



HAL
open science

ÉTUDE MINÉRALOGIQUE DES SABLES DU LITTORAL CATALAN ESPAGNOL

C. Duboul-Razavet, A. Monaco

► **To cite this version:**

C. Duboul-Razavet, A. Monaco. ÉTUDE MINÉRALOGIQUE DES SABLES DU LITTORAL CATALAN ESPAGNOL. Vie et Milieu , 1966, pp.217-242. hal-02946036

HAL Id: hal-02946036

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-02946036>

Submitted on 22 Sep 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉTUDE MINÉRALOGIQUE DES SABLES DU LITTORAL CATALAN ESPAGNOL

par C. DUBOUL-RAZAVET et A. MONACO

SOMMAIRE

La côte catalane espagnole est l'objet d'une sédimentation très localisée provenant de sources variées. Le matériel actuel des littoraux deltaïques est issu en partie d'une phase d'érosion quaternaire régressive.

La région intéressée par cette étude comprend deux parties lithologiquement et structurellement très différentes. Au Sud, un immense massif granitique appartenant encore à la zone des Catalanides comprenant des unités structurales orientées plus ou moins parallèlement au littoral, s'étendant depuis Barcelone jusqu'à la région de Palafrugell. Au Nord, une deuxième région fait partie des unités de métamorphisme des Albères et de la zone éocène d'Estartit et de Bagur; cette dernière unité structurale s'orientant généralement d'Est en Ouest.

Au Sud, les massifs granitiques se rapprochent considérablement du littoral et forment des reliefs venant border la côte. Au contraire, dans la région septentrionale, l'orientation des unités structurales détermine de vastes golfes occupés par des deltas (Ter, Muga, Fluvia).

I. — RÉGION DES MASSIFS GRANITIQUES

La disposition géographique des zones cristallines influe sur la répartition des plages et sur leur alimentation. Dans la zone du massif granitique au nord de Barcelone et sur la Costa Brava, les

plages sont relativement réduites et les affleurements rocheux atteignent localement le littoral. Ces plages sont limitées au contact des vallées à l'aboutissement de torrents, soit issus directement des reliefs, soit ayant traversé ces reliefs et d'origine plus ou moins lointaine. L'alimentation de ces plages se répartit donc en deux types :

a) *les venues issues de régions situées au-delà des massifs littoraux.* Tel est le cas du rio Besos qui prend sa source dans les massifs paléozoïques septentrionaux du Montseny (Ayguafreda) et de ses affluents. Il recoupe les faciès primaires métamorphiques et emprunte la dépression miocène de Granollers avant de se jeter au nord de Barcelone à la punta Besos après avoir traversé les chaînes côtières.

b) *Les venues des autres torrents, issus des reliefs granitiques,* ne présentent que peu d'importance dans l'alimentation des plages littorales. Leur trajet est bref et le régime hydrodynamique extrêmement instable. Ces torrents sont la plupart du temps à sec ou parcourus par un mince filet d'eau. Lors de crues résultant d'une période pluvieuse, ils peuvent cependant sortir de leur lit, entraînant alors une charge sédimentaire brusquement accrue. Leur débit solide subit donc de très grandes variations, mais il reste la plupart du temps assez faible.

Cette disposition provoque, au contact du rivage, l'apparition, dans les zones d'alimentation plus importantes, de plages relativement continues devenant localement étroites. Au contraire, dans les secteurs alimentés uniquement par les massifs granitiques, ceux-ci atteignent très souvent le littoral et isolent des criques parfois étroites.

De cette disposition résulte également une certaine irrégularité dans la granulométrie des sables de plages, irrégularité liée au mode d'alimentation. Le matériel reste mal trié, fruste, hétérogène, et reflète la proximité des zones d'apport ainsi qu'une rapide mise en place par un régime torrentiel des venues.

Répartition des minéraux lourds sur la côte du Levant

Lorsque les plages restent isolées des venues fluviales prenant naissance au-delà des reliefs de bordure, les associations minérales coïncident avec la composition minéralogique des arènes issues des massifs littoraux. Toutefois, à partir des embouchures de rios plus importants, des mélanges peuvent se produire sous l'effet d'un léger transit résultant.

C'est ce qu'a démontré l'étude des minéraux lourds des secteurs suivants : Massifs granitiques, secteur métamorphique septentrional de la Costa Brava, zone deltaïque de l'Ampurdan.

A) ZONE DES MASSIFS GRANITIQUES

Le massif granitique qui occupe la région méridionale, malgré une uniformité apparente, présente de notables variations minéralogiques. On y distingue :

— *Dans sa portion méridionale*, au nord de Barcelone, un granite de type normal pouvant contenir une assez forte proportion d'*épidote*. Des passages de syénites y entraînent une transformation des plagioclases et des *biotites* en *épidote* jusqu'à l'apparition de syénite épidotifère.

Les torrents issus de cette région drainent le matériel de l'arène granitique, qu'ils abandonnent au contact de la mer. Tel est le cas de la plage où aboutit le rio de St Andreu de Llavaneres (tableau I, n° 172) où les sables fournissent une association de minéraux lourds traduisant fidèlement l'existence d'un matériel issu de cette province minérale. L'*épidote* (33 %) y domine largement; elle y représente son faciès classique qui est la *pistacite*.

On la trouve sous forme de grains d'assez grande taille, de couleur jaune-verdâtre, doués d'un net pléochroïsme. Elle est le plus souvent altérée, parfois bourrée d'inclusions charbonneuses, et ne s'éteignant pas franchement. Quelques passages *hornblende-épidote* sont observables. D'autres grains semblent provenir de la transformation de minéraux micacés.

L'*augite* est très rare, le seul grain repéré, présente une forme émoussée et une couleur délavée.

Le *grenat* est également présent, l'*apatite* et le *chloritoïde* apparaissent. Toutefois, des éléments de métamorphisme se mêlent à cette association typique et semblent provenir de zones plus septentrionales sous l'effet d'un léger transit sédimentaire.

— *Dans la région de Arenys de Mar* l'association minéralogique précédemment décrite se maintient. Parallèlement au granite épidotifère se développent des granites classiques de composition différente (éléments micacés).

L'analyse du granite pur recueilli au Nord du village de Arenys de Mar révèle une association de type classique où abondent les minéraux micacés et en particulier la *chlorite* (52 %). Celle-ci y est dominante et montre un aspect frais. L'*épidote* et la *hornblende* y sont plus faiblement représentées. A noter également la *calcite* et l'existence de *grenats* vert brun.

L'arène granitique également analysée (tableau I, 175 b), quoique caractérisée par les mêmes éléments micacés, se distingue du granite par les pourcentages relativement élevés en *épidote* et *hornblende* dus à des passées syénitiques précédemment signalées. Le passage *biotite-épidote* est visible sur certains grains.

L'appauvrissement de l'arène en *chlorite* peut être attribuable à un lessivage ayant entraîné préférentiellement les particules micacées.

