

EVOLUTION DU  $\delta^{13}\text{C}$  ET DE LA COMPOSITION DE LA MATIERE ORGANIQUE  
PARTICULAIRE DANS UN ESTUAIRE EUTROPHE DE LA MER DU NORD  
(LA WASH, ANGLETERRE).

FICHEZ R.

Centre ORSTOM - Tahiti, B. P. 529, PAPEETE, Tahiti

The biochemical and stable carbon isotope composition of particulate organic matter was studied from March 1990 to January 1991 in an English shallow water estuary. The estuary exported particulate organic matter during the winter period while it produced and retained organic material during the spring-summer period. The occurrence of primary production in turbid waters is discussed.

INTRODUCTION

Les estuaires sont des zones frontales où les eaux douces continentales et les eaux océaniques se rencontrent et se mélangent. Dans les mers à fortes marées, telle que la Mer du Nord, les processus physiques liés aux courants périodiques de flux et de reflux s'associent aux processus physico-chimiques liés au gradient de salinité et engendrent des écosystèmes complexes à forte variabilité. Les zones estuariennes turbides, étant donné la faible pénétration de la lumière, sont généralement considérées comme des sites privilégiés de dégradation hétérotrophe alors que les sites de production primaire recyclant les sels nutritifs sont situés en mer, au large de l'estuaire, dans des eaux moins chargées en suspensions (Yoder et Bishop, 1985; Randall et Day, 1987). Toutefois la production primaire est toujours active dans les eaux turbides et peut même atteindre des taux élevés (Oertel et Dunstan, 1981). Il en résulte que selon les conditions de milieu, l'équilibre entre production autotrophe et dégradation hétérotrophe peut basculer dans un sens ou dans l'autre. L'hétérotrophie conduit au recyclage de composés organiques en composés inorganiques, alors que l'autotrophie représente l'étape inverse. On comprendra toute l'importance de l'analyse de ces processus dans le cadre d'une étude des flux de nutriments estuariens.

Le travail présenté ici a été financé par le programme MAST de la CEE et s'est inscrit dans le cadre du programme britannique Joint Nutrient Study (JONUS) dont le but est de déterminer l'influence des flux continentaux de nutriments sur le milieu marin. Cette étude avait pour but d'étudier le devenir de la matière organique particulaire et de définir la nature et l'importance des transformations biogéochimiques dans la masse d'eau à travers une zone estuarienne peu profonde: l'estuaire de la Wash. L'analyse de la composition biochimique des particules a été combinée avec l'analyse des isotopes stables du carbone, le rapport  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  étant considéré comme un traceur isotopique de l'origine du matériel organique (Fry et Sherr, 1984; Benner *et al.* 1987)

MATERIEL ET METHODES

Les résultats présentés ici portent sur l'étude de l'estuaire de la Great-Ouse. Cette rivière draine la moitié des apports en eau douce de la Wash et sa charge élevée en sels nutritifs en fait une source d'eutrophisation importante. Une écluse tidale sépare la rivière de la zone amont de l'estuaire où les eaux sont encore douces mais soumises aux courants de marée. A partir de l'écluse, l'estuaire est constitué d'un canal de 25 km de long, 30 à 60 m de large et 4 à 8 m de fond à marée haute. Ce canal débouche dans la baie de la Wash, d'une profondeur maximum de 25m, qui présente de larges bancs sablo-vaseux découvrant à marée basse. L'échantillonnage a été effectué chaque mois, de Mars 1990 à Janvier 1991, sur un transect de 48 km qui partait de l'amont de l'écluse tidale et se terminait au milieu de la baie de la Wash (Fig. 1).

Les échantillons d'eau ont été filtrés sur filtre GF/C. L'analyse du carbone et de l'azote organique a été effectuée sur un autoanalyseur CHN-S Carlo Erba Instruments après décarbonatation des filtres par fumage en vapeur d' $\text{HCl}$  (2h). La composition biochimique des particules a été déterminée par dosage des glucides, protéines et lipides totaux, la charge moyenne en carbone de chaque composé est estimée à 45% pour les glucides, 50% pour les protéines et 75% pour les lipides en accord avec la composition des étalons standards utilisés (Fichez, 1991 a). De plus, ces valeurs d'équivalents carbone sont très similaires aux valeurs de charge en carbone obtenus sur les différentes fractions biochimiques des particules marines (Degens, 1970; Jeffrey, 1970; Saliot *et al.*, 1984; Fukami *et al.*, 1985). En effectuant la somme du carbone organique contenu dans ces composés et en la soustrayant à la concentration en carbone organique total de l'échantillon, on

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 37960, ex 1

3 - SEP. 1993

Cote : B

obtient une estimation du contenu en carbone organique de la fraction non identifiée par analyse qui peut être considérée comme étant de la matière organique complexe (Gough et Mantoura, 1990; Fichez, 1991 b). La chlorophylle *a* et les phéopigments, extraits dans l'acétone à 90% ont été dosés par spectrophotométrie ou fluorimétrie.

