CO_2 atmosphérique.

FLUX NET DE CO_2 A L'INTERFACE AIR-MER.

Le flux net de CO_2 échangé entre océan et atmosphère est fonction du coefficient de transfert gazeux à l'interface air/mer et du gradient de CO_2 établi entre la surface de la mer et l'air surnageant. Le coefficient de transfert a été évalué à partir de la connaissance de la vitesse du vent et le gradient de CO_2 par la mesure des pressions partielles de CO_2 dans l'eau de mer de surface et dans l'atmosphère. la Figure 1 montre la distribution méridienne du flux net de CO_2 dans la ceinture équatoriale (entre 5°N et 5°S) le long des trois rails (4°W - 23°W - 35°W) en janvier (A) et en juillet (B) 1983. Le flux s'échappant de l'océan dans l'atmosphère est compté positivement. On a représenté sur la droite de la Figure 1, le flux net moyen entre 5°N et 5°S le long de chaque rail. On constate que :

- d'un bout à l'autre de la ceinture équatoriale, de 4°W à 35°W , le flux net de CO_2 est généralement positif, donc cette région océanique est source de CO_2 pour l'atmosphère. Il n'y a vraiment qu'au nord de l'équateur dans le Golfe de Guinée (4°W) que l'océan puisse être considéré comme un puits, mais le bilan sur la largeur de la ceinture équatoriale reste positif.

- le flux de CO_2 augmente d'est en ouest en hiver aussi bien qu'en été.

- le flux de CO_2 est généralement, le long de chaque rail, plus élevé au sud de l'équateur qu'au nord.

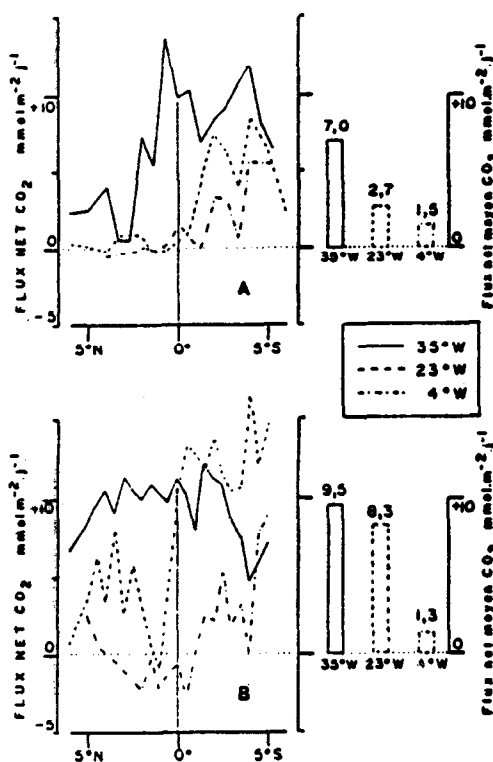


Figure 1 : Distributions méridiennes, du flux net de CO₂, et du flux net moyen entre 5°N et 5°S à travers l'interface air/mer, le long des radiales transéquatoriales 4°W, 23°W et 35°W en janvier (A) et en juillet (B) 1983. Le flux s'échappant de la mer est compté positivement.

Tous ces résultats sont confirmés par les mesures des scientifiques américains dans le cadre des programmes GEOSECS et TTO (Smethie et al., 1985).

En extrapolant le flux net moyen de CO₂ mesuré entre 4°W et 35°W à toute la longueur de la ceinture équatoriale Atlantique et sur toute l'année, celle-ci libérerait 0,14 gigatonnes de carbone par an dans l'atmosphère. Durant ces dernières années, l'émission annuelle de CO₂ provenant de l'activité industrielle était de 5 gigatonnes de carbone : la zone équatoriale Atlantique, qui ne représente que 1/5 de la zone équatoriale de l'océan mondial, fournirait donc une quantité de CO₂ équivalent à près de 3 % de la source anthropogénique de CO₂ pour l'atmosphère.

Selon nos observations, corroborées par les résultats de TTO, la seule zone où l'océan tropical puisse être valablement

considéré comme un puits de CO_2 est la région au nord de 10°N et en janvier seulement (Figure 2).

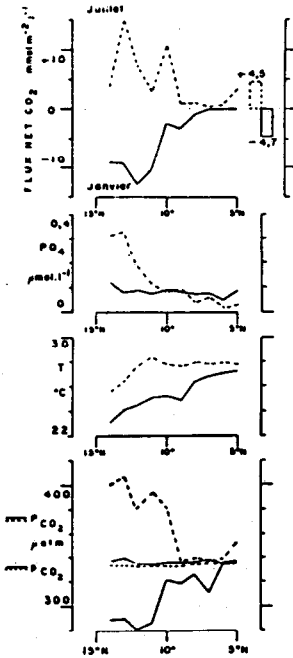


Figure 2 : Distributions méridiennes le long de la radiale 23°W (entre 5°N et 14°N) des pressions partielles de CO_2 dans l'eau de mer de surface (pCO_2) et dans l'air (pCO_2), de la température de surface de la mer de la concentration de phosphate et du flux net de CO_2 en janvier (traits pleins) et en juillet (tirets) 1983. Le flux net moyen de CO_2 entre 5°N et 14°N est représenté à droite.

