

## MISE EN EVIDENCE AU MOYEN DE L'ALCALINITE TOTALE D'UNE REMONTEE DE MASSE D'EAU EN BAIE DE CALVI

Michel FRANKIGNOULLE et Jean-Marie BOUQUEGNEAU

Université de Liège, Laboratoire d'océanologie,  
B6 Sart-Tilman, B-4000 Liège, Belgium

et

S.T.A.R.E.S.O., B.P. 33, F 20260 Calvi, France

### UPWELLING CHARACTERIZATION IN CALVI BAY BY MEANS OF THE TOTAL ALKALINITY

Abstract. The determination of total alkalinity at the bottom and at the surface of the Bay of Calvi (Corsica) shows that the prolongation of the canyon is characterized by a more alkaline water tongue in the bottom layer. Such observation suggests an upwelling from the canyon, in good agreement with some data described by other authors about the hydrology of the Bay.

Mots clés: alcalinité totale, remontée d'eau, baie de Calvi.  
Key words: total alkalinity, upwelling, Calvi Bay.

Le régime hydrologique global de la baie de Calvi (Corse) n'a encore fait l'objet d'aucune étude complète. La circulation locale va dépendre des conditions météorologiques, des courants océaniques du large et de la topographie particulière de la baie. La figure 1 donne sa bathymétrie, caractérisée par une pente relativement douce à l'intérieur de la baie elle-même et par l'existence d'un canyon atteignant la limite de celle-ci, dans le prolongement nord de la ville de Calvi.

Les zones côtières corses jouissent d'un climat tempéré, les précipitations sont assez rares mais peuvent être fort importantes en hiver. A Calvi, les vents varient de façon assez imprévisible et sont déterminés par trois régimes importants : le Libeccio, le Mistral et la Tramontane, respectivement de secteurs S-O, N et N-O (LOFFET, 1981). Des mesures courantométriques ont été présenté par J. Godeaux, le 15 février 1990

effectuées en quelques endroits de la baie de Calvi par DJENIDI (1985; in press) qui note des coups de vents violents pouvant entraîner des pointes de courant de l'ordre de  $20 \text{ cm sec}^{-1}$ . Ses observations lui ont aussi permis d'envisager la présence de gyres transitoires au sein de la baie.

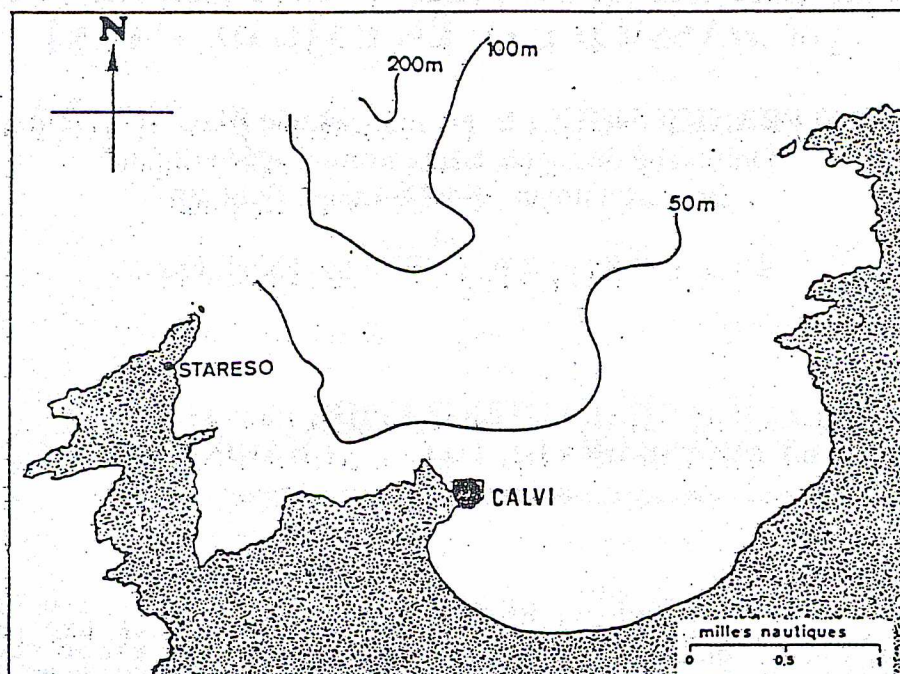
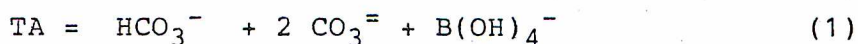


Figure 1: Topographie de la baie de Calvi et positionnement du canyon.

