

**ÉTUDE MINÉRALOGIQUE DES SÉDIMENTS DE L'ESTUAIRE DE BAHÍA
BLANCA, ARGENTINE. APPLICATION A LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE
ACTUELLE**

Angel O. Marcos

Departamento de geología, Universidad Nacional del Sur. San Juan 670, (8000) Bahía
Blanca, Argentina.

RESUMÉ

L'étude des minéraux présents dans les échantillons nous a permis de relier leur distribution générale à la dynamique sédimentaire actuelle. La diffraction des rayons X a été utilisée pour l'identification et le dosage des minéraux du sédiment. L'analyse quantitative a été réalisée en utilisant la méthode de l'étalon interne qui permet de doser la phase amorphe, très abondante dans le cadre de ce travail. Les données obtenues ont permis de réaliser des cartes de répartition des minéraux et de relier cette répartition à la dynamique sédimentaire actuelle.

L'estuaire de Bahía Blanca est une région dont la morphologie est très complexe à cause des nombreuses îles, des bancs sableux et des chenaux où affleurent des sédiments quaternaires très homogènes du point de vue minéralogique. Les sédiments sont d'origine détritico-volcanosédimentaire caractérisés par la présence des plagioclases, du quartz, du verre volcanique et des smectites.

La distribution des minéraux a mis en évidence un processus de sédimentation différentielle qui est en rapport avec la granulométrie des sédiments, les courants de marées et la profondeur d'eau. L'origine du matériel qui circule à l'heure actuelle dans la baie est le produit du remaniement des formations sédimentaires quaternaires affleurantes. D'après les cartes de répartition des minéraux, il est possible d'écarter un apport continental des sédiments. L'apport de matériel provenant du plateau continental est très difficile à mettre en évidence d'après les données dont nous disposons.

ABSTRACT

The study of the samples mineral content allows us to connect their distribution with the present sedimentary dynamics. Minerals in the sediments were identified and quantified by means of X-ray diffraction. The method of internal standard was used to quantitatively analyse the amorphous phases, very abundant in this area. The data obtained allow us to plot the mineral distribution maps. The study was done in the Bahía Blanca estuary whose morphology is very complex due to the presence of numerous islands, sandbanks and channels where outcrop quaternary sediments, very homogeneous from the point of view of its mineralogical composition. The minerals are of detritic volcanic sedimentary origin and characterised by plagioclase, quartz, volcanic glass and smectites. The areal mineral distribution shows a preferential sedimentary process being related to the sediment grain size, tidal currents, and water depth. The erosion of the quaternary formations outcrops is the origin of the present circulating material in this region. From the distribution maps it is possible to exclude a continental origin for the sediments. It is difficult to establish the contribution of materials from the continental shelf from the actual data.

1. INTRODUCTION

Le but de ce travail est de relier la distribution minéralogique à la dynamique sédimentaire actuelle. La localisation de zones d'érosion et de dépôt permet l'optimisation des opérations de dragage des chenaux d'accès aux ports de Bahía Blanca. La connaissance des zones de concentration des sédiments fins où les smectites sont dominantes permet de délimiter les zones de contamination provenant de l'activité industrielle de la ville, ces minéraux étant les principaux pièges des polluants industriels.

L'estuaire de Bahía Blanca est situé en Argentine entre 38°40' et 39°30' de latitude sud et 61°45' et 62°25' de longitude ouest (figure 1). A cette latitude la ligne de côte E-O prend une direction N-S, longeant la Patagonie. Cet estuaire est constitué d'un ensemble d'îles, îlots et chenaux suivant un alignement général NO-SE. Le chenal principal longeant la côte N conduit aux ports de Bahía Blanca et sa profondeur, actuellement de 14 mètres, est maintenue par dragage.

L'estuaire, d'après la définition de Perillo, 1989, a été étudié dernièrement par divers auteurs du point de vue hydrologique (Piccolo *et al.* 1987), et de la dynamique sédimentaire (Montesarchio et Lizasoain, 1980; Ginsberg, 1993; Cuadrado, 1996). La géomorphologie sous-marine a été étudiée par Aliotta *et al.* 1987; Gomez, 1995; Ginsberg, 1993. La minéralogie a été étudiée par Gelós *et al.* 1989. Ces travaux fournissent des informations détaillées pour le Canal Principal qui mène aux ports. Des données sur le reste de l'estuaire ont été acquises pour la géomorphologie par Espósito, 1986b ; et pour la minéralogie en liaison avec la dynamique sédimentaire par Marcos, 1985.

La zone étudiée a été créée par la progradation du delta du Río Colorado (Espósito, 1986) dont l'embouchure actuelle est située 100 km au sud. Elle est coupée par des chenaux de marée constituant des "bahías" peu profondes et des chenaux isolant les îles reliques de l'ancienne plaine côtière. On distingue cinq chenaux de marée séparés par des îles. Au nord le Canal Principal, entre les îles Bermejo et Trinidad se trouve le Chenal Bermejo. La Bahía Falsa se place entre les îles Trinidad au nord et Wood et Ariadna au sud. La Bahía Verde se situe entre ces dernières et la presqu'île Verde. Au sud de la presqu'île Verde se place la Caleta Brightman, qui borde le nord du delta du Río Colorado. La côte nord est bordée par un plateau entaillé dans des formations anciennes, souligné d'une frange dunaire. La côte ouest est en général bordée de marais maritimes et l'on passe insensiblement du domaine marin au domaine continental.