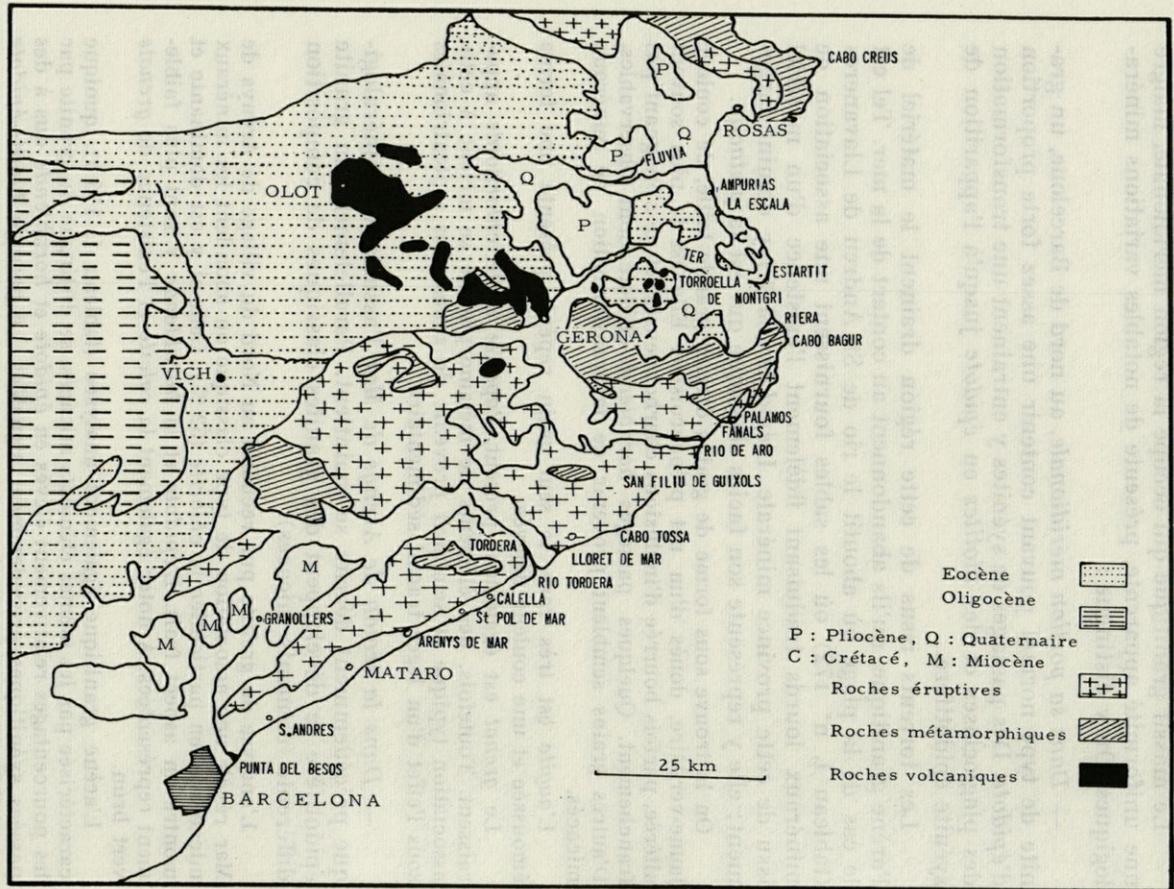


Fig. 1. — Schéma géologique de la zone étudiée.

— Une association comparable se retrouve vers le nord au voisinage de *San Pol de Mar* (173) où débouche le rio San Cipriano s'écoulant toujours dans la zone des massifs granitiques riches en *épidotes*. Les sables recueillis sur ce littoral possèdent une association de minéraux lourds contenant encore une quantité importante de ce minéral (20 %). Les autres minéraux caractéristiques de ces granites, notamment la *biotite*, y sont également très abondants (23 %). La *chlorite* elle-même arrive à atteindre une fréquence de 8 %, démontrant probablement des phénomènes d'altération des *biotites*.

L'*épidote* présente l'aspect de grains de forme généralement ovoïde, plus rarement sous forme cristalline, de couleur vert-jaunâtre. Les grains, doués d'un pléochroïsme variable, de taille assez grande, ont une surface chagrinée. Sur leurs bords, on peut parfois déceler leur passage aux micas.

Certains cristaux de *biotite* montrent également une altération partielle en *chlorite*. Des formes de transition sont donc généralement visibles.

Le maintien d'une certaine quantité de minéraux de métamorphisme (*andalousite*, *muscovite* et *disthène*) confirme la possibilité des venues d'un matériel de désagrégation provenant des affleurements métamorphiques du Paléozoïque. Il pourrait résulter d'un drainage par quelques affluents de la rive gauche du Rio San Cipriano qui traverse ces affleurements occupant la sierra de Mont-nègre.

— Vers *Calella* (tableau I, 174) les reliefs métamorphiques commencent à prendre une certaine importance bien que situés en retrait par rapport au granite. Ils sont parcourus par des petits torrents en réseau parallèle qui apportent les éléments constitutifs des plages.

Les minéraux lourds de ces plages voient leur fréquence varier considérablement. La fréquence de l'*épidote* tombe brusquement à 2 % pendant que les éléments micacés envahissent la presque totalité du stock. La *biotite* domine largement. La *chlorite* semble là encore partiellement résulter d'une altération de la *biotite*. Elle est en partie issue des zones de métamorphisme. La *muscovite* est également présente, la *tourmaline* peut résulter de phénomènes de chloritisation.

Les représentants du métamorphisme se maintiennent en proportions assez comparables (*andalousite*, *sillimanite*, *fibrolite*, *hornblende*, et *disthène*). De même l'*apatite*, en très faible quantité, pourrait avoir ici une origine identique.

— Les sables aux abords du Rio Tordera montrent une association minérale sensiblement modifiée (176).

— Rio Tordera. Le réseau de cette rivière traverse dans la presque totalité de son cours des régions granitiques de nature

acide, par l'intermédiaire de ses affluents de droite, alors que ses affluents de gauche ont creusé leur vallée dans du granite normal. En amont du cours, le Rio Tordera atteint du Miocène continental et longe des massifs basaltiques très localisés du secteur d'Hostalric. La présence de ce rio explique pourquoi les minéraux lourds des sables littoraux présentent dans cette région des associations assez complexes qui reflètent toujours la nature des provinces minéralogiques parcourues par le rio.

La *biotite* et l'*épidote* y sont très fréquentes (granite de type épidotifère). Les minéraux de métamorphisme sont en net accroissement (15 % d'*andalousite*, 2 % de *fibrolite*, 2 % de *chloritoïde*). Ils paraissent liés à un actif transport dans la portion amont des affluents (Paléozoïque).

Pour la première fois, l'*augite* (3 %) apparaît comme élément issu de la destruction des pointements basaltiques néogènes atteints par le rio.

Hornblende, *disthène*, *grenat* et *tourmaline* sont encore présents et doivent être considérés comme des minéraux accompagnateurs des espèces minérales essentielles des granites. Toujours en petite quantité, ils se maintiennent constamment le long de ce littoral, et restent encore décelables dans les alluvions plus méridionales (de Calella à San Andreu), typiquement granitiques.

Au nord du rio Tordera, le long de la Costa Brava, l'importance des plages diminue considérablement. Elles se forment entre d'imposantes masses cristallines et doivent être considérées comme des remplissages de fond de crique au contact de l'embouchure de petits torrents.

— *Lloret de Mar* (177) peut être considéré comme le secteur côtier où l'alluvionnement édifie une plage relativement étendue. Les minéraux lourds des sables appartiennent tous à l'association des granites normaux : la *biotite* domine (75 %) associée à l'*épidote* (4 %), *chlorite* (altération des biotites ou des tourmalines qui sont absentes) et *apatite*, tous caractéristiques du massif cristallin qui constitue les reliefs continentaux du littoral. La *hornblende* (1 %) et le *grenat* jouent le rôle de minéraux accompagnateurs.

— *La région voisine de Tossa de Mar* est occupée par deux types lithologiques principaux constituant le massif cristallin.

Le premier correspond au granite à biotite classique (tableau I, 161), composé de *biotite*, *muscovite*, *chlorite*, *zircon* et *disthène*. Les éléments opaques sont en fréquence élevée (*ilménite* et *magnétite*). Le second type appartient à des faciès pétrographiques passant à des diorites quartzifères (168), se caractérisant par une forte proportion de *hornblende* (54 %) et de *chlorite* comme leitminéral; l'*hypersthène*, l'*épidote* et le *disthène* pouvant, là encore, être considérés comme minéraux accompagnateurs.