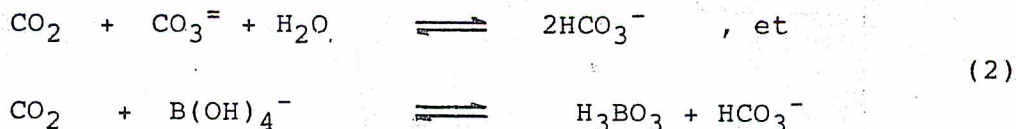
Les courants océaniques au large sont principalement déterminés par la présence d'un front thermohalin qui engendre une circulation cyclonique dans le bassin liguro-provençal. Du côté corse, ce front se situe entre 10 et 20 milles au large et sépare les eaux côtières d'origine atlantique des eaux du large d'origine méditerranéenne profonde, plus froides et plus salées (voir HECQ et al., 1986). La position de ce front est fortement dépendante du régime des vents (MOUCHET et FRANKIGNOULLE, 1988).

L'alcalinité totale, paramètre fondamental du système  $\text{CO}_2$  dans l'eau de mer, a déjà été utilisée quelquefois avec succès pour caractériser les masses d'eau selon leur origine et en suggérer les mouvements, notamment au niveau du front liguro-provençal (FRANKIGNOULLE et BOUQUEGNEAU, 1985; FRANKIGNOULLE, 1986; HECQ et al., 1986; MOUCHET et FRANKIGNOULLE, 1988). Définie comme étant l'excédent de bases présentes dans l'eau de mer, exprimé en

équivalent-proton, soit essentiellement :



, ce paramètre présente un caractère conservatif vis-à-vis d'un ajout ou d'un retrait de  $\text{CO}_2$  dissous, en accord avec :



Cette propriété fait de l'alcalinité un paramètre particulier lors de l'étude de la couche de surface puisque les échanges air-mer et l'essentiel des processus de photosynthèse et de respiration se font en utilisant le  $\text{CO}_2$  dissous. Ajoutons à cela que, la dissolution des carbonates étant favorisée par une diminution de la température et une augmentation de la pression, les eaux profondes sont souvent plus alcalines ( cfr. *éq.1*).

Au cours de ce travail, nous avons effectué des cartes de distribution de l'alcalinité totale en baie de Calvi, au fond et à la surface à deux époques différentes de l'année. Ces résultats ont été obtenus à bord du R.V. "RECTEUR DUBUISSON" au départ de la station de recherches STARESO de l'université de Liège en Corse. L'alcalinité totale est déterminée selon la méthode de GRAN (1952), adaptée par FRANKIGNOULLE et DISTECHE (1984).

Tableau 1. caractérisation de l'alcalinité totale des eaux de la baie de Calvi (exprimée en milliequivalents par litre).

Type d'eau	gamme d'alcalinité
1	2.5750 - 2.5875
2	2.5875 - 2.6000
3	2.6000 - 2.6125
4	2.6125 - 2.6250
5	2.6250 - 2.6375

Les figures 2 et 3 donnent les résultats obtenus respectivement le 3 août et le 22 octobre 1984. A chacune des 12 stations, indiquées par des points sur ces figures, nous avons effectué un prélèvement en subsurface et un prélèvement au fond. Ces cartes ont été établies en représentant des isolignes distantes de  $12.5 \mu\text{éq.l}^{-1}$ , afin de respecter les conventions choisies pour l'étude du front liguro-provençal (FRANKIGNOULLE, 1986; HECQ *et al.*, 1986). La gamme d'alcalinité obtenue en baie de Calvi permet de distinguer

