

**MISSIONS**  
**SCIENCES DE LA VIE**  
**GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE**

**N° 52**

**2003**

**Compte-Rendu de mission au Mexique  
(Basse Californie) du 9 au 20 juin 2002**

**Guy CABIOCH  
José CARRIQUIRY  
Thierry CORREGE  
Luc ORTLIEB**



**Institut de recherche  
pour le développement**

© IRD, Nouméa, 2003

/Cabioch, G.  
/Carriquiry, J.  
/Corrège, T.  
/Ortlieb, L.

Compte-Rendu de mission au Mexique (Basse Californie) du 9 au 20 juin 2002

Nouméa : IRD. juin 2003. 29 p.  
*Missions : Sci. Terre ; Géol.-Géophys. ; 52*

ECHANTILLONNAGE ; RECIF CORALLIEN ; TERRASSE MARINE ; NIVEAU MARIN ;  
PALEOCLIMAT ; BIOCONSTRUCTION / MEXIQUE ; BAJA CALIFORNIA

## **Compte-Rendu de mission au Mexique (Basse Californie)**

**du 9 au 20 juin 2002**

Guy Cabioch\*, José Carriquiry\*\*, Thierry Corrège\* & Luc Ortlieb\*\*\*

\* UR 055 "Paléotropique", Centre de Nouméa

\*\* UABC, Universidad Autonoma de Baja California, Ensenada, Mexique

\*\*\* UR 055 "Paléotropique", Centre de Bondy

### **I - Introduction**

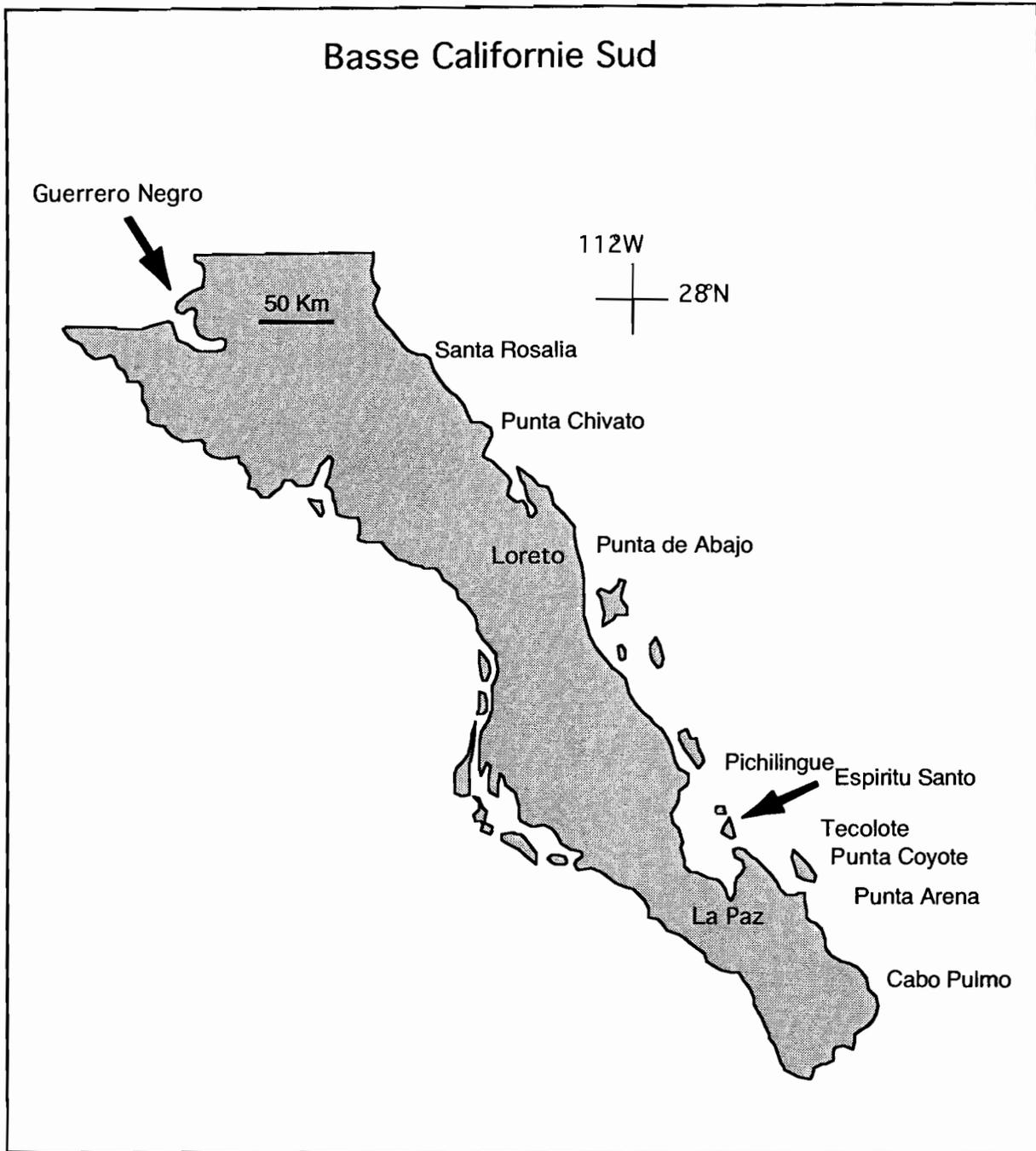
Du 9 au 20 juin 2002, plusieurs membres de l'UR 055 "Paléotropique", Luc Ortlieb (D.U. UR 055 Paléotropique, Centre IRD de Bondy), Thierry Corrège et Guy Cabioch (UR 055 Paléotropique, Centre IRD de Nouméa), ont effectué une mission en Basse Californie au Mexique avec José Carriquiry (Instituto de Investigaciones Oceanograficas, Universidad Autonoma de Baja California, Ensenada, Baja California, Mexico). Cette mission a consisté en diverses réunions et contacts avec des chercheurs des différentes Universités et Instituts de Basse Californie et en sorties de terrain. La partie terrain a concerné l'examen de récifs modernes et fossiles et de terrasses marines marquant d'anciens niveaux de la mer et dont l'existence est formation est due à la néotectonique et au contexte géodynamique très particulier de la Basse Californie (Gastil et al, 1975, Hausback, 1984, Ortlieb, 1987, Lonsdale, 1989, Meldahl and Cutler, 1992, Johnson et al., 1997, Mayer & Vincent, 1999, Fletcher & Munguía-Orozco, 2000).

