

DYNAMIQUE DU CARBONE INORGANIQUE DANS L'ESTUAIRE DE L'ESCAUT. PREMIERS RESULTATS.

**Michel FRANKIGNOULLE, Isabelle BOURGE,
Christine CANON, Alain NORRO, Patrick DAUBY
et Jean-Marie BOUQUEGNEAU**

Laboratoire d'Océanologie, Université de Liège, Institut de chimie B6,
B-4000 Sart Tilman

INORGANIC CARBON DYNAMICS IN THE SCHELDT ESTUARY. PRELIMINARY RESULTS

RESUME

Nous présentons les résultats relatifs au carbone inorganique de la couche de surface obtenus lors d'un cycle de 36 heures à l'ancre dans l'estuaire de l'Escaut. Tous les paramètres mesurés (salinité, température, alcalinité totale, pH, oxygène dissous & carbone inorganique total) semblent indiquer que, sur le site choisi, les mélanges tidaux de masses d'eau ont une importance dominante sur la dynamique du carbone inorganique.

ABSTRACT

Results obtained during a 36-hours diel cycle, anchored in the Scheldt Estuary, are discussed in term of CO₂ dynamics. The complete set of measured parameters (salinity, temperature, alkalinity, pH, dissolved oxygen & total inorganic carbon) suggest that tidal water masses mixing is the dominant process in the chosen site.

Key words: Inorganic carbon, Scheldt Estuary.

Mots-clés: Carbone inorganique, estuaire de l'Escaut.

INTRODUCTION

La dynamique du carbone en milieu côtier est un aspect fondamental et encore mal connu du cycle biogéochimique global du carbone. Les zones côtières, bien que n'occupant qu'environ 10% de la surface océanique totale, sont le siège de flux relativement importants liés à leur grande diversité, tant du point de vue écologique que géochimique, qui les place le plus souvent hors des conditions d'équilibre (voir Walsh, 1988). La compréhension des nombreux phénomènes impliqués requiert avant tout l'acquisition d'un nombre suffisant de données expérimentales dans de nombreuses conditions afin d'en dégager les importances respectives. Le but de ce travail est de collecter des données relatives au cycle du carbone inorganique dans la zone estuarienne.

MATERIEL & METHODES

Les résultats discutés dans cet article ont été obtenus lors de la croisière 1991/22 du R.V. *Belgica* du 21 au 30 octobre 1991.

Un cycle de mesures de 36 heures a été entrepris dans l'estuaire de l'Escaut (51°30'N-2°30'E) au cours duquel nous avons mesuré toutes les trois heures la salinité, la température, le pH, l'alcalinité totale et l'oxygène dissous en subsurface.

La *salinité* et la *température* ont été mesurées à l'aide d'une sonde CTD SEABIRD SBE25.

Le *pH* a été mesuré en continu par la sonde conçue au Laboratoire d'Océanologie. L'étalonnage est effectué selon les normes N.B.S. et par titration d'une solution étalon de phosphate de sodium (Frankignoulle & Distèche, 1984).

L'*alcalinité totale* (Talk) et l'*Oxygène dissous* (O₂) sont respectivement déterminés par les méthodes classiques de Gran et de Winkler.

Le *carbone inorganique total* (TCO₂) est calculé en utilisant les constantes d'équilibre chimique de Mehrbach *et al* (1973) depuis les valeurs expérimentales du pH, de l'alcalinité totale, de la salinité et de la température (cfr. Frankignoulle & Distèche, 1984).

RESULTATS & DISCUSSION

La figure 1 donne l'évolution des valeurs observées de la salinité qui correspondent à l'effet attendu d'une marée semi-diurne, avec des variations qui sont de l'ordre de 2 à 3 ppt à cet endroit.

La figure 2 donne les variations journalières de l'alcalinité totale et montre que celles-ci sont très importantes, de l'ordre de 0.2 meq kg⁻¹, et varient parfaitement en opposition de phase avec la salinité: aux maxima de salinité correspondent des minima d'alcalinité et inversement. Cette observation est en bon accord avec le fait que les eaux de l'Escaut sont relativement plus chargées en carbonates que l'eau de la Mer du Nord (Wollast, communication personnelle).

L'alcalinité est un paramètre du carbone inorganique qui présente la particularité fondamentale de ne pas être affecté par un ajout ou un retrait de CO₂ dissous. Seules les interactions avec la phase carbonatée solide, minérale ou biogénique, entraînent une variation de ce paramètre. Ce caractère pratiquement conservatif vis-à-vis des processus de photosynthèse et de respiration lui a valu d'être parfois utilisée comme traceur de masses d'eau (Frankignoulle *et al*, 1990). Il apparaît des résultats présentés ici que cette propriété pourrait avantageusement être utilisée pour l'étude des mélanges estuariens.