Les plages (162-180) de ce secteur côtier sont rares et réduites à l'extrême. Mais Tossa de Mar est une zone suffisamment approvisionnée en éléments détritiques pour permettre le maintien d'une grève sableuse au fond de la Baie. L'alimentation provient d'une

rivière qui, parcourant les zones métamorphiques primaires et les divers faciès cristallins, vient se jeter à la mer aux abords de la ville.

La composition du stock minéral lourd doit être considérée comme un mélange des diverses unités pétrographiques traversées par ce rio. C'est ce qui explique pourquoi le cortège peut changer sensiblement en fonction de la granulométrie des sables de la baie (tableau I, Tossa et Lloret).

TABLEAU I
Evolution de la fraction minérale lourde
le long de la Costa Brava (de Barcelone à San Agaro)
(Ar = Aragonite An = Anatase Ch = chloritoïde)

	Micas	Chlorite	Amphibole	Augite	Hyperssthène	Epidote	Staurotide	Disthène	Andalousite	Sillimanite	Olivine	Zircon	Tourmaline	Grenat	Rutile	Apatite	Sphène	Fibrolite	Rares	Opaques
172 San Andres Nord de Barcelone	1	8	3	1	33				2	1			2	10		3	1		An Ch	35 %
176 Arenys de Mar Arène granitique	31	13	20		3	12			2	1		2	1	3	1	2		1	An	8 %
173 San Pol de Mar	27	8				20	4	3	1					2		2				33 %
174 Calella plage	43	20	3			2	2	3	1		2	1	1	1		1		2		19 %
176 Rio Tordera	25	4	5	3		10	5	15	1		1	1	2					2	Ch	26 %
177 Lloret de Mar	75	5	1			4								1		4				10 %
161 Tossa granite classique	10	3	1				1	3	1	1		4	1		1					74 %
168 Sud de Tossa diorite quartzifère	2	10	54		5	7			2		1	2	1	1		1				14 %
162 Tossa sable grossier	8	6				2			6		1		3	2					An	72 %
180 Tossa sable fin	20	3	5		5	11		6	6		1	1	1	10		2	2	1	An	26 %
184 Rio de Aro	65	5	7		1	4				1		2	1	1		2				11 %
182 San Agaro basse plage	52	2	5		1											1		1	Ar 10	28 %
183 San Agaro Dunes	37	2	9	2	2	2	1			1	1		1	4					Ar 26	12 %
185 Plage del Fanals	36		15			5		2	3				1	2		1			Ar 2	33 %

Dans la fraction grossière, les opaques dominent largement, suivis par des minéraux micacés (*chlorite*, *biotite*, *muscovite*). L'*andalousite*, d'origine métamorphique, y apparaît ainsi que de rares grains d'*olivine* issus sans doute d'un dôme basaltique voisin.

Dans la fraction fine, au contraire, l'association *biotite*, *épidote*, *grenat*, domine, traduisant l'influence du granite dioritique faisant partie du massif. La *hornblende*, le *disthène* et l'*apatite* augmentent de fréquence et les minéraux du métamorphisme (*andalousite*, *muscovite*, *fibrolite*, *sphène*) deviennent plus abondants. Une partie des grenats pourrait être partiellement originaire de ces mêmes zones de métamorphisme. L'*olivine* se maintient dans le stock, accompagnée de l'*hypersthène* en augmentation de fréquence. Ce sont encore des traces de lessivage des produits de désagrégation d'affleurements basaltiques (néogènes).

En résumé, ce complexe minéral résulte bien d'un mélange de quatre types pétrographiques à la source de ces venues; deux types de granite, un type de métamorphisme paléozoïque, et une origine basaltique. Tous formant le bassin versant du torrent de Tossa et de ses affluents.

— Dans la région de San-Féliu, à la terminaison septentrionale des massifs traversés par le rio de Aro, les plages résultent toujours de la destruction de ces massifs. De vastes affleurements de type granulitique fournissent une proportion d'éléments micacés dominant le cortège minéral : *biotite* - *muscovite* - *chlorite* - *hornblende* se maintiennent en proportion relativement constante sur la plage et le rideau des dunes qui la limite vers l'intérieur (tableau I, 182-183-184). Les autres minéraux : *épidote*, *sillimanite*, *fibrolite*, *apatite*, *grenat*, tous issus des granites ou des granulites qui encadrent la baie, viennent se mêler avec quelques fluctuations de fréquence au cortège essentiel des éléments micacés et des amphiboles.

Parmi les pyroxènes, l'*augite* fait une apparition intermittente dans les dunes, indiquant là encore la proximité d'un pointement basaltique néogène, traversé par le cours supérieur du rio de Aro. Les sédiments actuels du fond du rio en sont cependant dépourvus. Cette constatation nous laisse penser que l'*augite* rencontrée à l'heure actuelle dans la plaine maritime, pourrait provenir d'une phase d'érosion du basalte par creusement du réseau hydrographique de l'Aro, d'âge quaternaire ancien, impossible à préciser.

— CONCLUSION

Les plages et les alluvionnements des rios contiennent le plus souvent des associations minérales traduisant la composition des massifs cristallins et cristallophylliens adjacents ou constituant leurs bassins versants. Ils présentent donc des caractères très locaux, les variations étant d'origine granulométrique.

La répartition des minéraux lourds des sédiments actuels de la plage et des rios reflète l'existence d'un mélange de ces diverses associations minérales. Une évolution très sensible s'effectue toutefois en fonction du matériel détritique caractéristique de chaque rio, et d'un effet de lessivage aboutissant en fait à des fluctuations de la fréquence de certaines espèces minérales voire leur disparition totale.

Au niveau du rio Aubi, les sables et limons de l'embouchure (n^{os} 191 et 192) sont surtout composés d'éléments appartenant au domaine granitique. L'*andalousite* y apparaît cependant sous l'aspect de grains d'assez grande taille, tantôt en parfait état de conservation, tantôt profondément altérée et toujours caractérisée par de nombreuses inclusions charbonneuses apparaissant en vastes taches noirâtres plus ou moins diffuses dans le minéral.

Les pourcentages de ces divers constituants retrouvés dans le rio, subissent des variations considérables de fréquence, en fonction des actions hydrodynamiques marines et de l'action de triage de la houle qui, réglant la granulométrie locale, détermine une sévère sélection de chaque espèce minérale lourde en fonction de la taille, de la forme des grains, et de leur densité. Au niveau de la plage de Palamos (n^{os} 193-194), sur la zone de swash et backwash, l'effet de lessivage provoque par exemple une élimination des paillettes de *biotites* plus facilement déplacées. La *muscovite* subit la même action. Corrélativement, on assiste à l'augmentation de fréquence des *andalousites* de granulométrie plus grossière.

La partie sud-ouest de la baie de Palamos, alluvionnée par le rio de Plata, s'enrichit également en partie par l'arène granitique. Au contact de son débouché, le rio se prolonge par un vaste bras périlittoral dirigé vers le Sud. Le sable de la rivière (n^o 188) se compose d'un matériel très hétérogène et riche en *biotite*, *muscovite*, *épidote*. Il s'y adjoint une certaine proportion de *hornblende*, *andalousite*. Le même triage par les actions marines s'exerce sur ce matériel (n^o 189). Il se traduit par l'existence d'un sable granulométriquement plus homogène, où les particules fines, ou facilement déplacées (*micas*) ont été éliminées, laissant sur place un stock plus ou moins grossier suivant sa localisation dans la morphologie de la plage (backwash, dunes, ripple, bras périlittoral du rio).

Comme dans la portion orientale de la plage, ces phénomènes ont pour conséquence un accroissement considérable de la teneur en *andalousite* qui permet d'atteindre des fréquences de 18 %, et corrélativement, on assiste à une diminution notable des éléments micacés, sauf au contact des massifs granitiques (tableau II - n^o 187).