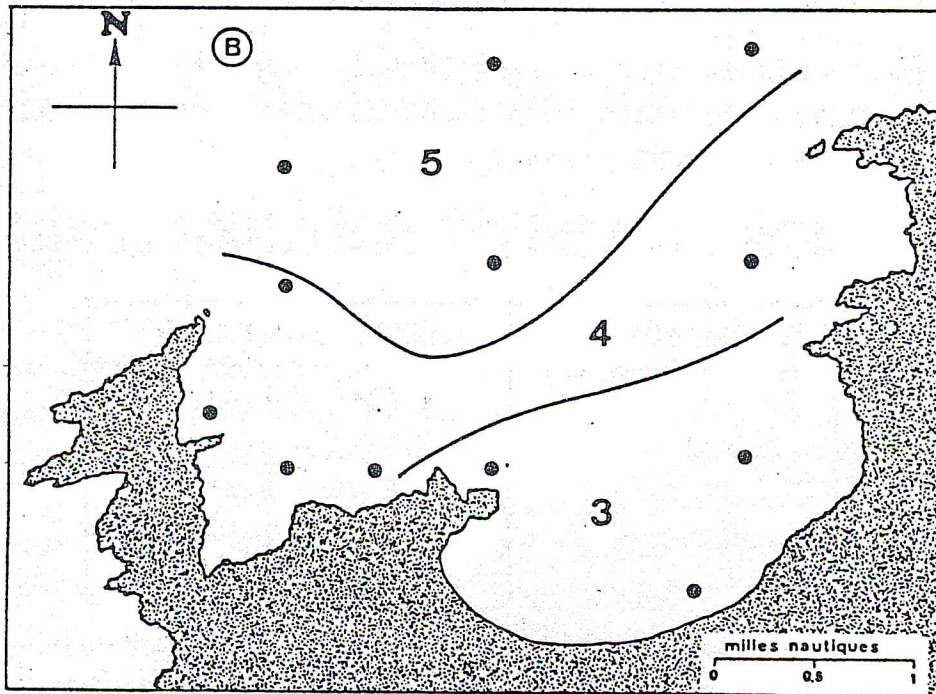
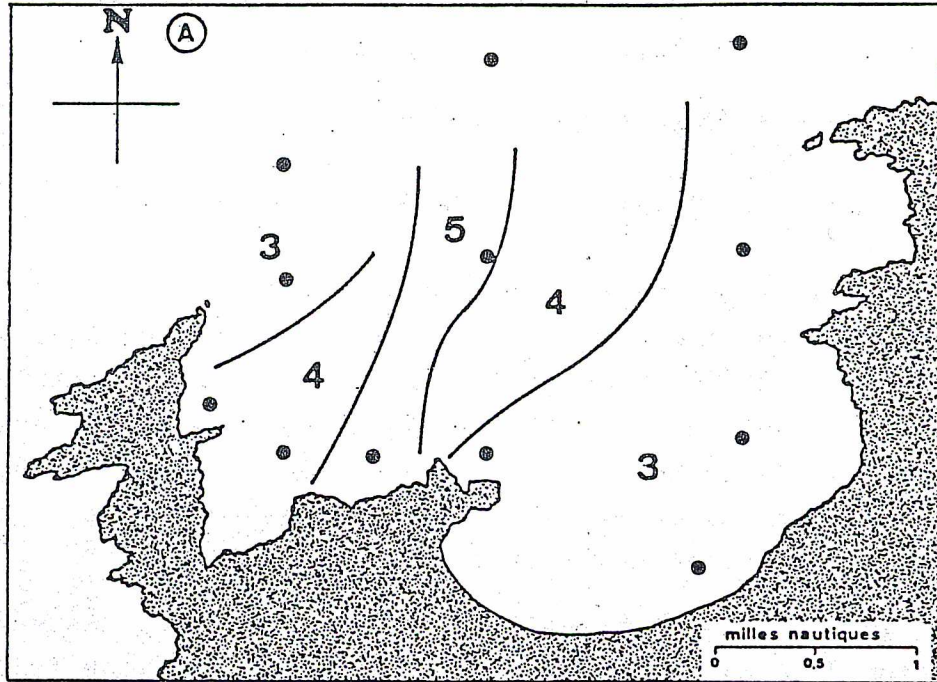


Figure 2: Carte des isolignes d'alcalinité totale de la baie de Calvi le 3 août 1984, au fond (A) et à la surface (B). Les points indiquent les stations d'échantillonnage. L'alcalinité des types d'eau est donnée dans le tableau 1.