La figure 3 donne l'évolution du pH et montre que les variations observées sont aussi parfaitement en phase avec celles de la salinité.

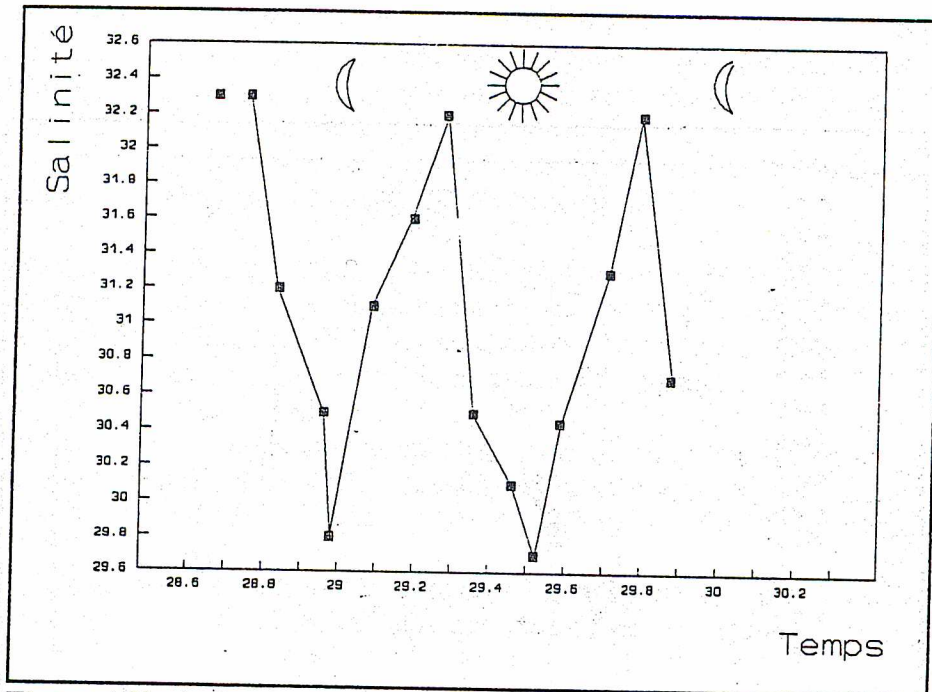


Figure 1 Evolution de la salinité, exprimée en ppt, lors du cycle de 36 heures dans l'estuaire de l'Escaut. Le temps est donné en fractions décimales de jour.

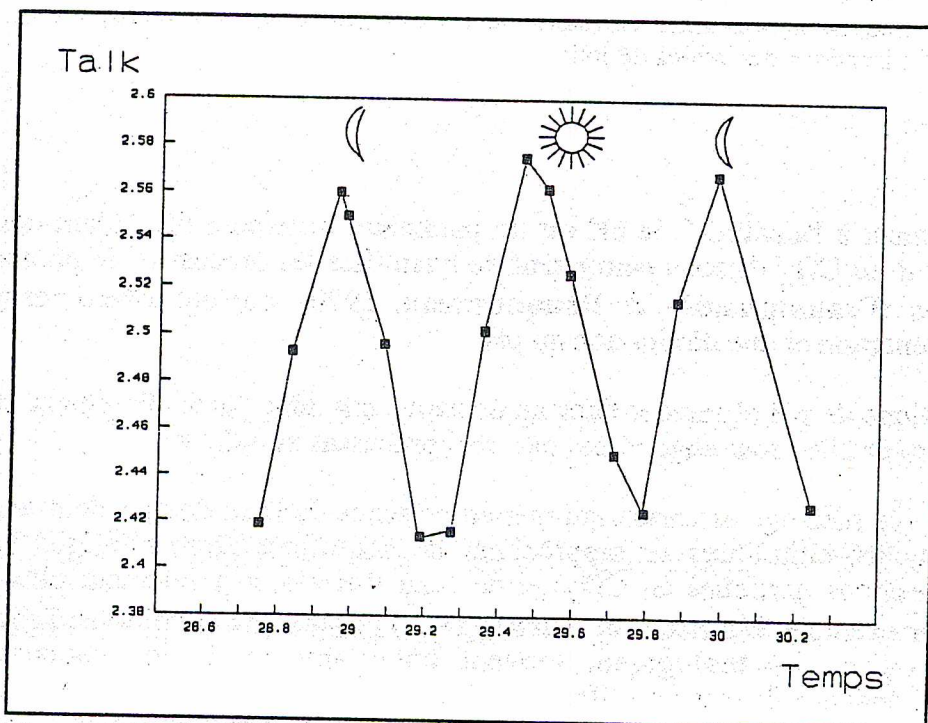


Figure 2 Evolution de l'alcalinité totale, exprimée en meq kg⁻¹, lors du cycle de 36 heures dans l'estuaire de l'Escaut. Le temps est donné en fractions décimales de jour.