Des ouvrages de défense au nord du rio ne provoquent aucun atterrissement visible. Une attaque de la houle dirigée normalement au

rivage, ou l'existence de rip currents semblent responsables de ce déficit sédimentaire que des phénomènes compensateurs insuffisants ne peuvent équilibrer.

II. — SECTEUR DELTAÏQUE SEPTENTRIONAL

Delta du Ter et golfe de Rosas

Du cap Bagur au cap de Creus, la côte est échancrée par deux vastes golfes occupés par des deltas : au Sud, le Ter, au Nord, le Fluvia et le Muga.

Ces deux golfes sont limités au Sud et au Nord par des massifs métamorphiques en grande partie schisteux. Des pointements éocènes affleurent çà et là dans l'Ampurdan. Traversant l'Eocène ou le Quaternaire, des épanchements basaltiques apparaissent. Les travaux de L. SOLE SABARIS ont démontré l'âge quaternaire des basaltes d'Olot liés à l'existence d'une faille. Alors que dans le Haut et le Bas Ampurdan, les basaltes datent du Néogène.

L'Eocène détritique a pu fournir en maints endroits, par remaniement, un matériel favorable à l'édification des plages ou des dunes.

En effet, la plaine de l'Ampurdan est sillonnée par d'importants champs dunaires dont l'orientation générale nord-sud reste soumise aux vents dominants.

Les alluvions apportées par les rios constituent pourtant la plus grande partie des matériaux de remplissage de la plaine. La destruction des massifs métamorphiques Sierra de Rosas au Nord, et de Gabarres au Sud, ont également joué un rôle très localisé dans le remplissage de ces deltas. La répartition des minéraux lourds, malgré la complexité des associations résultant de mélanges, là encore, dépend directement des différentes sources détritiques.

A) DELTA DU TER

A la limite méridionale du delta, comme à sa limite septentrionale, s'étendent d'importants champs dunaires supportant des forêts de pins qui les stabilisent.

Ces champs de dunes anciennes doivent appartenir à un type d'alimentation sableuse différant du sable du cordon littoral actuel.

Au sud, ces dunes empruntent une dépression située dans le Cambrien et montent à l'assaut des reliefs paléozoïques. Elles s'étalent en une

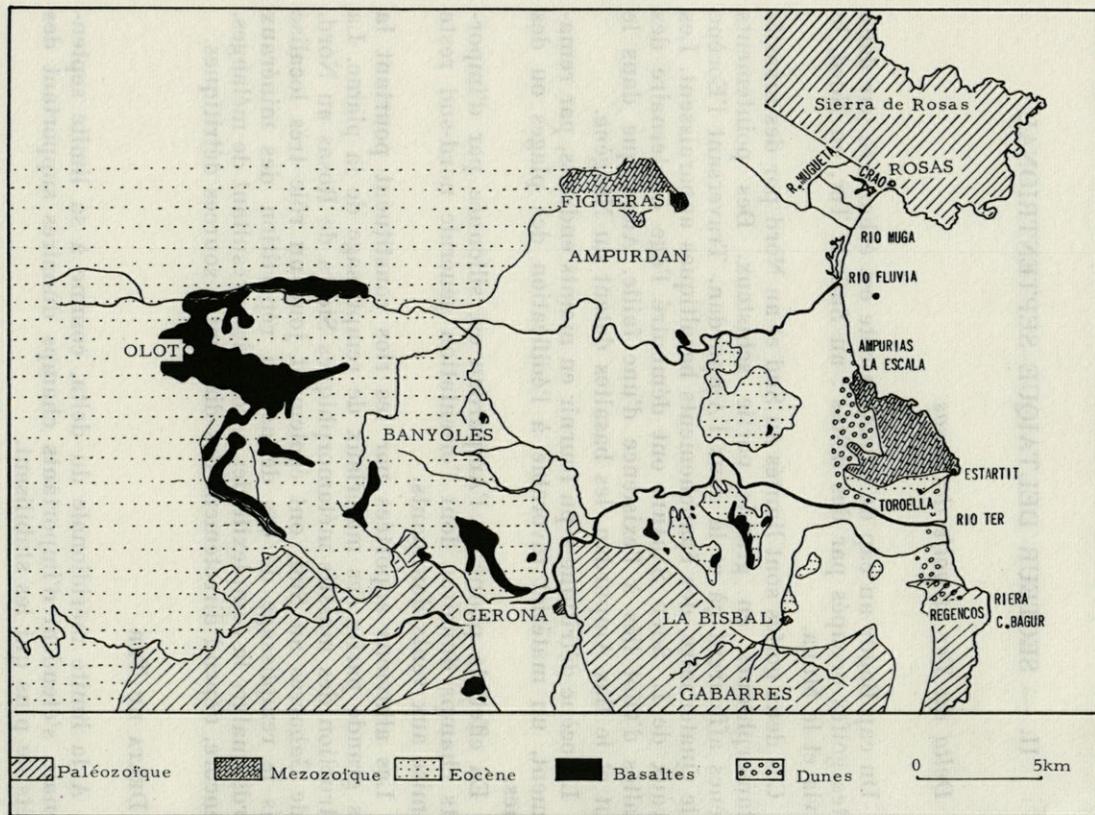


FIG. 2. — Région des deltas. Province de l'Ampurdan d'après L. Solé Sabaris.

bande nord-sud entre Regencos et Bagur. A l'Est du Cambrien, les schistes dévoniens bordent la côte rocheuse formant un cap à la limite du delta. Des criques profondes et étroites, occupées par de petites plages très isolées entre elles, caractérisent ce littoral.

TABLEAU III
Fraction minérale lourde dans l'embouchure du Ter
(Ax = Axinite Co = Corindon)

	Augite Hypersthène	Olivine	Hornblende	Andalousite	Sillimanite	Disthène	Staurotide	Epidote	Biotite	Muscovite	Chlorite	Zircon	Grenat	Tourmaline	Apatite	Sphène	Anatase	Fibrolite	Rutile	Rares	Opaques
106 Chenal interne bras périllitoral	10+1	7	12	12	1	1	1	1	2	3	4	1						1			54 %
107 Chenal n° 6	7+1	9	1	8	1				1		5	1	1					2			63 %
109 Embouchure	12		4	8		4					6	5	4					2		Ax 1	54 %
101 Swash et Backwash	4+2	6	2	12	2				2	2	4	2						4	4		54 %
116 Delta du Ter ancien chenal	3	1	18	1		3	2	4	3	6	6	2	2								48 %
119 Dunes après Balsa	6+1	2	2	3	1	2	1	2		5	5	7	2	2		1		1			59 %
117 Estartit cusps	6	3	6	8	1		4	2	4	4	1	1	3				1		Co		56 %
100 Estartit plage	10+2	10	4	11	1	4	1	1		5	10	5	1	1	1	2	1	1			29 %
169 Eocène d'Estartit			2		4	2	3	20	40	2	1	1	1				2	1			21 %

TABLEAU IV
Fraction minérale lourde de la région de Bagur - Regencos
(Di = Diopside Ax = Axinite Fi = Fibrolite)

	Augite Hypersthène	Olivine	Hornblende	Andalousite	Sillimanite	Disthène	Staurotide	Epidote	Biotite	Muscovite	Chlorite	Zircon	Grenat	Tourmaline	Apatite	Sphène	Anatase	Altérites	Rutile	Rares	Opaques	
158 Schistes cambriens				6			5	15	10		2		6	1	1	10					44 %	
152 Rio Riera	1			3	1	1	12	1	5	7	9	2	5	1	1	1			5		45 %	
153 Plage de Riera	8	7		18	3		2	4		4	4	2							6		Di 2 Ax 1 Fi 1	42 %
154 Dunes entre Bagur et Regences	14+2	4	10	16	2	1	1	3	3	2	8	4	2	1	1	1					26 %	

La composition des éléments lourds de cet ensemble dépend en grande partie de la destruction des massifs paléozoïques.