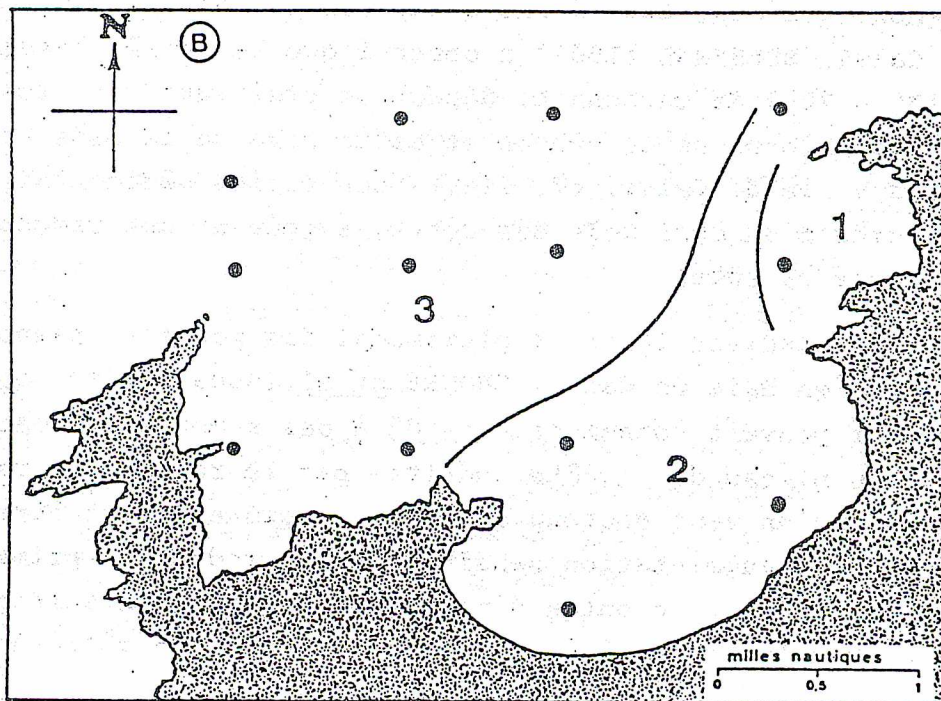
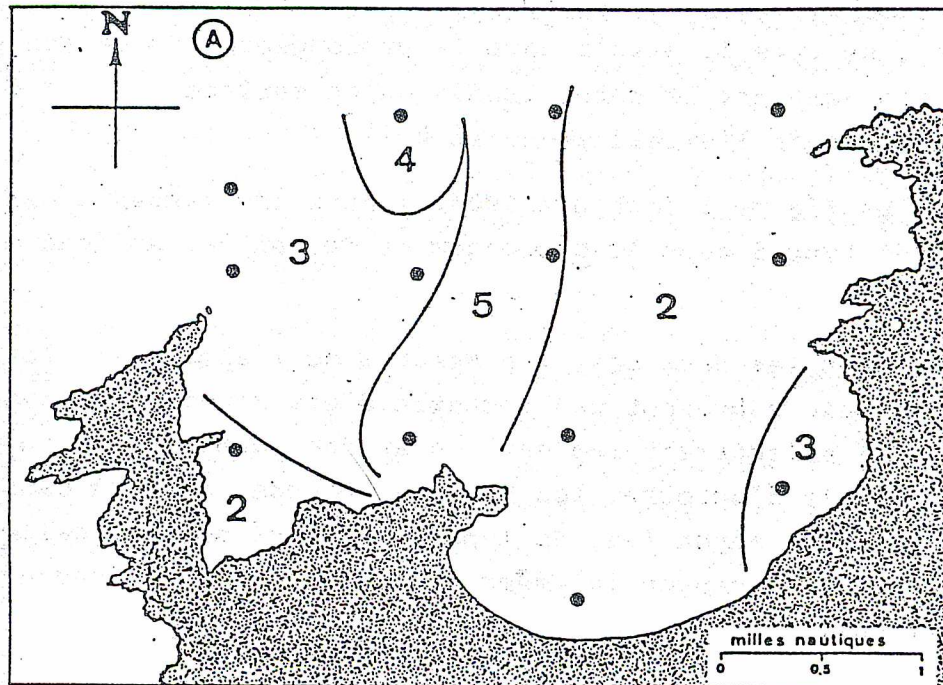