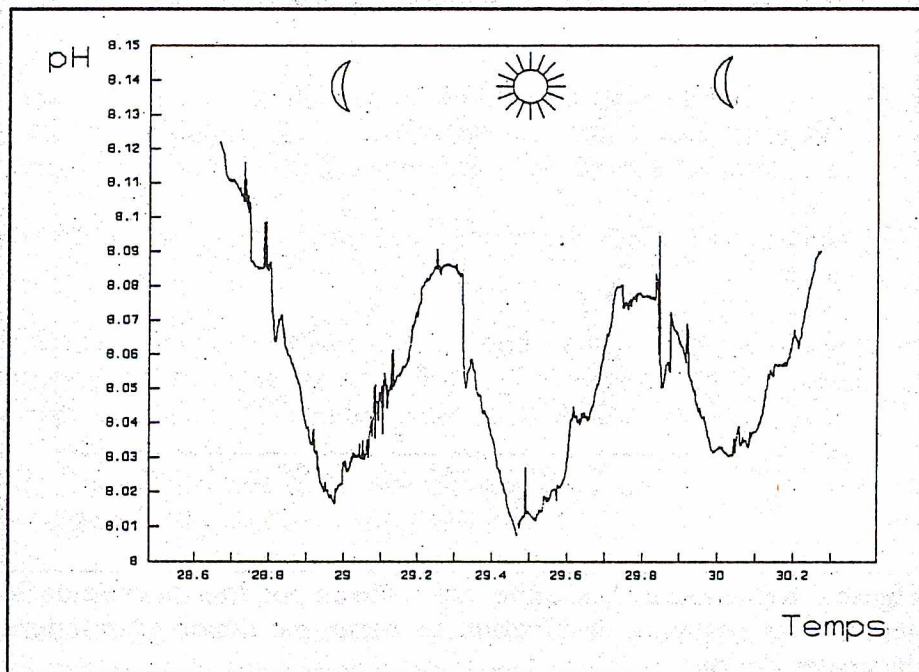


Figure 3 Evolution du pH, sur l'échelle molale N.B.S., lors du cycle de 36 heures dans l'estuaire de l'Escaut. Le temps est donné en fractions décimales de jour.

Contrairement à l'alcalinité, le pH est un paramètre fortement dépendant des variations de la teneur en CO_2 dissous permettant de quantifier les processus de photosynthèse et respiration (Frankignoulle & Bouquegneau, 1990), qui entraînent respectivement une augmentation et une diminution du pH.

Les variations de pH observées dans un estuaire sont donc particulièrement complexes à interpréter car elles sont engendrées par trois processus simultanés:

1. - le mélange estuarien qui met en présence de l'eau de mer dont les conditions physico-chimiques se rapprochent de l'équilibre atmosphérique (égalité des pressions partielles en CO_2) et de l'eau fluviale, généralement plus acide (voir par exemple Whitfield & Turner, 1986) et hors des conditions d'équilibre,
2. - l'activité biologique, souvent importante en milieu estuarien grâce à l'abondance de sels nutritifs,
3. - l'effet de la variation de la force ionique, résultant de la variation de la salinité, sur le coefficient d'activité de l'ion H_3O^+ et sur la valeur du potentiel développé à la jonction liquide de la cellule électrochimique utilisée pour mesurer

le pH. Il convient de remarquer que ce phénomène est encore mal connu et qu'il n'existe pas encore d'échelle de pH qui puisse être appliquée en milieu estuarien (Millero, 1981). Les données présentées ici se réfèrent ainsi à l'échelle N.B.S. qui reste la meilleure approche actuellement utilisée.

On peut voir sur la figure 3 que les minima de salinité correspondent à ceux du pH, montrant ainsi que les eaux fluviales sont relativement acides.

Il semble bien que dans le cas envisagé, le mélange estuarien soit la principale source des variations observées. Les mesures de pigments et de spéciation planctonique (cfr. Hecq *et al*, ce volume) devraient toutefois permettre de discuter nos résultats sur base de l'évolution journalière de la biomasse et de la production primaire.