Le marnage varie de 2 à 5 mètres. La circulation est dominée par une onde de marée semi-diurne quasi-stationnaire (Serman, 1985). Les courants de marées sont de type alternatif. Les vitesses de surface maximales pour la zone sont de 80 cm/s pour le flot et de 140 cm/s pour le jusant (Piccolo *et al.*, 1987). Le Canal Principal est fortement dominé par les courants de jusant (Montesarchio et Lizasoain, 1981; Aliotta et Perillo, 1987 ; Gomez, 1995). Près de la côte les chenaux se ramifient en de nombreux diverticules secondaires de directions diverses, mais souvent perpendiculaires aux chenaux principaux.

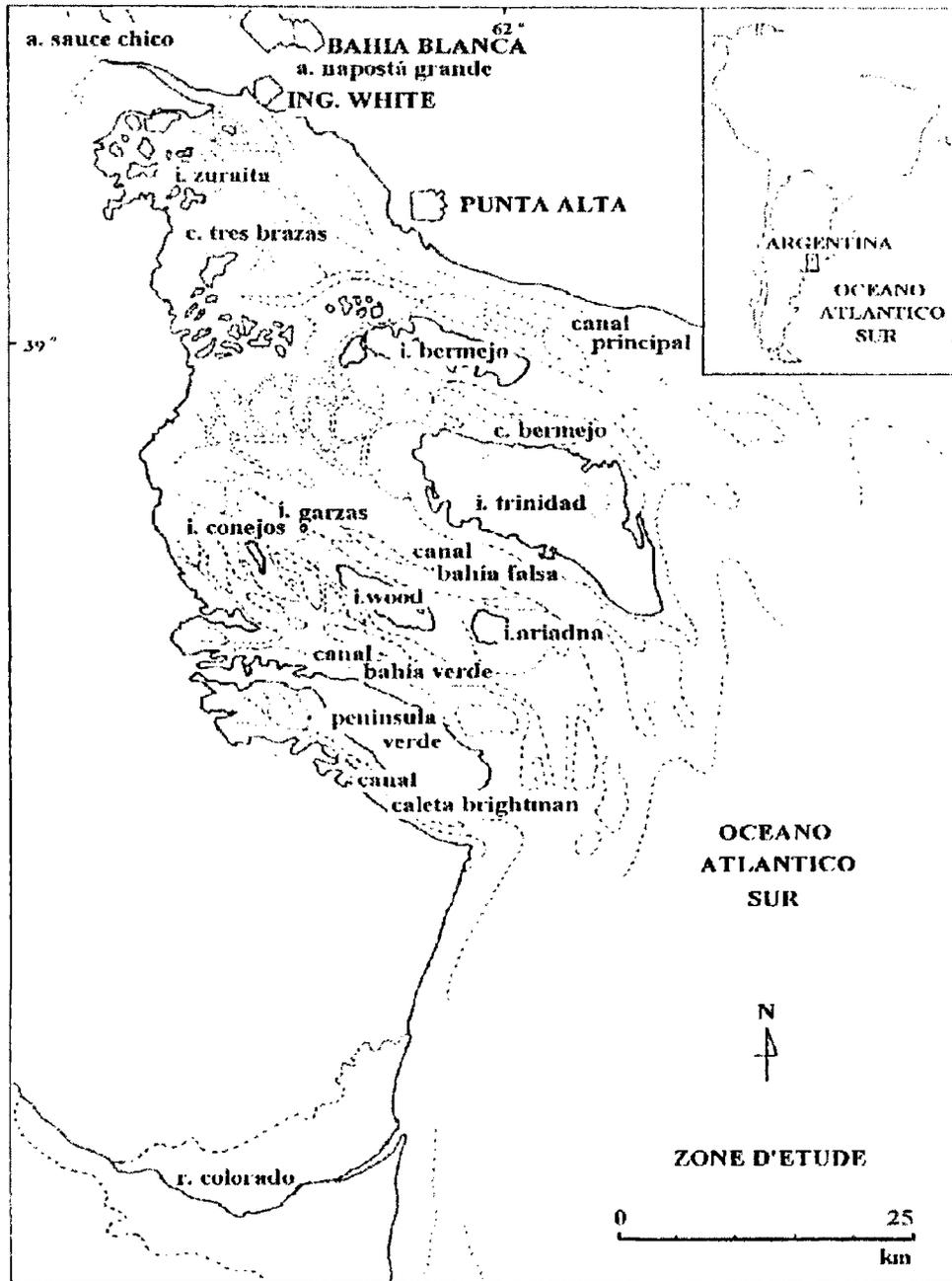


Figure 1. Localisation de l'aire d'étude. Cadre géographique de l'estuaire de Bahía Blanca.

Étude minéralogique des sédiments de l'estuaire ...

Les vents de N-O et N sont dominants, ceux de S et S-O sont moins importants. Les premiers, parallèles aux principaux chenaux affectent la circulation et le mélange vertical des eaux (Piccolo *et al.*, 1987). Les vagues engendrées par l'action du vent et de la marée sont à l'origine d'une érosion importante dans toute la région étudiée.