Figure 3: Carte des isolignes d'alcalinité totale de la baie de Calvi le 22 octobre 1984, au fond (A) et à la surface (B). Les points indiquent les stations d'échantillonnage. L'alcalinité des types d'eau est donnée dans le tableau 1.

ainsi 5 types d'eau dont les valeurs correspondantes d'alcalinité totale sont données dans le tableau 1.

La figure 2 met en évidence une langue d'eau de fond plus alcaline, de type 5, située dans le prolongement du canyon et qui atteint pratiquement la côte, tandis qu'en surface ce type d'eau ne se rencontre qu'à l'extérieur de la baie.

La figure 3 (octobre 1984) montre une langue d'eau plus alcaline de type 5 dans le prolongement du canyon, au fond mais pas en surface.

Dans les deux cas, les mesures de l'alcalinité totale du fond de la baie suggèrent une remontée d'eau depuis le canyon, remontée qui affecterait les eaux de surface dans le cas du mois d'août. Au mois d'octobre, les valeurs obtenues au fond dans le prolongement du canyon (eau de type 5) correspondent à celles observées dans le canyon lui-même à 200 mètres de profondeur par HECO et al. (1986).

D'autres travaux ont également aboutis à l'hypothèse d'une telle remontée d'eau. Lors d'une étude des faciès sédimentaires en baie de Calvi, BURHENNE (1981) a observé que le faciès vaseux du canyon (30 à 70 % de carbonate) dépassait très largement les limites de celui-ci. Alors que le canyon se situe hors de la baie -dans l'axe nord de la ville de Calvi, cf. fig.1- son faciès sédimentaire s'étend jusqu'à moins d'un demi-mile des côtes, suggérant une remontée d'eau profonde vers la côte.

En étudiant l'aspect plurimodal des poussées planctoniques printanières en baie de Calvi, BROHEE et al. (sous presse) ont montré que celui-ci pouvait notamment être dû à des remontées d'eaux profondes au niveau de la côte induites par le régime des vents. C'est ainsi qu'un vent soutenu de secteur nord-est peut être à l'origine d'une augmentation sensible de la production primaire dans la baie, suite à une remontée d'eau profonde riche en sels nutritifs, en accord avec les lois générales de la cinématique côtière.

Il convient de remarquer que l'utilisation de l'alcalinité totale pour caractériser les eaux en zone côtière est plus délicate qu'en mer profonde ouverte car:

- ces eaux sont en contact avec un sédiment souvent riche en calcite magnésienne (WOLLAST and REINHARD-DERIE, 1977), moins stables que la calcite ou l'aragonite et qui sont donc à même de se dissoudre plus facilement. Certains organismes produisent des calcaires

contenant jusqu'à 30% de magnésium et susceptibles de se dissoudre dans les conditions physico-chimiques moyennes de la baie de Calvi.

- les zones côtières sont souvent le site d'une activité biologique assez intense et les processus capables de modifier l'alcalinité au sein d'une même masse d'eau y sont plus nombreux.

Il apparaît toutefois que dans les deux cas présentés ici, le pas de  $12.5 \mu\text{eq.l}^{-1}$  entre les isolignes d'alcalinité suffit à mettre en évidence la remontée d'eau profonde depuis le canyon déjà suggérée par d'autres moyens d'investigation.