Les rios (ex : Riera) entraînant des sables de granulométrie souvent très fine, fournissent des associations minérales lourdes issues des schistes qui les entourent. Tel est par exemple le rio qui aboutit au fond de la baie de Riera (fig. 1). Il s'agit de la *staurotite* bien représentée, accompagnée d'*andalousite*, *tourmaline* et de minéraux micacés (tableau IV, n° 152).

Les plages formées d'un matériel grossier, au contraire, sont toujours caractérisées par un mélange de deux associations typiques : d'une part, *andalousite* et son cortège habituel, et d'autre part une association de type basique comprenant l'*augite* et l'*olivine*, sans doute venues à partir du delta du Ter et d'origine basaltique. Des fluctuations notables peuvent apparaître dans la fréquence de certaines espèces minérales : tel est le cas de la *staurotite* qui subit en certains points une sélection granulométrique rigoureuse (plage de Riera, tableau IV, n° 153). La même composition se retrouve dans l'immense champ de dunes anciennes venant buter contre les massifs primaires où cependant l'association éruptive basique commence à prendre la prépondérance, ainsi que certaines espèces minérales appartenant au matériel fin du delta du Ter (*hornblende*, *épidote*, tableau IV, n° 154), les grains montrant un net façonnement.

Le Ter a alluvionné le fond de la baie où nous rencontrons de nouveau des mélanges traduisant l'origine complexe des sédiments, ce rio n'ayant pas été le seul agent générateur.

En effet, une faible portion des matériaux est reprise directement à l'Eocène, matériaux en grande partie constitués par des cristaux micacés résistants (*muscovite*) ou produits d'altération (*chlorite*) (tableau III - n° 169). Ils sont accompagnés d'une petite quantité d'ubiquistes (*zircon*, *rutile*, *tourmaline*) et d'*amphiboles* (*hornblende*), ces dernières en petits grains.

Mais la plus grande partie des sédiments amenés par le Ter est arrachée aux massifs métamorphiques pyrénéens d'où cette rivière est issue. A ce matériel de base s'adjoint une importante fraction de minéraux typiques des formations éruptives basiques (*augite - olivine*) marquant l'érosion des basaltes d'Olot que traversent les affluents de gauche de ce rio. Notons que d'une façon générale la *staurotite* apparaît comme très rare ou absente. Elle se localise donc au contact des massifs rocheux méridionaux limitant le delta.

Arrivés sur la plage, une sélection dimensionnelle s'accomplit sous l'action des agents de la dynamique, et détermine de profondes perturbations dans la fréquence de ces divers minéraux (nos 106-107-109-101).

La présence de la *hornblende* et ses variations de fréquence, illustre plus particulièrement ce triage granulométrique. Elle se présente toujours en grains de petite taille, ce qui entraîne sa disparition rapide au contact

du lido. Corrélativement, les alluvions de la plaine maritime, souvent reprises par le vent sous forme de bandes dunaires, pourtant non loin du littoral, voient le pourcentage de *hornblende* augmenter considérablement au dépend des éléments éruptifs basiques et de l'*andalousite*, laquelle se trouve sous forme de grains de taille relativement forte, bourrés d'inclusions charbonneuses et souvent altérés (n° 116).

La plage et les dunes de bordure, au contraire, s'enrichissent en *andalousite* et en éléments basiques malgré quelques variations secondaires inhérentes à la localisation des échantillons en fonction de la morphologie de la plage et des dunes de bordure; fait qui a déjà été constaté au niveau du littoral de la Costa Brava.

B) L'ENSEMBLE DELTAÏQUE COMPLEXE DES RIOS FLUVIA ET MUGA

Séparés du delta du Ter, par le promontoire Eocène et Crétacé d'Estartit-Toroella de Montgri, les deltas septentrionaux s'étalent au fond de l'amphithéâtre de reliefs, fermé au Nord par le massif des Albères.

C'est une vaste plaine formée par l'alluvionnement fluvio-marin, plio-quadernaire et récent. Elle est sillonnée par de nombreux chenaux, emplacements probables d'anciens bras des fleuves. La morphologie ancienne (chenaux et cordons littoraux) de cet ensemble, est à l'heure actuelle complètement masquée par l'alluvionnement lagunaire et un intense colmatage dont la plaine est le siège. Seules, des zones marécageuses sinueuses, occupées par des roselières indiquent, par place, l'existence de ces anciens chenaux.

Aux abords du littoral, des diramations fluviales deviennent plus nettes et apparaissent d'anciens bras littoraux, qui, séparés de la mer par un cordon littoral parfois assez large, ne sont submergés qu'en période de tempête ou inversement en période de crues. Ils ont subi des atterrissements massifs et se présentent sous l'aspect de lagunes saumâtres soumises en période estivale à des phénomènes de salants.

Le remplissage de ces lagunes est en grande partie constitué par du limon. Seuls les chenaux actifs du Fluvia et du Muga, et le cordon littoral actuel, sont l'objet d'une sédimentation sableuse.

Dans la partie méridionale de cette plaine, un vaste champ dunaire s'étend de l'Aupurias au delta du Ter, constituant un massif d'altitude notable et d'une puissance de 18 à 20 m, fixé, sauf vers la Escala, par une forêt de pins et étalé en grandes bandes dunaires orientées dans le lit du vent dominant (approximativement NW-SE). Seuls, les affleurements sableux ont fait l'objet de notre étude.

a) *Les chenaux actifs* (tableau V)

— *Le rio Fluvia* transporte un cortège minéralogique surtout composé de représentants des affleurements éruptifs basaltiques que traversent le rio dans sa zone amont au niveau du massif

TABLEAU V
 Fraction minérale lourde des rios septentrionaux
 (G = sable grossier F = sable fin)

	Augite Hyperssthène	Olivine	Andalousite	Disthène	Épidote Zoizite	Biotite	Muscovite	Chlorite	Hornblende	Zircon	Grenat	Sphène	Fibrolite	Axinite	Tourmaline	Sillimanite	Opagues
Rio Crao G	3	1	18	1	23	4		3		1		5					41 %
205 " " F	26+3	9	13	2	3	1	1	10		1		2	2				27
Rio Muga G				+	4	38	1	3	2		1						51
207 " " F			1		6+2	36	4	4	10		1	1			1		34
199Rio Muguetta F				3	7	22	5	2	13	5	2	1	1		2	1	33
Rio Fluvia G	43	7	1							4						1	42
209 " " F	55+2	5			4					1		1	2	2			28

d'Olot. Il s'agit d'une association assez stable que l'on retrouve aussi bien dans les levées anciennes du fleuve que dans le lit actif.

L'augite domine nettement, mais elle est plus fréquente au sein des levées fluviales (43 % contre 28 % dans le lit actuel - n° 209). Son abondance s'accroît également avec la diminution de la taille des grains (jusqu'à 55 %). L'olivine, moins abondante, y atteint cependant, dans le lit actuel, des pourcentages élevés (15 %), compte tenu de sa fragilité. Dans les levées, elle ne représente plus que 7 % du matériel lourd.

Des minéraux accompagnateurs sans grande signification d'origine, se mêlent à ce cortège fondamental, *épidote*, *sillimanite*, *grenat*, *axinite*. On note cependant des fluctuations certaines entre la composition de ces éléments dans le fond du lit actuel et les levées deltaïques. Ces dernières voient l'accroissement de l'augite au dépend de l'olivine. Le zircon, seul représentant des minéraux ubiquistes, semble cependant suivre assez fidèlement l'association majeure *augite-olivine*, et pourrait provenir des mêmes massifs.

— Rios Muga et Muguetta

Le rio Muga se termine par un bras périlittoral temporairement fermé, dirigé vers le Sud. Le versant sud du fleuve est érodé, alors que le versant nord forme une vaste langue de sable. Les berges des fleuves sont endiguées. Le sable y est grossier.