La mesure du rapport  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  a été effectuée sur un spectromètre de masse isotopique "Isogas V.G. Instrument". La préparation de l'échantillon de  $\text{CO}_2$  a été effectuée par oxydation ménagée ( $500^\circ\text{C}$ , 2h) sous vide et purification du gaz (Fichez *et al.*, 1991 b). Le résultat est exprimé selon la formulation  $\delta^{13}\text{C}$  en utilisant le PDB comme standard.

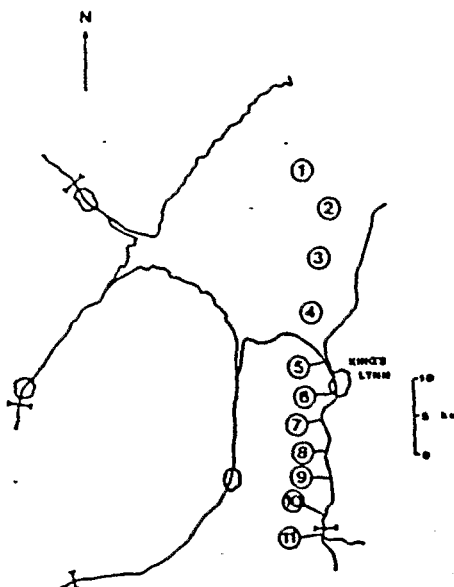


Figure 1 - Baie de la Wash et localisation des points de prélèvements sur l'estuaire de la Great Ouse.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### *Chloropigments.*

Les concentrations en chlorophylle *a* sont très élevées dans la zone amont de l'estuaire malgré une forte charge en matière en suspension des eaux. En Mars, au début du printemps, la concentration en chlorophylle *a* atteint  $126 \mu\text{g l}^{-1}$  pour une concentration en particules de  $50 \text{ mg l}^{-1}$ . A cette période les pigments dégradés étaient totalement absents mettant en évidence le caractère actif des pigments chlorophylliens et la vitalité évidente du bloom phytoplanctonique. Une situation de blooms alternés se prolonge jusqu'en Juillet avec des concentrations en chlorophylle *a* de  $158 \mu\text{g l}^{-1}$  à la station 10. A partir d'Août, la charge en particules dépasse une valeur seuil d'environ  $100 \text{ mg l}^{-1}$  et augmente jusqu'en Janvier. A partir de ce moment les concentrations en chlorophylle *a* tombent en dessous de  $30 \mu\text{g l}^{-1}$  et le pourcentage de pigments dégradés augmente régulièrement pour atteindre, en Novembre, 67% de l'ensemble des chloropigments.

### *Isotope $^{13}\text{C}$ .*

Dans la rivière, en amont de l'écluse tidale, les valeurs sont d'environ  $-29 \text{ ‰}$  alors qu'elles sont d'environ  $-20 \text{ ‰}$  en mer (Fig. 2).

Au niveau marin il faut noter que ces valeurs passent de  $-19 \text{ ‰}$  au printemps à  $-22 \text{ ‰}$  en hiver. Ce phénomène trahit à la fois l'influence de la température sur le fractionnement isotopique dans le phytoplancton et l'exportation de matériel organique d'origine continentale vers le large. Il n'y a pas de relation linéaire stricte entre  $\delta^{13}\text{C}$  et salinité, ce qui démontre que le comportement du  $\delta^{13}\text{C}$  dans l'estuaire de la Great Ouse est non-conservatif. Cette caractéristique semble aller à l'encontre de la tendance générale rencontrée en estuaire (Lucotte, 1989). La rapide augmentation du  $\delta^{13}\text{C}$  dans l'estuaire supérieur où l'eau reste toujours dessalée (salinité 0-5‰) peut être principalement attribuée à une forte resuspension de matériel sédimentaire. Le sédiment à cet endroit présente en effet des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  se situant entre  $-20,3$  et  $-21,7 \text{ ‰}$ . Toutefois, étant donné les fortes concentrations en chlorophylle *a*, on peut considérer que le développement d'un phytoplancton

2000.0301a  
2

ayant des caractéristiques isotopiques différentes du phytoplancton continental participe de façon significative à l'augmentation globale du  $\delta^{13}\text{C}$  dans cette zone.