Les zones d'inondation ou slikkes sont constituées principalement par des sédiments argilo-silteux, alors que les fonds des chenaux sont occupés par un matériel nettement plus grossier. La présence de graviers de nature bioclastique est très localisée. L'environnement continental est constituée par un matériel détritique volcano-sédimentaire de type loess, caractérisé par la présence des plagioclases, du quartz, des smectites et de verre volcanique. Ces sédiments ont été nommés "Pampeanos" (déposés pendant le Pliocène-Pleistocène) et "Post-Pampeanos" (déposés depuis l'Holocène). La composition minéralogique de ces sédiments est très semblable et leur âge a été déterminé à partir de données paléontologiques et géomorphologiques.

La dynamique sédimentaire de cette région est liée principalement aux courants de marée. Les îles et les chenaux à l'intérieur de l'estuaire et la grande fréquence des vents dans la zone, rendent cette dynamique très complexe. Les courants de marée, canalisés par les chenaux, sont à l'origine d'une érosion des berges. La forte énergie du flot amène le matériel en suspension vers la zone la plus interne en amont. Quand les chenaux sont remplis, commence l'inondation de la zone côtière ouest de faible profondeur et de pente douce. Ceci correspond à un affaiblissement de l'énergie et les sédiments les plus grossiers se déposent. Pendant l'étale, très bref, se produit le dépôt partiel du matériel sur les slikkes et sur les schorres, où ils peuvent localement être piégés par la végétation. Le clapot de vent, qui est à l'origine des vagues de petite longueur d'onde, peut cependant empêcher le dépôt de matériel et produire remise en suspension et érosion.

Au début du jusant, les courants ne sont pas encore dirigés par les chenaux. Leur vitesse est faible, mais ils remettent partiellement en suspension les sédiments déposés. Quand les chenaux commencent à canaliser le jusant, l'énergie augmente, et l'érosion recommence. Le matériel est maintenant emporté vers le large. Pendant l'étale de basse mer, la profondeur de l'eau est trop grande dans la zone de concentration des sédiments et ceux-ci restent en suspension. Ceux qui sont près du fond pourront se déposer, mais ils seront repris par le flot dès le début de la montée. De plus l'agitation forte du large même à basse mer, limite encore la possibilité de dépôt.

2. METHODE D'ETUDE DES SEDIMENTS

Les missions ont été réalisées avec l'embarcation "Buen Día Señor" de L'Institut Argentin d'Océanographie. Les analyses qualitatives et quantitatives du sédiment brut et de la fraction inférieure à 2 μ m ont été réalisées selon la méthodologie décrite par Mélières (1974) et par Marcos (1985). Le sédiment brut sec est mélangé et homogénéisé avec l'étalon interne (fluorure de sodium) et soumis à diffraction. La fraction inférieure à 2 μ m est séparée par décantation après destruction de la matière organique et des carbonates, et après saturation des feuillets des smectites en ions calcium de façon à stabiliser la distance entre ces feuillets à 14Å. Elle est séchée à 40°C, puis mélangée et homogénéisée avec l'étalon interne et soumise à diffraction.

L'ensemble diffractométrique utilisé est de marque SIEMENS, équipé d'un tube au cuivre. Un porte-échantillon tournant permet la rotation rapide de la préparation dans son plan pendant le balayage goniométrique (environ 10 tours par seconde). Ce dispositif, a été mis au point par Mélières (1973). La très bonne reproductibilité de l'intensité relative des pics de diffraction que donne ce dispositif permet de mener à bien une analyse quantitative. Pour des analyses qualitatives, il permet de lever des ambiguïtés, dans le cas d'interférences angulaires de pics appartenant à des corps différents.

L'identification des minéraux a été assurée à l'aide de diffractogrammes de référence. L'analyse quantitative a été effectuée en utilisant le coefficient quantitatif propre à chaque minéral (Mélières, in: Marcos, 1985). L'estimation de la phase amorphe s'effectue en soustrayant de 100 la somme de toutes les espèces cristallines identifiées dans l'échantillon. Pour la mesure de la teneur en carbonates du sédiment nous avons utilisé le manocalcimètre (Mélières, 1974).

3. MINERALOGIE DES SEDIMENTS

Dans le cortège minéralogique du sédiment brut les plagioclases constituent les minéraux dominants (entre 10 et 45%). D'après l'étude comparative des raies de diffraction des minéraux de la série Albite-Anorthite (Marcos, 1985), An 54 est le plagioclase dominant. Les teneurs en quartz varient de 7 à 20%. Les proportions de minéraux argileux (smectites, illite, chlorite et kaolinite) varient de 4 à 16%. Les teneurs en calcaire varient de 0 à 10%, constitué principalement de calcite et parfois de traces d'aragonite. La phase carbonatée est d'origine biodétritique. D'autres minéraux accessoires ont été détectés notamment hornblende, clinoptilolite, attapulгите et pyrite. La phase amorphe représente entre 30 et 65% du sédiment. Il n'a pas été identifié de feldspaths potassiques dans les échantillons.