Très différent de son voisin méridional, le rio Muga et sa branche secondaire, le Muguetta fournissent un type d'alluvionnement classique des produits de démantèlement de massifs métamorphiques (tableau V - nos 207-199).

Il s'agit d'éléments *micacés*, *biotite*, *muscovite*, *chlorite*, de très grandes quantités de minéraux opaques, jusqu'à 51 %, auxquels s'associe un cortège plus spécifique des Albères : *Epidote*, *hornblende*, *grenat*, *andalousite*. Les espèces ubiquistes y sont rares ou font complètement défaut. Cet ensemble minéral se distingue donc très facilement des associations provenant des apports du rio Fluvia. Elles sont vraisemblablement originaires du massif des Albères très proche.

b) *Les anciens chenaux* (ex. Rio Salinas et Grao - tableau V - n° 205)

Transformés aujourd'hui en lagunes, ces anciens chenaux possèdent un ensemble de minéraux lourds dont la composition diffère sensiblement de celle du Rio Muga, bien qu'il faille les considérer comme des dérivations de ce Rio.

Le cortège de base issu du métamorphisme s'y maintient. L'*andalousite* toutefois y est beaucoup plus abondante. L'*augite* apparaît en assez grande fréquence, jusqu'à 26 %, ainsi que l'*olivine*.

Remarquons une notable sélection spécifique en fonction de la taille des grains. La *biotite* est surtout localisée dans la fraction grossière (0,50 à 0,16). L'*augite* et l'*olivine* subissent la sélection inverse, les particules possédant corrélativement un façonnement plus poussé, conséquence d'une usure certaine.

Les minéraux accompagnateurs se retrouvent encore dans ces dépôts. Il s'agit des venues satellites du milieu marin (pénétration de la mer par tempête), et du mélange des venues complexes, issues de zones différentes, mais ayant subi, à la proximité du lido actuel, d'importants remaniements.

Il en résulte un brassage de deux stocks sédimentaires, l'un en provenance des alluvions caractérisant le Muga et les diramations, l'autre d'origine littorale montrant l'influence de l'étalement par transit le long de la côte des venues terrigènes du Rio Fluvia, dispersées le long de la plage.

c) *Le cordon littoral actuel* (tableau VI) s'étend de façon continue depuis la Escala, jusqu'à Rosas. Il est seulement interrompu par quelques graus reliant les étangs à la mer, et par les embouchures des rios très souvent constituées par des bras péri-littoraux plus ou moins étendus, et fréquemment soudés au rivage.

La composition minérale du stock lourd décelé dans les sables reste assez uniforme. Elle se compose de deux associations minérales distinctes : - éléments de métamorphisme : *andalousite*, *disthène*, *sillimanite*, et localement sa variété la *fibrolite*, minéraux micacés - éléments issus des affleurements basaltiques néogènes et quaternaires : *augite*, *olivine*, *hypersthène*.

TABLEAU VI
*Evolution de la fraction minérale lourde
dans le cordon littoral de la Escala à Rosas
(Ru = Rutile Ax = Axinite)*

	Augite	Olivine	Hypersthène	Andalousite	Sillimanite	Disthène	Staurotide	Epidote	Biotite	Muscovite	Chlorite	Hornblende	Zircon	Grenat	Spène	Apatite	Fibrolite	Tourmaline	Rares	Opaques
126 La Escala	30	16	4	2	1			3		1	9	6					1			27
127 Ampurias	25	14	5	4	3			3	1	6	1	8	1	1	1	+			Ru	26
198 N. Rio Fluvia	24	10	2	3	2	1		2	5	+	3	+	9	1	+				Ax	37
201 N. Rio Muga	12	2	2	1	2	+		4	6		+	1	5	6			1	1		57
204 Rosas	10	6	1	4	+		2	15	8	2		6	2	4	1	2				33

Malgré des fluctuations secondaires de leur fréquence, les minéraux lourds subissent un étalement qui, sous l'effet du transit, aboutit à une dilution progressive du cortège caractéristique des zones éruptives basaltiques. Elle se traduit par une diminution continue de la teneur de ces éléments du Sud vers le Nord, c'est-à-dire depuis la Escala jusqu'à Rosas (Tableau VI - nos 126-127-198-201-204).

Il semble que l'influence des apports fluviatiles en provenance du Rio Muga et de son réseau secondaire joue un rôle négligeable dans l'alimentation de ces plages.

Deux causes peuvent expliquer ce fait :

— Le débit solide du Muga reste relativement modeste dans sa valeur globale annuelle. Comme tous les torrents méditerranéens, son débit est irrégulier, et son pouvoir transporteur reste faible pendant la plus grande partie de l'année. Seules ses crues violentes entraînent à la mer une masse sédimentaire appréciable, mais le phénomène est de courte durée.

Cette situation s'aggrave encore du fait de la brièveté du cours de ce rio qui traverse un domaine très réduit, diminuant ainsi les possibilités de transport.

— La composition minéralogique du stock lourd est principalement constituée par des éléments micacés et opaques, très favorables à une grande dispersion. Le pouvoir transporteur de l'eau par suite de leur forme en paillettes s'en trouve considérablement accru. Il est donc logique d'admettre que ces minéraux, lorsqu'ils atteignent la mer, seront préférentiellement éliminés au niveau de la zone de grande turbulence.

Le rôle joué par le Muga dans la sédimentation de la baie, reste donc très limité en ce qui concerne le stock lourd. L'alluvionnement du rio Fluvia semble avoir la prépondérance dans le

régime sédimentaire littoral. D'autre part, le maintien de l'association minérale basaltique, en partie amenée par le Fluvia atteste d'un réel transit vers le Nord.

Ce transit, sans doute alternant, provoque l'étalement du matériel basaltique de part et d'autre de l'embouchure, mais sa dilution vers le Nord détermine une localisation méridionale des forts pourcentages en *augite* et *olivine* qui atteignent respectivement 30 et 16 % sur la plage de la Escala (n° 126).

A partir de ce secteur, les pourcentages diminuent progressivement du Sud au Nord (tableau VI) pour s'abaisser jusqu'à 10 % et 6 % au contact de la plage de Rosas à la limite septentrionale de la baie.

La persistance des minéraux issus des massifs basaltiques sur tout le littoral deltaïque (Fluvia-Muga), se trouve peut-être facilitée par l'existence sur les petits fonds de sables fossiles provenant d'anciens niveaux quaternaires, mis en place lors de périodes regresives durant lesquelles, par enfoncement linéaire de sa vallée, le Fluvia a creusé activement le réseau amont de son lit dans la zone basaltique d'Olot.

Des pointements basaltiques, aujourd'hui submergés, affluent çà et là au fond de la baie; ils ont très bien pu et peuvent encore participer, par leur désagrégation, quoique très faiblement, à l'alimentation en résidus lourds, des sédiments de la plage actuelle, directement ou par destruction d'anciens niveaux quaternaires.

Ainsi, le cortège *augite-olivine* apparaît comme provenant d'une double origine; fluviatile et marine par le jeu de l'érosion et de l'apport.

Cette hypothèse semble devoir trouver sa justification dans l'existence, dans les sables du littoral et des dunes, du mélange de deux types d'*olivine*.

Un type relativement frais, à surface peu chagrinée et à contours nets; un deuxième type assez fréquent, montre une surface creusée de cavités et de craquelures mimant des clivages, dont le fond est souvent occupé par des inclusions brunâtres probablement ferrugineuses. Ce dernier type n'a pas été retrouvé dans les échantillons provenant du lit actuel du Fluvia. Il pourrait donc être caractéristique de sédiments plus anciens voire quaternaires et attester la participation de ces derniers dans la constitution des dunes et des plages actuelles.

d) *Champ dunaire méridional* (Forêt domaniale), tableau VII

Isolant le delta du Ter de celui du Fluvia, un immense champ dunaire, édifié depuis quelques siècles, s'étend entre la Escala et Torroella de Montgri - Estartit.