Dans un premier temps, nous sommes en mesure de discuter les variations journalières de l'oxygène dissous, qui sont données dans la figure 4. Il apparaît que, de nouveau, ces variations suivent celles de la salinité avec toutefois deux remarques importantes:

1. - L'évolution journalière de la teneur en oxygène ne suit pas celle attendue sur base des lois de solubilité physico-chimiques: en accord avec ces lois, aux maxima de salinité devraient correspondre les minima d'oxygène, et nous observons l'inverse,

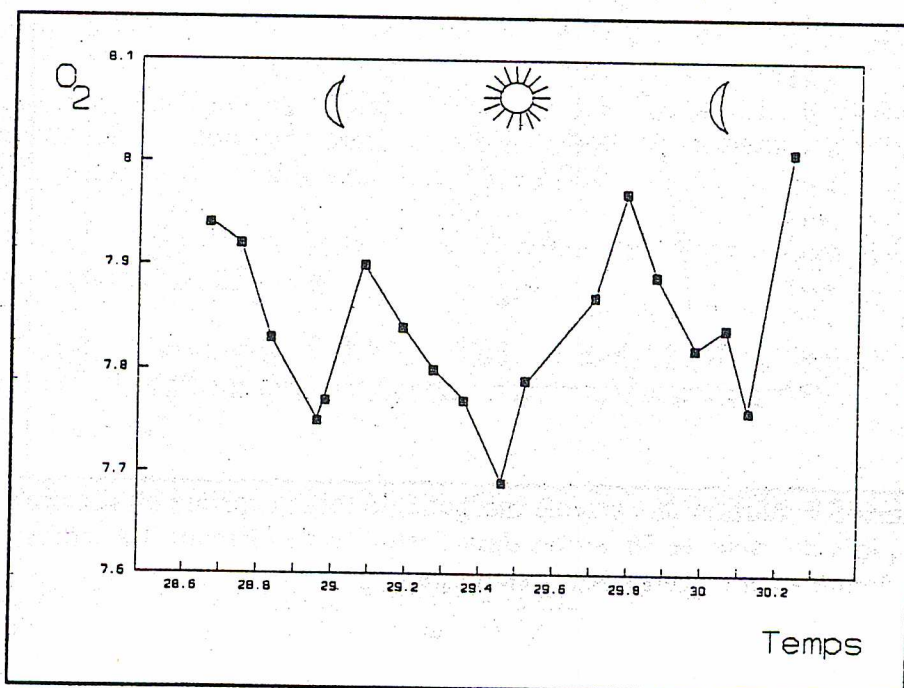


Figure 4 Evolution de la teneur en oxygène dissous, exprimée en mg l⁻¹, lors du cycle de 36 heures dans l'estuaire de l'Escaut. Le temps est donné en fractions décimales de jour.

2. - la teneur moyenne observée (7.43 mg l⁻¹) correspond à un niveau très net de sous saturation, de l'ordre de 90%. En effet, le niveau de saturation, calculé sur base des valeurs moyennes de la salinité et de la température, est d'environ 8.84 mg l⁻¹.

Ces remarques peuvent s'expliquer simplement par le fait que le mélange estuarien met en présence des eaux d'origine marine proches de la saturation et des eaux d'origine fluviales en nette sous-saturation. Cette sous-saturation, fréquemment observée dans les estuaires (e.g. Morris *et al*, 1985), crée donc une situation inverse de celle que l'on pourrait observer dans le cas de mélange d'eaux à 100% de saturation.

La dernière figure (fig 5) donne les valeurs du carbone inorganique total qui évoluent de façon tout à fait similaire à celles de l'alcalinité totale, avec des variations également de l'ordre de $0.2 \text{ mmole kg}^{-1}$, montrant ainsi la prédominance marquée des phénomènes de mélange de masses d'eau sur l'activité biologique. Les variations d'alcalinité engendrées par la nature des masses d'eau mises en présence sont telles qu'il est peu probable de détecter l'incidence d'une éventuelle production biologique sur les valeurs du carbone inorganique total.