Le cortège minéralogique de la fraction inférieure à 2 μ m est marqué par la dominance des smectites (entre 15 et 39%). La position angulaire de la raie (060) des smectites varie de 1.506 Å à 1.501 Å, caractérisant une beidellite, smectite dioctaédrique principalement alumineuse (Desprairies, 1983). L'illite est moins abondante (entre 3 et 12%), la chlorite et la kaolinite sont en très faible quantité (teneurs inférieures à 3%). Les minéraux interstratifiés sont constitués par un empilement désordonné de feuillets d'épaisseur variable comprise entre 10 Å et 14 Å. Ils sont sensibles au traitement par l'éthylène-glycol, ce qui permet de dire que l'on a à faire à des interstratifications de type 10-14S. Leur teneur varie entre 3 et 38%. Le matériel amorphe est aussi abondant que dans le sédiment brut (de 16 à 60%), constitué principalement de verre volcanique et en moindre proportion de débris de diatomées, d'après les observations au microscope optique et au microscope électronique à balayage.

4. REPARTITION DES MINERAUX.

Les cartes de répartition des principaux minéraux ont mis en évidence un processus de sédimentation différentielle qui est en rapport avec l'énergie du milieu et la granulométrie. Dans les chenaux et vers le large l'énergie est forte compte tenu de la

Étude minéralogique des sédiments de l'estuaire ...

profondeur de l'eau et des vitesses des courants. Le matériel y est principalement sableux. Vers l'intérieur de la baie, la profondeur d'eau diminue, les chenaux se ramifient et la morphologie est marquée par la présence de schorres et slikkes très larges. Le matériel devient plus vaseux. Les plagioclases et le quartz du sédiment brut (figure 2) sont plus abondants dans le Canal Principal, dans celui de Bahía Falsa et vers le large. Cette répartition correspond à un milieu où l'énergie est forte, et le sédiment est principalement sableux. Dans des milieux de faible énergie, où les sédiments deviennent fins, les plagioclases et le quartz sont moins abondants.

La répartition des smectites (figure 3), minéraux argileux les plus abondants dans la fraction inférieure à $2\mu\text{m}$, montre que les teneurs les plus élevées sont localisées largement à l'ouest et au nord de l'île Conejos, et localement dans la partie la plus interne du Canal Principal et aux alentours des autres îles. Cette distribution correspond à des zones de faible énergie et faible profondeur, ce qui met en évidence le processus de sédimentation différentielle. Dans le chenal de Caleta Brightman les teneurs sont analogues à celles déterminées pour le Canal Principal et celui de Bahía Falsa, l'énergie y est comparable à celle des chenaux majeurs. L'illite montre un comportement analogue à celui des smectites (figure 3).

Le chenal de Bahía Verde présente un comportement légèrement différent de celui des autres chenaux. Les faibles teneurs en quartz, des variations dans les teneurs en plagioclases, principalement près de la côte nord de Península Verde, et les teneurs élevées en smectites et illite, suggèrent que l'énergie y est plus faible. Ceci est attribuable à la présence de bancs sableux principalement de direction N-S qui le séparent du large et qui amortissent les courants de marée pendant le flot et le jusant. Un comportement similaire aurait pu s'observer pour le chenal Bermejo, mais cela n'a pas été mis en évidence par la distribution des minéraux. En effet l'absence de bancs vers le large permet des échanges plus importants et les bancs sableux à l'intérieur du chenal ne suffisent pas à amortir les courants.

5. ORIGINE ET MISE EN PLACE DES SEDIMENTS

Il n'y a pas d'apports continentaux ou marins et le matériel affecté par la dynamique sédimentaire est le produit des remaniement des formations sédimentaires actuelles de l'intérieur de l'estuaire. Il est possible d'écarter les "Sierras Australes" situées au nord de l'estuaire, constituées principalement par des quartzites et quelques affleurements granitiques et rhyolitiques, comme source de matériel sédimentaire compte tenu de la dominance des plagioclases sur le quartz et des faibles teneurs en mica des sédiments de l'estuaire de Bahía Blanca.

Il est possible aussi de négliger les apports continentaux des fleuves Napostá Grande et Sauce Chico qui débouchent à l'intérieur de l'estuaire compte tenu de leur faible débit moyen annuel, 0.8 et $1.87 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivement (Piccolo *et al.*, 1987). La composition minéralogique des sédiments de ces fleuves est plus riche en quartz et moins riche en smectite et illite que les échantillons de l'intérieur de l'estuaire. Par ailleurs, les cartes de répartition des minéraux ne mettent pas en évidence des caractéristiques particulières en face des débouchés des fleuves.