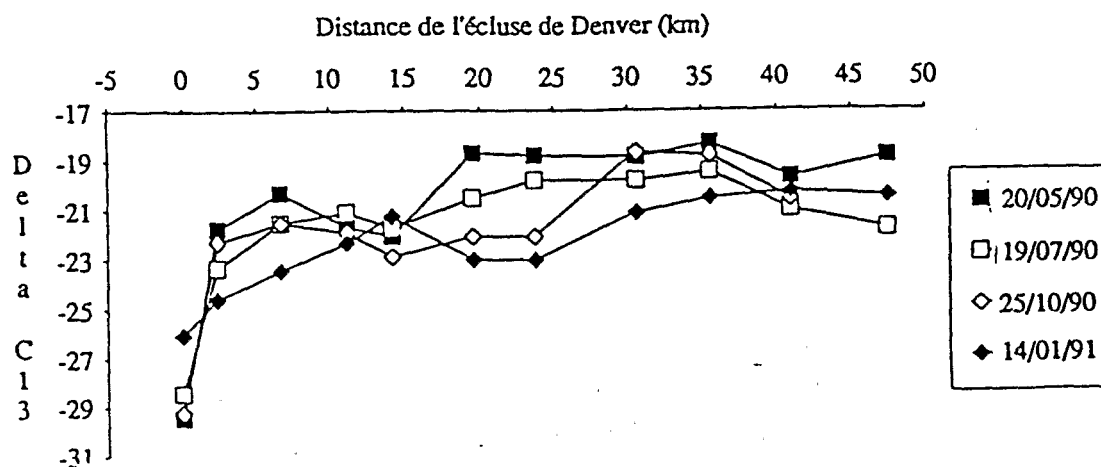


Figure 2 - Evolution temporelle des profils de  $\delta^{13}\text{C}$  dans l'estuaire de la Great Ouse.

*Composition biochimique.*

Seul un aperçu des résultats sur la composition biochimique de la MOP peut être donné ici, c'est pourquoi seules les situations présentant de fortes concentrations en chlorophylle sont développées (Fig. 3). On observera que, dans les deux cas présentés, la fraction non identifiée du carbone qui peut être considéré comme provenant de la matière organique complexe représente de 30 à 50% de l'ensemble du carbone organique particulaire (COP). En Mai les glucides ont une forte importance relative en mer, ce qui correspond à la présence d'un fort bloom phytoplanctonique et d'une faible proportion de matériel organique détritique. En rivière malgré une faible charge en suspension et une concentration relativement élevée en chlorophylle *a*, la matière organique complexe présente toujours une participation relative élevée. Cette caractéristique est en accord avec les constatations de nombreux auteurs et souligne notre faible connaissance de la composition détaillée de la MOP.