Remarquons enfin que, si les résultats obtenus en août et en octobre suggèrent tous deux une remontée d'eau depuis le canyon, il est peu vraisemblable que celle-ci présente un caractère permanent. Il est en effet arrivé que, en rade de STARESO, l'on observe une diminution mensuelle importante de l'alcalinité totale (p.e. diminution de  $60 \mu\text{eq.l}^{-1}$  en avril 1982) qui correspondait à une importante période de cyclogenèse (vent de 15 à 20 m.s.<sup>-1</sup>, DJENIDI, communication personnelle) et à laquelle n'était certainement associée aucune remontée d'eau provenant du canyon.

Remerciements.

Les auteurs remercient le professeur A. Distèche pour son support intellectuel, I. Burnet et R. Biondo pour leur assistance technique. Cette recherche a été financée par le F.N.R.S., dont J.M. Bouquegneau est chercheur qualifié, par le ministère de la politique scientifique, contrat n° 83/88-49, par la C.E.E., contrat n° ENV-770-B. et par le F.R.F.C., contrat n° 2.4508.88.

#### Références

- Brohée, M., Goffart, A., Frankignoulle, M., Henri, V., Mouchet, A. and Hecq, J.H. (1990). Variations printanières des communautés planctoniques en baie de Calvi (Corse) en relation avec les contraintes physiques locales. Cah. Biol. Mar. (sous presse).
- Burhenne, M. (1981). Faciès sédimentaire du précontinent calvais. Note introductive. Bull. Soc. Roy. Sc. Lg., 50, 387-404.
- Djenidi, S. (1985). Observations au large de Calvi (Corse) en régime d'été. Bull. Soc. Roy. Sc. Lg., 54, 287-300.
- Frankignoulle, M. (1986). Le système CO<sub>2</sub> en milieu marin : activité biologique, échanges air-mer et caractérisation des masses d'eau dans la couche de surface. Thèse de doctorat, Université de Liège, 252pp.

- Frankignoulle, M. and Distèche, A. (1984). CO<sub>2</sub> chemistry in the water column above a Posidonia seagrass bed and related air-sea exchanges. Oceanol. Acta, 7, 209-219.
- Frankignoulle, M. and Bouqueneau, J.M. (1985). Ecohydrodynamical study of the Liguro-provençal front (Corsica). IV. Seawater CO<sub>2</sub> system data. In "Progress in Belgian oceanographic research" ed. by R. Van Grieken & R. Wollast. Belgian Academy of sciences, 423-429.
- Gran, G. (1952). Determination of the equivalence point in potentiometric titrations. Part II. Int. Congress of anal. Chem., 77, 661-671.
- Hecq, J.H., Bouqueneau, J.M., Djenidi, S., Frankignoulle, M., Goffart, A. and Licot, M. (1986). Some aspects of the liguro-provençal ecohydrodynamics. In "Marine interfaces hydrodynamics", ed. by J.C.J. Nihoul. Elsevier, Amsterdam, 257-271.
- Loffet, A. (1981). Circulation en méditerranée occidentale. Résultats en baie d'une campagne de mesures hydrologiques en baie de Calvi. Bull. Soc. Roy. Sc. Lq., 50, 453-466.
- Mouchet, A. and Frankignoulle, M. (1988). Variations spatio-temporelles du front liguro-provençal liées au régime des vents. Bull. Soc. Roy. Sc. Lq., 57, 533-549.
- Wollast, R. and REINHARD-DERIE, D. (1977). Equilibrium mechanism of dissolution of Mg-calcites. In The fate of fossil fuel in the oceans, (eds Andersen, N.R. and Malahoff, A.), Plenum Press, New-York, London, 749pp.

Abstr  
 temp  
 conse  
 chara  
 biolo  
 Atlan  
 the o  
 Mots  
 Ligur  
 Key  
 de di  
 pas  
 pour  
 (LAC  
 dans  
 appo  
 BOU  
 norm  
 rapp  
 méla  
 (par  
 sédi  
 prés