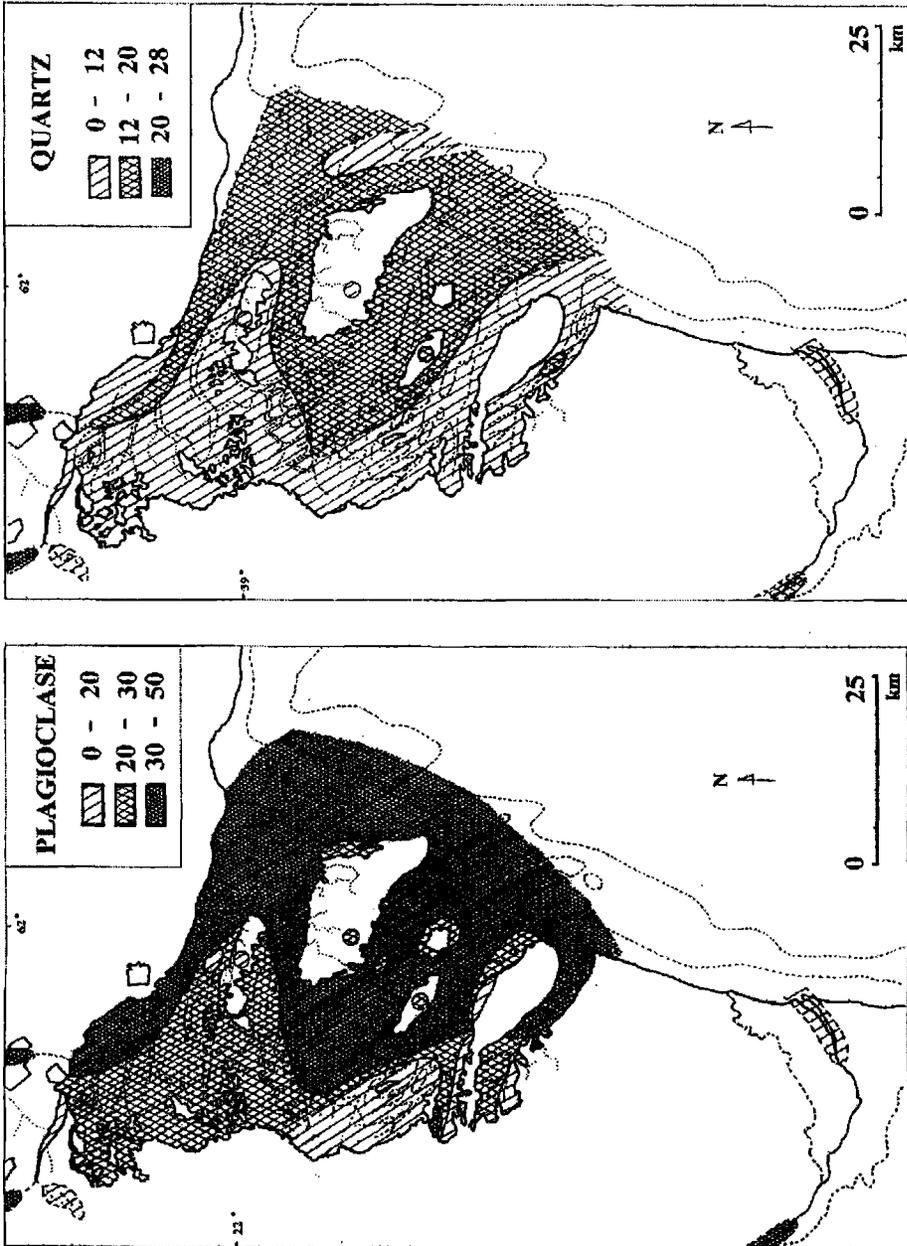


Figure 2. Cartes de distribution des plagioclases et du quartz du sédiment brut. Les teneurs relatives sont données en pourcentage.