INTERPRETATIONS

En hiver boréal, au nord de la ceinture équatoriale, lorsqu'on s'éloigne de l'équateur, le refroidissement de l'eau de mer de surface augmente la solubilité des gaz dissous et abaisse la pression partielle de CO_2 océanique (Figure 2) en dessous de celle dans l'atmosphère : le flux de CO_2 est alors dirigé de l'atmosphère vers l'océan. En été au contraire, le réchauffement saisonnier accroît la pression partielle de CO_2 océanique et cette zone de l'océan devient une source de CO_2 pour l'atmosphère. Au voisinage de 13°N , l'existence du dôme de Guinée, structure hydrologique subsuperficielle qui rapproche de la surface des eaux riches en sels nutritifs et sursaturées en CO_2 vient s'ajouter au réchauffement saisonnier pour renforcer le gradient de pression partielle de CO_2 et par conséquent le flux de CO_2 .

Comme il a été vu précédemment (Figure 1), le flux net de CO_2 dans la ceinture équatoriale est plus élevé dans la partie occidentale (35°W) que dans la partie orientale (4°W). Cela tient au fait d'une part que le vent souffle avec plus de force près de la côte brésilienne que dans le Golfe de Guinée, mais aussi que nous avons relevé les plus fortes pressions partielles de CO_2 à la surface de l'océan à 35°W et non pas à 4°W (Figure 3), comme on aurait pu s'y attendre d'après la carte de distribution globale de CO_2 de Keeling (1968), qui a tenu lieu de référence pendant longtemps. Jusqu'à présent, il était admis que la pression partielle de CO_2 dans l'eau de surface était plus élevée sur la bordure orientale des zones équatoriales là où l'upwelling équatorial, qui apporte à la surface de l'océan des eaux riches en sels nutritifs et largement sursaturées en CO_2 , est le plus actif. Nous pouvons affirmer aujourd'hui que cette explication est insuffisante car :

- dans le Golfe de Guinée (4°W), l'établissement de l'upwelling équatorial en été, marqué par un très fort refroidissement superficiel, ne s'accompagne d'aucune élévation de la pression partielle de CO_2 (Figure 3).

- au contraire les plus fortes pressions partielles de CO_2 sont observées dans l'ouest là où il n'y a jamais d'upwelling.

- l'augmentation de PCO_2 de 4°W à 35°W est concomitante de l'élévation de température (Figure 3).

Fort de cette dernière constatation, et après avoir vérifié qu'il y avait une corrélation positive significative entre la pression partielle de CO_2 et la température à la surface de l'océan en zone équatoriale (Oudot et Andrié, 1985), nous avons avancé l'hypothèse selon laquelle ce n'est pas l'upwelling équatorial, mais le réchauffement de l'eau superficielle entraînée vers l'ouest par le Courant Equatorial Sud qui serait la cause de l'augmentation de la pression

partielle de CO_2 dans cette zone océanique. Cette hypothèse qui semble de plus en plus recueillir l'aval des scientifiques engagés dans les programmes de recherche sur le CO_2 océanique remet en cause le comportement de l'océan vis à vis du CO_2 atmosphérique.

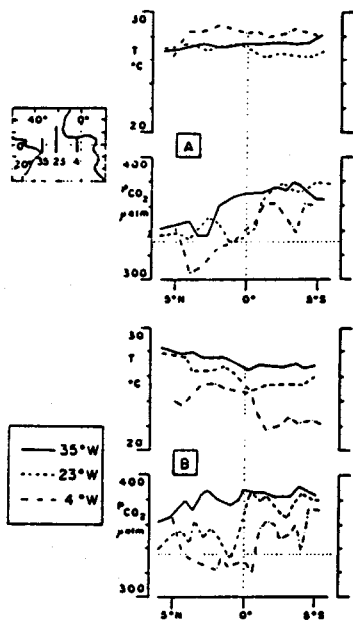


Figure 3 : Distributions méridiennes de la pression partielle de CO_2 et de la température à la surface de la mer le long des radiales 4°W , 23°W et 35°W en janvier (A) et en juillet (B) 1983. Les lignes horizontales en pointillés représentent le niveau moyen de la pression partielle de CO_2 dans l'air (332 .atm en janvier et 335 .atm en juillet).

CONCLUSION

La ceinture équatoriale Atlantique doit donc être considéré dans son ensemble toute l'année comme une "source de CO_2 " pour l'atmosphère. Cependant le mécanisme qui entretient ce processus n'est pas celui que l'on admettait jusqu'à présent et les dernières observations de CO_2 océanique tendraient à prouver la prééminence de l'advection zonale sur les mouvements verticaux dans les processus dynamiques équatoriaux.

Lorsqu'on s'éloigne de l'équateur, l'océan devient, au rythme des saisons, alternativement un "puits" (en hiver) ou une "source" (en été) de CO_2 pour l'atmosphère.

REFERENCES.

- KEELING C.D., 1968 - Carbon dioxide in surface ocean waters. 4. Global distribution. J. Geophys. Res., 73, 4543-4553.
- OUDOT C., et C.ANDRIE, 1985 - Pressions partielles de CO₂, dans l'Atlantique Tropical : variabilité dans les eaux de surface et dans l'atmosphère en janvier et juillet 1983. Oceanol. Acta, soumis.
- SMETHIE W.R., T.TAKAHASHI, D.W.CHIPMAN et J.R.LEDWELL, 1985 - Gas exchange and CO₂ flux in the Tropical Atlantic ocean determined from ²²²Rn and PCO₂ measurements. J.Geophys.Res., 90, 7005-7022.
-