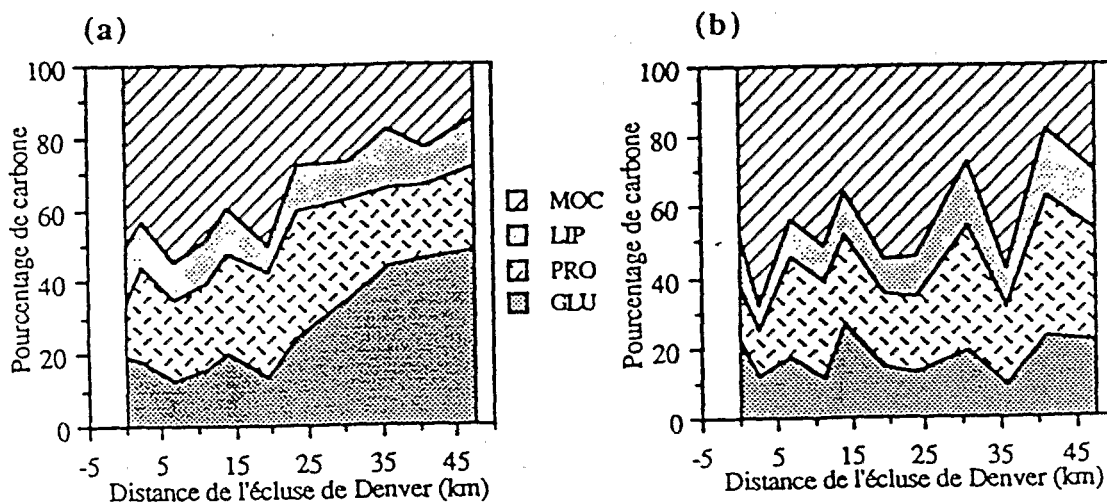


Figure 3 - Composition biochimique des particules en (a) Mai et (b) Juillet, répartition de la fraction relative de carbone de chacune des quatre grandes classes de composés organiques, soit : glucides (GLU), protéines (PRO), lipides (LIP), matière organique complexe (MOC).

## CONCLUSION

L'ensemble des résultats obtenus permet de mieux comprendre le fonctionnement de l'écosystème estuarien et le cycle biogéochimique de la MOP au cours de son transfert continent-océan.

Cette étude met en évidence une production phytoplanctonique intense dans la zone turbide de l'estuaire. Ce résultat constitue une surprise puisque la turbidité réduit la profondeur de la couche euphotique à quelques dizaines de centimètres. Dans le cas d'estuaires non stratifiés la profondeur critique en dessous de laquelle les algues sont incapables de compenser les pertes respiratoires par photosynthèse est donc rapidement atteinte, ce qui empêche le développement du phytoplancton. Les eaux de l'estuaire de la Great-Ouse ne sont jamais stratifiées. Pourtant en dessous d'un seuil d'une concentration de particules de  $70 \text{ mg l}^{-1}$ , correspondant à une épaisseur de la couche euphotique de 0,6 m (Fichez et al., 1991 a), le développement algal peut atteindre de très fortes valeurs. Ce phénomène peut être expliqué par la faible profondeur de l'estuaire et le fort hydrodynamisme lié au cycle tidal. Les particules et donc les cellules phytoplanctoniques suivent lors du flux et du reflux l'écoulement turbulent de la masse d'eau. Pour les particules, ce processus physique correspond à un mouvement cyclique de va et vient entre la surface et le fond et donc à une exposition séquentielle à la lumière du jour. Cette alternance entre lumière et obscurité peut être suffisante, voire même favorable à la photosynthèse (Fichez et al., 1991 a). Ceci est en accord avec les conclusions de certains auteurs qui considèrent en effet que la profondeur critique en zone à forte turbidité est égale à 10 (Wofsy, 1983), voir même à 20 fois la profondeur de la couche euphotique (Grobbelaar, 1990). Dans le cas de la Great-Ouse, si nous considérons une profondeur de 6 m pour l'estuaire supérieur et une couche euphotique limite de 0,6 m, le rapport obtenu est de 10, ce qui cadre avec la gamme précédemment énoncée.