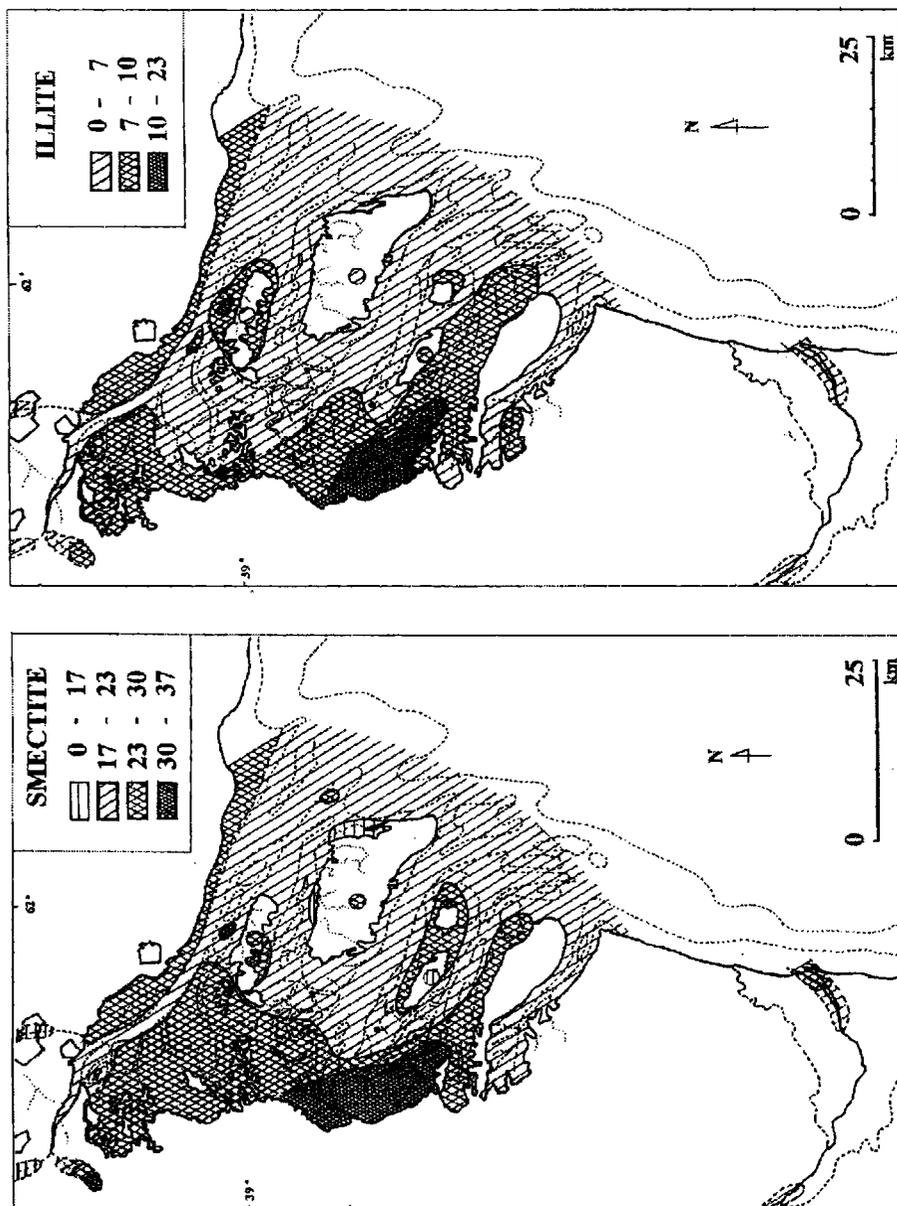


Figure 3. Cartes de distribution des smectites et des illites de la fraction inférieure à 2 μm . Les teneurs relatives sont données en pourcentage.

L'apport de matériel provenant du plateau continental par les courants de marée est très difficile à mettre en évidence à partir des données de la répartition des minéraux. Il peut être constitué d'une part par du matériel transporté par les fleuves de Patagonie, parmi lesquels le Río Colorado, et d'autre part par du matériel provenant de l'érosion du littoral (Pierce *et al.*, 1979; Siegel, 1973). La composition minéralogique de trois échantillons participant à la dynamique sédimentaire actuelle du Río Colorado est semblable qualitativement et quantitativement à celle des échantillons à l'intérieur de l'estuaire, et compte tenu de la proximité de cette embouchure un apport de ce fleuve est très probable.

L'évolution du Río Colorado depuis la dernière transgression quaternaire rend cependant cette hypothèse difficile à soutenir. Pendant la phase maximale de régression, à la hauteur de Bahía Blanca, le plateau continental actuel constituait la plaine côtière du Río Colorado. (Urien *et al.*, 1974; Lonardi *et al.*, 1971). Pendant la transgression flandrienne, le fleuve a continué à apporter son tribut sédimentaire sur l'ancienne plaine côtière en cours de submersion, formant un delta régressif dont les faciès alternativement construits et détruits sont liés aux changements du niveau marin. Le matériel sédimentaire est dispersé au nord et au sud par des courants littoraux. Un fois le niveau de la mer stabilisé, le delta du Río Colorado, maintenant moins fourni est érodé par les vagues et les marées puis l'embouchure se déplace vers le sud (Urien *et al.*, 1974). Actuellement la zone interne de l'estuaire se trouve à l'abri des courants du plateau continental. Perillo (1989) attribue l'origine du Canal Principal aux fleuves Desaguadero-Salado, dont le Río Colorado était un affluent.

Le río Colorado dont le débit moyen est de $128 \text{ m}^3/\text{s}$ et la charge en suspension de $1,78 \text{ g/l}$ constituée par des limons argileux, déverse ses sédiments sur le plateau continental (Scartascini, 1969). Les sédiments peuvent être repris par les courants littoraux dirigés vers le nord, puis vers l'est à la hauteur de l'estuaire (Mouzo *et al.*, 1974; Urien *et al.*, 1974, Piccolo *et al.*, 1994), donc, ces sédiments pourraient s'incorporer à la dynamique actuelle de l'estuaire. Or si l'on tient compte des faibles teneurs de matériel en suspension au large, à la limite de la zone d'étude d'une part (Mouzo, 1974, Cuadrado *et al.*, 1994) et de la dominance des courants de jusant d'autre part (Gomez, 1995; Aliotta et Perillo, 1987), il est possible de considérer à l'heure actuelle comme nul ou très faible, l'apport de matériel provenant du plateau continental amené par les courants de marée. Cependant ce sujet mérite un étude régionale permettant de suivre le déplacement de matériel, très semblable du point de vue minéralogique d'après nos résultats, depuis le río Colorado jusqu'à l'estuaire de Bahía Blanca.

Un apport éolien actuel peut exister compte tenu de la fréquence du vent et de la poussière en suspension dans la région. Cependant des études d'exoscopie des grains de quartz n'ont pas mis en évidence cette origine actuelle, bien qu'il existe des traces éoliennes antérieures (Espósito, 1986a).