Ces dunes subfossiles ne sont pas consolidées, elles sont fixées par une forêt de pins. Elles forment des lignes de hauteur de direction NW-SE, et semblent prendre naissance aux bords de la Escala, non loin de cette localité où se situe probablement l'origine de ce matériel transporté.

Dans ce secteur, le champ dunaire commence par une série de dunes basses et relativement mobiles; elles ne sont fixées que par une végétation restreinte et non arbustive. Aucune forme schématique précise ne se distingue, les amoncellements s'effectuent au hasard de la topographie locale, et des possibilités d'alimentation en sable (littoral proche, affleurements gréseux, éocènes).

Elles s'accumulent peu à peu vers le Sud en venant s'appuyer contre les affleurements éocènes et créacés du rocher d'Estartit, où elles sont stabilisées par la pinède et viennent se déverser en bordure septentrionale du delta du Ter.

Une série de prélèvements effectués dans le sens probable du transit montre la grande stabilité de la composition du stock lourd de ces sables (tableau VII).

TABLEAU VII

Evolution de la fraction lourde dans les dunes du Nord au Sud
(gl = glaucophane)

	Augite	Olivine	Hypersthène	Andalousite	Sillimanite	Disthène	Staurotide	Epidote	Biotite	Muscovite	Chlorite	Hornblende	Zircon	Grenat	Tourmaline	Sphène	Apatite	Fibrolite	Rutile	Anatase	Rares	Opagues	
128	19	14	1	4	1			4	3		2		9	2	1	1		1					38 %
134	18	8	5	8	1	2	2	5	3	1	7	3	5	3	1	2	2	1		1	gl		23 %
135	20	13	4	3	1		1	4	2		2		12	1	1	1	1						34 %
136	21	15	6	5	2	2	1	1	1		3		8	5	2	3	1			1			24 %
138	18	13	1	3			1	1	2		5	2	9	3	2		1				gl		39 %
139	25	18	2	1	3	1	3	+	1	1	4		7	1		1	1		1				30 %
140	26	17	4	1	2		2	2					8	1			2						35 %
141	23	18	1	2	3	2	1	2			1		8	2		1	1						35 %
132	5	2	2	5	2	7	4	4	3	8	10	6	4	4	1	4			2		gl		26 %

Le cortège *augite-olivine*, accompagné d'*hypersthène*, se maintient dans des proportions voisines de 20 % pour l'*augite*, et 15 % d'*olivine*. Les minéraux de métamorphismes y sont bien représentés par l'*andalousite* (5 %) et la *sillimanite* (2 %).

Les variations de fréquence oscillent autour de ces valeurs moyennes. Toutefois, un certain triage lié à l'évolution et à la migration des dunes, peut être mis en évidence. Les proportions

d'*augite* augmentent de façon sensible au voisinage du sommet de l'édifice dunaire. L'*olivine* suit fidèlement ces conditions. L'*andalousite* semble au contraire subir une faible sélection.

Les autres éléments sont l'objet de fluctuations irrégulières sans liens visibles avec les conditions de la dynamique dunaire.

Comme on peut le constater, il s'agit toujours d'un mélange de deux stocks sédimentaires : un cortège d'origine basaltique fondamental auquel s'ajoute un cortège issu des massifs métamorphiques ou remanié des niveaux éocènes.

A ce titre, l'échantillon n° 132, provenant de dunes s'appuyant sur l'Eocène d'Estartit, où l'on remarque la prépondérance des minéraux micacés et de l'amphibole, montre l'influence très locale de ce substrat, où les mêmes espèces ont été trouvées (tableau III, n° 165).

La composition de ces sables est en tout point comparable à celle du cordon littoral voisin de Ampurias - la Escala. Son origine doit être reconnue dans ce matériel littoral, en partie apporté par le Fluvia, repris par le vent et accumulé dans des dépressions méridionales.

Si nous comparons cette composition avec celle du champ dunaire de Bagur, précédemment signalé (tableau IV, n° 154) : l'association *augite-olivine* s'y maintient, accompagnée cependant par une assez forte proportion d'*andalousite* (16 %) attribuable aux schistes cambriens adjacents. Ces dunes semblent donc constituer la terminaison méridionale de la forêt domaniale, ou du moins en être dérivées.

Par contre, au Nord de la zone étudiée, les massifs des Albères (région de Cadaquès) supportent des champs dunaires anciens formés d'un sable grossier parfois consolidé, alternant avec de nombreux fragments des schistes sur lesquels ils s'appuient et de composition minéralogique très différente. Parmi des minéraux opaques dominants, on note la présence d'*andalousite* en gros grains très altérés, à laquelle s'associent, en faible proportion, des minéraux micacés (*biotite*, *chlorite*), de l'*épidote* et du *grenat*.

Ces dunes sont donc sous l'influence locale et directe du substrat.

CONCLUSION

L'étude préliminaire que nous venons de présenter met en évidence la complexité du régime d'apport sédimentaire qui règne le long des côtes septentrionales de la Catalogne Espagnole.

Dans la zone des Catalanides, les massifs cristallins et paléozoïques fournissent dans la plupart des cas, un matériel sédimentaire issu des reliefs voisins, et le stock des minéraux lourds que

renferment les sables, traduit par sa complexité les grandes variétés pétrographiques qui constituent les chaînons littoraux.

Certains secteurs privilégiés reçoivent des cours d'eaux plus importants, originaires des zones internes de la dépression (Néogène). Leur alluvionnement intervient alors pour modifier la nature minéralogique du stock lourd qui, brusquement, ne reflète plus son environnement pétrographique (exemples Besos-Tordera).

Dans le secteur des deltas septentrionaux, l'importance des fleuves prend le pas sur le type d'alluvionnement précédent. Les rios Ter et Fluvia, les plus importants, jouent un rôle capital dans le remplissage des plaines et l'alimentation du cordon littoral.

Toutefois, le maintien de l'association *augite-olivine* le long du littoral, et dans les anciennes embouchures (Crao, tableau V, n° 205), conduit à penser à l'existence d'une alimentation d'origine marine issue de petits fonds et provenant d'anciens rivages quaternaires mis en place lors de périodes régressives.

En effet, ces rivages ont pu être abondamment pourvus en matériel basique lors du rétablissement du profil longitudinal d'équilibre des fleuves et de l'érosion linéaire de leur vallée amont consécutive de la régression des rivages.

La même origine marine peut également faire intervenir des produits d'arrachements d'affleurements rocheux basaltiques submergés.

Le littoral actuel verrait donc l'interférence de deux associations basiques (*augite-olivine*), l'une amenée par le réseau hydrographique actuel du Fluvia, l'autre fossile d'origine marine.

L'envahissement de tout le littoral est facilité par un transit alternant, étalant les matériaux de part et d'autre des embouchures.

A noter toutefois la prépondérance des transferts littoraux vers le Sud, où viennent s'accumuler d'imposantes masses sableuses dans la zone méridionale de la baie de Rosas (Rio Fluvia) et du delta du Ter. Reprises par le vent, elles forment des champs de dunes présentant les caractères minéralogiques des deltas correspondants, et peuvent atteindre des altitudes notables.

Malgré l'uniformité des massifs, la répartition des minéraux lourds est variée et marque une phase de remplissage du bassin sédimentaire assez complexe.

Localement, des éléments allogènes apparaissent, issus de provinces minérales plus internes, n'ayant que peu de rapports avec les reliefs de bordure du bassin.

Cet exemple illustre les difficultés que peuvent rencontrer les géologues lorsqu'il s'agit d'expliquer l'histoire du remplissage des

bassins sédimentaires anciens, dont on s'efforce de reconstituer les provinces d'alimentation et où apparaissent parfois des ensembles minéraux dont les sources peuvent rester inconnues ou difficilement contrôlables.