Le fonctionnement global de l'estuaire peut être décrit comme suit. Pendant une moitié de l'année (printemps-été), l'estuaire convertit le matériel inorganique dissous en matériel organique particulaire qui s'accumule dans le bouchon vaseux, d'une part, et sédimente sur le fond, d'autre part. Durant l'autre moitié de l'année (automne-hiver) le fort débit des rivières expulse le bouchon vaseux et érode les fonds sédimentaires et exporte donc le matériel organique particulaire vers les milieux côtiers environnant et le large où il sédimente. On voit donc que sur un cycle annuel l'estuaire va réguler le flux de nutriments au moment de la période favorable au bloom (printemps) en jouant le rôle de transformateur et d'accumulateur. En période défavorable au développement phytoplanctonique (hiver), l'estuaire exporte massivement vers le large. Il est évident que cette exportation de matériel particulaire et sa sédimentation sur le fond s'effectue à une période où, sous l'influence des faibles températures, la dégradation hétérotrophe est faible et donc le recyclage de la MOP en nutriments dans les sédiments est lent. Cette dégradation sera accélérée en été et pourra, par diffusion des sels nutritifs du sédiment vers la colonne d'eau, stimuler les blooms phytoplanctoniques secondaires d'automne. On voit donc que le mécanisme influence l'écosystème environnant sur une échelle assez large et sur une durée d'au moins un an. D'autre part il est possible d'appréhender les conséquences d'événements exceptionnels telles de fortes précipitations en été qui auraient pour conséquence un fort enrichissement en sels nutritifs (direct + recyclé) suivi d'un fort bloom phytoplanctonique pouvant conduire au développement d'une crise dystrophique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- Benner R., Fogel M. L., Sprague E. K. et Hodson R. E., 1987. Depletion of  $^{13}\text{C}$  in lignin and its implications for stable carbon isotope studies. *Nature*, 329, 708-710.
- Degens E. T., 1970. Molecular nature of nitrogenous compounds in sea water and recent sediments. In: Organic matter in natural waters. D. W. Hood (ed.), University of Alaska, Institute of Marine Science Occasional Publications, 1, 77-106.
- Fichez R., 1991 a. Organic matter composition and fate in submarine cave sediments, implications to the organic carbon cycle. *Oceanologica Acta*, 14, 369-377.
- Fichez R., 1991 b. Suspended particulate organic matter in a Mediterranean submarine cave. *Marine Biology*, 108, 167-174.
- Fichez R., Jickells T. D. et Edmunds H. M., 1991 a. Algal blooms in high turbidity, a result of the conflicting consequences of turbulence on nutrient cycling in a shallow water estuary. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, in press.
- Fichez R., Dennis P. et Jickells T. D., 1991 b. Isotopic and biochemical composition of particulate organic matter in a shallow water estuary subject to eutrophication (Great Ouse, North Sea, England). Soumise à publication (*Marine Chemistry*).
- Fry B. et Sherr E. B., 1984.  $^{13}\text{C}$  measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. *Contributions in Marine Science*, 27, 13-47.
- Fukami K., Simidu U. et Taga N., 1985. Microbial decomposition of phyto- and zooplankton in seawater. I: Changes in organic matter. *Marine Ecology Progress Series*, 21, 1-5.
- Gough M. A. et Mantoura R. F. C., 1990. Advanced analytical methods for the characterisation of macromolecular marine organic matter. In: *Mass spectrometry of large non volatile molecules for marine organic chemistry*. Hill, E. & Tuszynski, D. (eds.), World Scientific, in press.
- Grobbelaar J. U., 1990. Modelling phytoplankton productivity in turbid waters with small euphotic to mixing depth ratios. *Journal of Plankton Research*, 12, 923-931.
- Jeffrey L. M., 1970. Lipids of marine waters. In: Organic matter in natural waters. D. W. Hood (ed.), University of Alaska, Institute of Marine Science Occasional Publications, 1, 55-76.
- Lucotte M., 1989. Organic carbon isotope ratios and implications for the maximum turbidity zone of the St Lawrence upper estuary. *Estuarine Coastal and Shelf Sciences*, 29, 293-304.
- Oertel G. F. et Dunstan W. M., 1981. Suspended-sediment distribution and certain aspects of phytoplankton production off Georgia, USA. *Marine Geology*, 40, 171-197.
- Randall J. M. et Day J. W. Jr., 1987. Effects of river discharge and vertical circulation on aquatic primary production in a turbid Louisiana (USA) estuary. *Netherland Journal of Sea Research*, 21, 231-242.
- Saliot A., Lorre A., Marty J.-C., Scribe P., Tronczynski J., Meybeck M., Dessery S., Marchand M., Caprais J.-C., Cauwet G., Etcheber H., Relexans J.-C., Ewald M., Berger P., Belin C., Gouleau D., Billen G. et Somville M., 1984. Biogéochimie de la matière organique en milieu estuarien: stratégies d'échantillonnage et de recherche élaborée en Loire (France). *Oceanologica Acta*, 7, 191-207.
- Wofsy S. C., 1983. A simple model to predict extinction coefficients and phytoplankton biomass in eutrophic waters. *Limnology and Oceanography*, 28, 1144-1155.
- Yoder J. A. et Bishop S. S., 1985. Effects of mixing-induced irradiance fluctuations on photosynthesis of natural assemblages of coastal phytoplankton. *Marine Biology*, 90, 87-93.

FICHEZ, R., 1992. Evolution du  $\delta^{13}\text{C}$  et de la composition de la matière organique particulaire dans un estuaire eutrophe de la Mer du Nord (La Wash, Angleterre).

*In, Le littoral, ses contraintes environnementales et ses conflits d'utilisation.* AMIARD, J.-C. & ROBERT, J.-M. (Editors), ISOMer, Université de Nantes, Nantes (Fr.), p.145-149.

## ACTES DU COLLOQUE

# LE LITTORAL, SES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES ET SES CONFLITS D'UTILISATION

*organisé conjointement par*



Union des océanographes de France



& Société française d'Écologie

NANTES  
1-4 JUILLET 1991

B 37960, ex 1

P 5