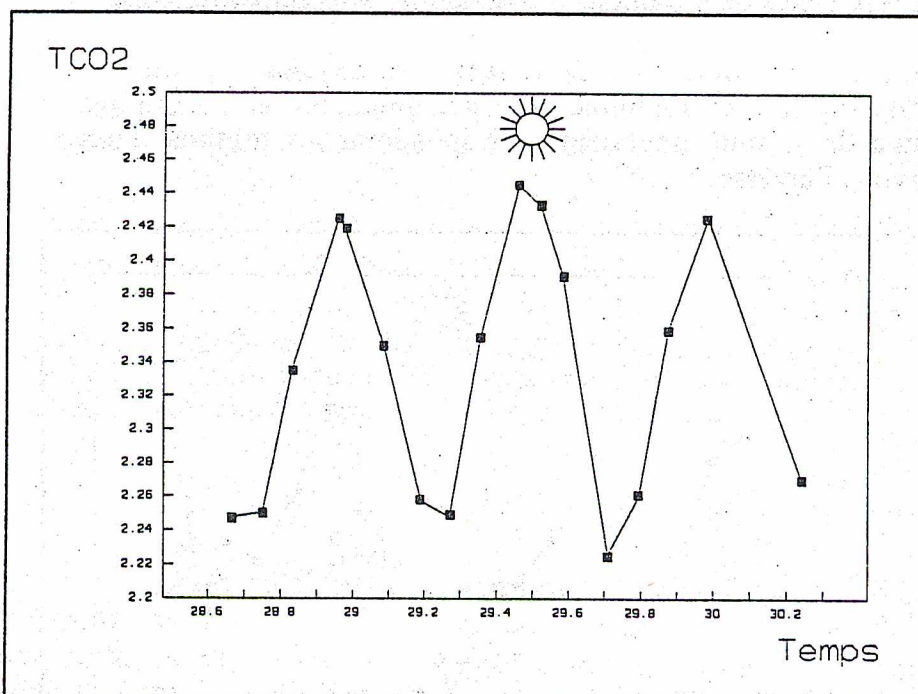


Figure 5 Evolution du carbone inorganique total, exprimé en mmole kg^{-1} , lors du cycle de 36 heures dans l'estuaire de l'Escaut. Le temps est donné en fractions décimales de jour.

CONCLUSIONS

Les paramètres mesurés au cours de cette campagne montrent de manière évidente que, sur le site choisi, les phénomènes de mélanges estuariens prédominent sur l'activité biologique dans la dynamique du carbone inorganique. Les variations observées de l'alcalinité totale sont particulièrement importantes et déterminent celles du carbone inorganique total. L'évolution de l'oxygène dissous peut également être qualitativement expliquée par l'alternance du mélange de l'eau de mer avec celle de l'eau fluviale en nette sous-saturation.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'équipage du *R.V. Belgica* pour leur collaboration efficace lors de la campagne n_1991/22 et l'U.G.M.M. (Dr. G. Pichot) qui en a permis le bon déroulement, Messieurs R. Biondo & J.M. Théate pour leur assistance technique, le Dr. Bottom (Kent Industrial Measurements, Ltd) qui nous a fourni gracieusement les électrodes pH, la Communauté Française de Belgique pour son soutien financier (*Programme Actions de Recherches Concertées, Convention 89/94-131*).

REFERENCES

- Frankignoulle, M. & A. Distèche (1984). CO₂ chemistry in the water column above a *Posidonia* seagrass bed and related air-sea exchanges. *Oceanol. Acta*, 7, 209-219.
- Frankignoulle, M. & J.M. Bouquegneau (1990). Daily and yearly variations of total inorganic carbon in a productive coastal area. *Estur. Coast. Shelf Sc.*, 30, 79-89.
- Frankignoulle, M., De Caluwe, M. & J.M. Bouquegneau (1990). Utilisation de l'alcalinité totale comme traceur de masse d'eau. *Bull. Soc. Roy. Sc. Lg.*, 59, 105-111.
- Mehrbach, C., Culberson, C.H., Hawley, J.E. & R.M. Pytkowicz (1973). Measurements of the apparent dissociation constants of carbonic acid in seawater at atmospheric pressure. *Limnol. Oceanogr.*, 18, 897-907.
- Millero, F.J. (1981). The ionization of acids in estuarine waters. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 45, 2085-2089.
- Morris, A.W., Howland, R.J.M., Wodddward, E.M.S, Bale, A.J. & R.F.C Mantoura (1985). Nitrite and ammonia in the Tamar Estuary. *Neth. J. Sea Res.*, 19, 217-222.
- Walsh, J.J. (1988). On the nature of continental shelves, Academic Press Inc., London, pp 520.
- Whitfield, M. & D.R. Turner (1986). The carbon dioxide system in estuaries - An inorganic perspective. *Sci. Tot. Environm.*, 49, 235-355.