RÉSUMÉ

L'étude minéralogique des plages de la Catalogne espagnole, entre Barcelone et Rosas, met en évidence la grande diversité des apports sédimentaires issus de provinces pétrographiques différentes.

La répartition des associations minérales lourdes entrant dans la composition des sables de plages, traduit parfois l'origine directe des massifs cristallins des Catalanides dont ils subissent les variations pétrographiques. Mais localement des éléments allogènes apparaissent, issus de provinces minérales plus internes (secteur paléozoïque métamorphique).

Dans les zones deltaïques septentrionales apparaissent des associations minérales à caractère basique (augite-olivine) attribuables à un épisode d'érosion linéaire des vallées du Ter et du Fluvia entaillant les massifs basaltiques qu'ils traversent. Le sédiment de plage résulte donc de venues complexes, il est en partie fossile.

Les transports littoraux, au contact des plages, semblent restreints à des secteurs côtiers bien délimités.

SUMMARY

Mineralogical study of Catalonia beaches between Barcelona and Rosas, shows the wide diversity of the sedimentary deposits originated from various petrographic provinces.

Distribution of heavy mineral associations of the beach sands gives evidence in some cases they originated directly from the crystalline mounts of the Catalanids, which petrographic variations they undergo. But locally, allogenous elements appear coming from more inland mineral provinces (palaeozoic metamorphic region).

In the northern deltaic areas, mineral associations with basic character (augite - olivine ?) appear; they are consecutive to a period of linear erosion of Ter and Fluvia rivers valleys in the

basaltic mountains they cross. Beach sediments therefore are the result of complex deposits and are partially fossil. Littoral carriage along the beaches seems to be restricted to well-defined regions of the coast-line.

ZUSAMMENFASSUNG

Die mineralogische Untersuchung des Strandes zwischen Barcelona und Rosas (spanisch Katalanien) zeigt mit Deutlichkeit die grosse Vielfalt der Ablagerungszufuhren die von verschiedenen petrographischen Regionen stammen.

Die Verteilung der schweren Mineralverbindungen, die an der Zusammensetzung des Strandsandes teilnehmen, gibt manchmal den direkten Ursprung der Kristallmassive der Catalaniden wieder, deren petrographische Veränderungen sie erleiden. Aber beschränkt erscheinen allogene Elemente, von mehr inneren mineralischen Provinzen herstammend (palaeozoischer, metamorphischer Sektor).

In den nördlichen Deltagebieten erscheinen Mineralverbindungen basischen Charakters (augit-olivin) die einer Episode linearer Erosion der Täler des Ter und des Fluvia zugeschrieben werden müssen, welche das basaltische Massiv, das sie durchqueren, einschneiden. Die Ablagerung des Strandes ist also vielfacher Herkunft, sie ist zum Teil fossil.

Die litoralen Verschiebungen, die im Kontakt des Strandes stattfinden scheinen auf ganz bestimmte Küstengebiete beschränkt zu sein.

BIBLIOGRAPHIE

- ALONSO PASCUAL, J. & J. PEREY MATEOS, 1961. Los arenales costeros del Levante Español. Consideraciones de conjunto sobre las tres provincias : Valencia, Castellon de la Plana y Alicante. Sevilla; II Reun. sedimentol. : 167-177.
- DUPLAIX, S., 1958. Détermination microscopique des minéraux des sables. Paris, Libr. Béranger, 2nd éd.
- GIRESSE, P., 1965. Exemples de transport côtier sur le littoral catalan espagnol. Mécanismes de triage. *Cah. océanogr.*, 7 : 99-106.
- GLANGEAUD, L. et P. GUARDIA, 1963. Paléomagnétisme et chronologie des éruptions quaternaires du Rio Fluvia (Catalogne). *C. r. Acad. Sci.*, Paris, 256 : 240-242.
- LLOPIS LLADO, N., 1947. Contribucion al conocimiento de la morfoestructura de los catalanides. *Cons. sup. invest. cient.* Instituto Lucas Mallada. Barcelona.

- PEREZ MATEOS, J. et J. ALONSO PASCUAL, 1961. Los arenales costeros del levante español. La costa de Alicante. II Reun. sedimentol. Sevilla. *Cons. sup. invest. cient.* : 155-165.
- RIBERA FAIG, J.M., 1945. Sobre el plioceno continental del Alto Ampurdan. *Boll. R. Soc. Esp. hist. nat. Madrid*, 43 : 38-64.
- RIBERA FAIG, J.M. El limite Pliopleistoceno en la Costa nordeste de España. *Estudios geol. Inst. Invest. geol. Lucas Mallada*, 18 : 311-319.
- SOLE SABARIS, L., 1962. Observaciones sobre la edad del volcanismo gerundese. *Mem. Acad. Cien. Artes Barcelona* (Num 695), 34 : 359-372.
- SOLE SABARIS, L. et S.M. DE LA CAMARA, 1932. Nota geologica sobre el macizo cretacico de Torroella de Montgri. *Boll. Soc. Esp. hist. nat. Lam IX. Madrid*, 32 : 243-260.
- VATAN, A., 1949. Etude pétrographique des matériaux sableux côtiers du golfe du Lion entre le Cap Cerbère et l'embouchure du Rhône. Sédimentation et quaternaire. Bordeaux, *C. r. Congr. Char. Dord.* : 147-156.

CARTES CONSULTÉES

- Explicacion de la Hoja n° 297 — Estartit
Mapa Geol. de España — Madrid, 1941.
- Explicacion de la Hoja n° 394 — Calella
Mapa Geol. de España — Madrid, 1941.
- Explicacion de la Hoja n° 366 — San Feliu de Guixols (Gerona)
Mapa Geol. de España — Madrid, 1953.
- Explicacion de la fulla num 24 — San Feliu de Guixols
Servei del Mapa Geol. de Catalunya — Barcelona, 1923.

- FRANZ MATHER, I. et J. ALONSO PASQUAL, 1931. Las arenas costeras del levante español. La costa de Alicante. II. Zona sedimental. Sevilla. Geol. sup. univ. : 153-163.
- HERRERA FAJÓ, J.M. 1945. Sobre el glaciario continental del Alto Ampurdán. Bol. R. Soc. Esp. Hist. nat. Madrid, 43 : 38-64.
- HERRERA FAJÓ, J.M. El límite Pliocénico en la Costa nordeste de España. Estudios geol. Inst. Invest. Geol. Lucas Mallada. 18 : 311-319.
- SOLÉ SABARIS, J. 1933. Observaciones sobre la edad del volcanismo catalán. An. Inst. Invest. Geol. Lucas Mallada (núm. 603), 34 : 323-373.
- SOLÉ SABARIS, J. et S.M. DE LA GARANA, 1933. Nota geológica sobre el sector oriental de Torroella de Montgrí. Bol. Soc. Esp. Hist. nat. Tom IX. Madrid, 33 : 243-250.
- VATAN, A., 1919. Etude pétrographique des matériaux sabineux côtiers du golfe du Lion entre le Cap Corbière et l'embouchure du Rhône. Sédiméntation et quaternaire. Bordeaux, C. r. Congr. Char. Nord : 147-150.

CARTES CONSULTÉES

- Explicación de la Hoja n.º 297 — Estaritz
Mapa Geol. de España — Madrid, 1941.
- Explicación de la Hoja n.º 324 — Calatayud
Mapa Geol. de España — Madrid, 1941.
- Explicación de la Hoja n.º 366 — San Felin de Guixols (Gerona)
Mapa Geol. de España — Madrid, 1933.
- Explicación de la Hoja núm. 34 — San Felin de Guixols
Servici del Mapa Geol. de Catalunya — Barcelona, 1933.