Le remaniement des formations sédimentaires actuelles à l'intérieur de l'estuaire à partir des îles et du littoral constituerait donc la source la plus importante de matériel participant à la dynamique sédimentaire actuelle. Ceci est mis en évidence par les données des analyses minéralogiques et par l'érosion qui existe dans la zone d'étude. Les analyses minéralogiques des échantillons prélevés sur les îles et le littoral qui ne sont pas envahis

Étude minéralogique des sédiments de l'estuaire ...

par les hautes mers, sont très comparables à celles du matériel soumis à la dynamique sédimentaire actuelle. tant de point de vue qualitatif que quantitatif.

L'érosion existant dans la région est mise en évidence par plusieurs traits observés dans la plaine côtière. Les tempêtes jouent un rôle important, augmentant les effets érosifs. L'érosion superficielle se produit quand les sédiments restent à l'air après une tempête, des cristaux de sel et des polygones de dessiccation se forment par évaporation. Une nouvelle tempête ou la pluie saturent en eau les sédiments qui deviennent thixotropiques ce qui facilite leur transport vers les chenaux de marée (Semeniuk, 1981). Cette érosion varie de 0,1 à 1,6 cm/an dans le chenal Toba et de 1,3 à 1,6 cm/an près de Bahía Blanca (Espósito, 1986b).

La forte énergie des courants de marée tant qu'ils sont dirigés par des chenaux, engendre une érosion sur les berges qui est mise en évidence par la présence de nombreuses petites falaises observées lors de la navigation dans les chenaux. La présence des structures de drainages sur les berges souvent perpendiculaires aux chenaux témoigne aussi de l'érosion existant dans la région. Les courants de marée et l'action des vagues pendant les tempêtes sont à l'origine du recul des falaises. Ceci est mis en évidence par l'éboulement des parois, la présence de blocs et de galets de vase ainsi que par des arbres tombés au pied des falaises, la dénudation de leurs racines, les éboulements de structures comme les balises, etc. (Espósito et Marcos, 1988). Sur la berge du ruisseau Naposta et dans le méandre du Chenal Toba le recul des falaises dû à la méandrisation est de 130 et 145 cm/an. La valeur moyenne mesurée dans toutes les stations proches de Bahía Blanca, est de 89 cm/an. (Espósito, 1986b). La présence de matériel fin constituant les berges des chenaux provoque localement des glissements de terrain qui donnent des structures d'érosion en forme de croissants (Ginsberg et Perillo, 1990).

6. CONCLUSIONS

L'étude des minéraux présents dans les échantillons nous a permis de relier leur répartition générale à la dynamique sédimentaire actuelle d'une zone dont la morphologie est très complexe à cause des nombreuses îles, bancs sableux et chenaux constitués par des sédiments quaternaires très homogènes. Il s'agit d'un matériel détritique d'origine volcanique, constitué principalement par des plagioclases (An 54), du quartz et du verre volcanique. Les minéraux argileux les plus abondants sont les smectites alumineuses (beidellite) et des interstratifiés 10-14S.

La répartition des minéraux a montré un processus de sédimentation différentielle en rapport avec l'énergie des courants, la profondeur d'eau et la granulométrie du sédiment. Ce processus est mis en évidence par les teneurs plus élevées des minéraux argileux (smectite et illite) près de la côte et dans la partie la plus interne du Canal Principal, où l'énergie et la profondeur sont faibles d'une part et par l'augmentation des teneurs en plagioclases et en quartz dans le sédiment brut vers le large d'autre part.

Le matériel qui circule à l'heure actuelle dans la zone d'étude est principalement le produit du remaniement des formations sédimentaires qui ont été déposées depuis le Pliocène dans la région. Ceci a été mis en évidence par les différents traits d'érosion observés sur le terrain. Il n'existe pas actuellement d'apports continentaux par les arroyos

Sauce Chico et Napostá Grande. L'apport de matériel provenant du plateau continental doit être négligeable mais ceci ne peut être mis en évidence par nos études.

Les zones de faible énergie dont les sédiments sont vaseux avec prédominance des smectites seront évitées lors du déversement de produits polluants provenant de l'activité industrielle compte tenu du pouvoir piègeant de ces minéraux. Les sédiments provenant des dragages doivent être versés dans des endroits abrités des courants pour éviter d'être repris et de combler les chenaux et les ports.

Remerciements: L'auteur remercie F. MELIERES, L.R. LAFOND et A. MARTIN pour leur aide lors du déroulement de ce travail, G.M. PERILLO pour ses critiques et sa collaboration à l'écriture de ce manuscrit.

REFERENCES

- Aliotta, S.; Perillo, G., 1987. A sand wave field in the entrance to Bahía Blanca estuary, Argentina. *Mar. Geol.*, 76, p1-14.
- Brown, G., 1963. The X ray identification and crystal structures of clay minerals. *Minerological Society (London)*, 544p.
- Caló, J.; Espósito, G.; Lafond, R., 1985. Nuevo tipo de geoformas presentes en las planicies de marea de Bahía Blanca. *Prim. Jorn. Geol. Bon., Tandil, 1985, Argentina.*
- Cuadrado, D.; Perillo, G., 1996. El Toro Channel: a review. *Proceedings of the Bahía Blanca International Coastal Symposium: 215-221.*
- Cuadrado, D.; Perillo, G.; Marcos, A., 1994. Sedimentos en suspensión. En: *Estudio Oceanográfico de la plataforma interior frente al estuario de Bahía Blanca. IADO, Bahía Blanca, Argentina. Contr. Cient. 331, 54p.*
- Desprairies, A. 1983. Relation entre le paramètre b des smectites et leur contenu en Fer et Magnésium. Application à l'étude des sédiments. *Clay Minerals*, v.18, p.165-175.
- Espósito, G., 1986a. Contribución del estudio de las texturas superficiales de los granos de cuarzo a la determinación de las fuentes de aporte de arena en la zona exterior del Canal Principal (Bahía Blanca). *Res. Prim. Reun. Arg. de Sedim. Oct. 1986, La Plata, Argentina.*
- Espósito, G., 1986b. Etude géomorphologique de la zone "El Rincón" (Argentine). Thèse 3ème cycle. Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay. 199p.
- Espósito, G.; Marcos, A., 1988. Fuente de aporte de sedimentos a la zona interna de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires). *Act. Seg. Jorn/ Geol. Bon., Bahía Blanca, Argentina. p.463-472.*
- Gelós, E.; Spagnuolo, J., 1989. Aspectos mineralógicos de los sedimentos de fondo de la ría de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires. *Prim. Jorn. Geol. Bon. Tandil, 1985. Argentina. (157-170).*
- Ginsberg, S., 1993. Evolución geomorfológica de canales de marea del estuario de Bahía Blanca. Tesis doctoral, Departamento de Graduados, Universidad Nacional de Sur, Bahía Blanca, Argentina. 180p.
- Ginsberg, S.; Perillo, G., 1990. Channel bank recession in the Bahía Blanca estuary, Argentine. *Jour. of Coast. Res.*, 6 (4), p.999-1009.
- Gomez, E., 1995. Submarine outcrops underneath shoreface-Connected Sand Ridges, outer Bahía Blanca estuary, Argentina. *Quaternary o South América & Antarctic Península*, 9 :23-37.
- J.C.P.D.S., 1974. Selected Powder Diffraction Data for Minerals. *Joint Committee on Powder Diffraction Standards (Philadelphia)*, 833p.

Étude minéralogique des sédiments de l'estuaire ...

- Lonardi, A.; Ewing, M., 1971. Sediment transport and distribution in the Argentine Basin. 4; Bathymetry of the continental margin, Argentine basin and other related provinces. Canyons and sources of sediments. Physics and Chemistry of the earth, Pergamon press (London), v.8, p.81-92.
- Marcos, A., 1985. Etude minéralogique des sédiments du Golfe Normand-Breton (France) et de la baie de Bahía Blanca (Argentine). Application à la dynamique sédimentaire. Thèse 3ème Cycle, Université de Paris 6, 162p.
- Mélières, F., 1974. Recherches sur la dynamique sédimentaire du golfe de Cadix (Espagne). Thèse d'Etat, Université de Paris 6, 236p.
- Mélières, F., 1973. Porte-échantillon tournant pour analyse par diffractométrie X. Bull. Soc. Fr. Min. Crist., v.96, p.75-79.
- Montesarchio, L.; Lizasoain, W., 1981. Dinámica Sedimentaria de la Ría de Bahía Blanca. Res. Simp. Problemas Geológicos del Litoral Bonaerense, Mar del Plata, Argentina. 121-140.
- Mouzo, F.; Garza, M.; Izquierdo, J.; Zibecchi, R., 1974. Contribución al conocimiento del substrato en un sector de la plataforma continental Argentina entre Mar del Plata y Bahía Blanca. IADO (Bahía Blanca, Argentina), Contr. Cient. n° 12, 19p.
- Perillo, G., 1989. Estuario de Bahía Blanca. Definición y posible origen. Boletín Centro Naval (107): p.333-344.
- Piccolo, M.; Perillo, G.; Arango, J., 1987. Hidrografía del estuario de Bahía Blanca, Argentina. Rev. Geofísica 26. p.75-89.
- Piccolo, M.; Perillo, G.; Cuadrado, D.; Marcos, A., 1994. Oceanografía Física. En: Estudio oceanográfico de la plataforma interior frente al estuario de Bahía Blanca. IADO (Argentina). Contr. Cient. 331, 54p.
- Pierce, J.; Siegel, F., 1979. Suspended particulate matter on the southern Argentine shelf. Mar. Geol., v.29, n°1-4, p. 73-91.
- Scartascini, g., 1969. Sedimentos en suspensión transportados por el río Colorado en Pichi-Mahuida. Su composición mineralógica en relación a su granulometría. Informe inédito, Agua y Energía Eléctrica, Gerencia de estudios básicos, 5p.
- Semeniuk, V. 1981. Long term erosion of tidal flats, King sound NW Australia. Mar. Geol., 43 (21-48).
- Serman, D., 1985. Características de la marea en Bahía Blanca. Bol. Centro Naval, 103, p.51-74.
- Siegel, F., 1973. Possible important contributors to Argentine Basin lutites: Argentine rivers. Modern Geology, v.4, p.201-207.
- Urien, C.; Ewing, M., 1974. Recent sediments and environments of Southern Brazil, Uruguay, Buenos Aires and Río Negro Continental Shelf. The geology of Continental Margins, C. BURK, C.DRAKE. Ed. Springer-Verlag (Berlin). p. 157-177.