Thierry Corrège est géochimiste spécialiste de l'étude des variations de températures de l'eau de mer enregistrées par analyse des éléments traces dans les coraux (Corrège et al., 2000, 2001). José Carriquiry est géochimiste spécialiste de l'étude des variations de températures de l'eau de mer enregistrées par analyse des isotopes stables de l'Oxygène dans les coraux (Carriquiry, 1994) et sédimentologiste (Carriquiry et al., 1988, Carriquiry & Sanchez, 1999, Carriquiry et al., 2001). Guy Cabioch s'intéresse aux environnements et paléoenvironnements récifaux et à la reconstitution de la croissance des récifs lors des variations climatiques (et / ou

eustatiques) (Cabiocch et al., 1999). Luc Ortlieb, dont le travail de thèse d'état entre 1975 et 1986 a porté sur la néotectonique en Basse Californie (Ortlieb, 1978, 1980, 1984-a, 1984-b, 1987, 1991-b), s'intéresse à l'étude des enregistrements paléoclimatiques dans les coquilles de mollusques modernes, holocènes et pléistocènes (Ortlieb et al., sous presse).

Lors de cette mission, des contacts ont été pris avec des autorités et chercheurs de différents Centres universitaires mexicains, au premier rang desquels l'Instituto de Investigaciones Oceanograficas de l'UABC (Université de Basse Californie à Ensenada) auquel est rattaché José Carriquiry, mais également la Division Sciences de la Terre du Centro de Investigacion Cientifica y Education Superior (CICESE) d'Ensenada, l'Universidad Autonoma de Baja California Sur (UABC Sur). La mission de terrain a consisté en l'observation de différentes coupes le long de la côte Est de Santa Rosalia à Cabo Pulmo (Figure 1) et visait à examiner l'existence et la disponibilité de matériels modernes et fossiles de coraux qui permettent de reconstituer certains paramètres climatiques et océanographiques et leur mode de variabilité. Les récifs coralliens modernes sont peu développés dans le Golfe de Californie en raison des fluctuations thermiques de celui-ci (Ibarra-Orlando et al., 2000, Bernal & Carriquiry, 2001) ou de phénomènes de blanchissement (Reyes-Bonilla et al., 2002) mais ont été signalés en plusieurs points (Squires, 1959, Brusca & Thomson, 1975, Reyes-Bonilla, 1997, Reyes-Bonilla & Cruz-Pinon, 2000) comme également d'autres types d'environnements (Johnson et al., 1996, Foster et al., 1997, Libbey & Johnson, 1997, Marrack, 1999, Riosmena-Rodriguez, 1999, Johnson & Ledesma-Vázquez, 2000). Des affleurements de récifs et coraux fossiles sont également présents et ont fait l'objet de datations (Ortlieb, 1987, Ashby et al., 1987, 1988, Sirkin et al., 1990, Ortlieb, 1991-b, [ & Rockwell et al., 1989 pour des datations sur les terrasses marines dans le Nord du Golfe de Californie]). La plupart de ces terrasses dont les récifs fossiles ont fait l'objet d'études sédimentologiques et paléoécologiques (Abbott et al., 1995, Johnson et al., 1997, Meldahl et al., 1997, Nava-Sanchez et al., 1997, Halfar et al., 2000). Une faune de mollusques abondante et omniprésente caractérise également ces terrasses marines (Smith, 1991, Meldahl and Cutler, 1992, Meldahl, 1993, Meldahl et al., 1997).

La reconnaissance de terrain a donné lieu à des échantillonnages préliminaires de coraux et de coquilles fossiles sur des terrasses du Nord (Ensenada) au Sud de la Basse Californie (Cabo Pulmo au Sud de La Paz) essentiellement le long de la côte sud-est de la péninsule (Figure 1).



**Figure 1 : Localisation des Stations d'observation (juin 2002)**

## **II - Déroulement de la mission**

### **1 - Dimanche 9 juin**

Arrivée, via les Etats-Unis, de Thierry Corrège et Guy Cabioch, et, en provenance de Hermosillo et Santa Rosalia, de Luc Ortlieb.

### **2 - Lundi 10 juin**

Visite des différents laboratoires de l'Instituto de Investigaciones Oceanograficas de l'Université de Basse Californie à Ensenada. Réunion avec le Directeur, Dr José Antonio Zertuche Gonzalez ; exposé des recherches de l'UR 055 et des travaux engagés avec José Carriquiry, qui bénéficie d'une bourse ESCD de l'IRD depuis septembre 2002.

### **3 - Mardi 11 juin**

Visite de la Division Sciences de la Terre du Centro de Investigacion Cientifica y Education Superior (CICESE) d'Ensenada. Visite du laboratoire et réunion avec les Dr. Arturo Martin Barajas et Margarita Lopez Martinez qui nous ont exposé leurs axes de recherche. Présentation des travaux menés par l'UR 055.

### **4 - Mercredi 12 juin**

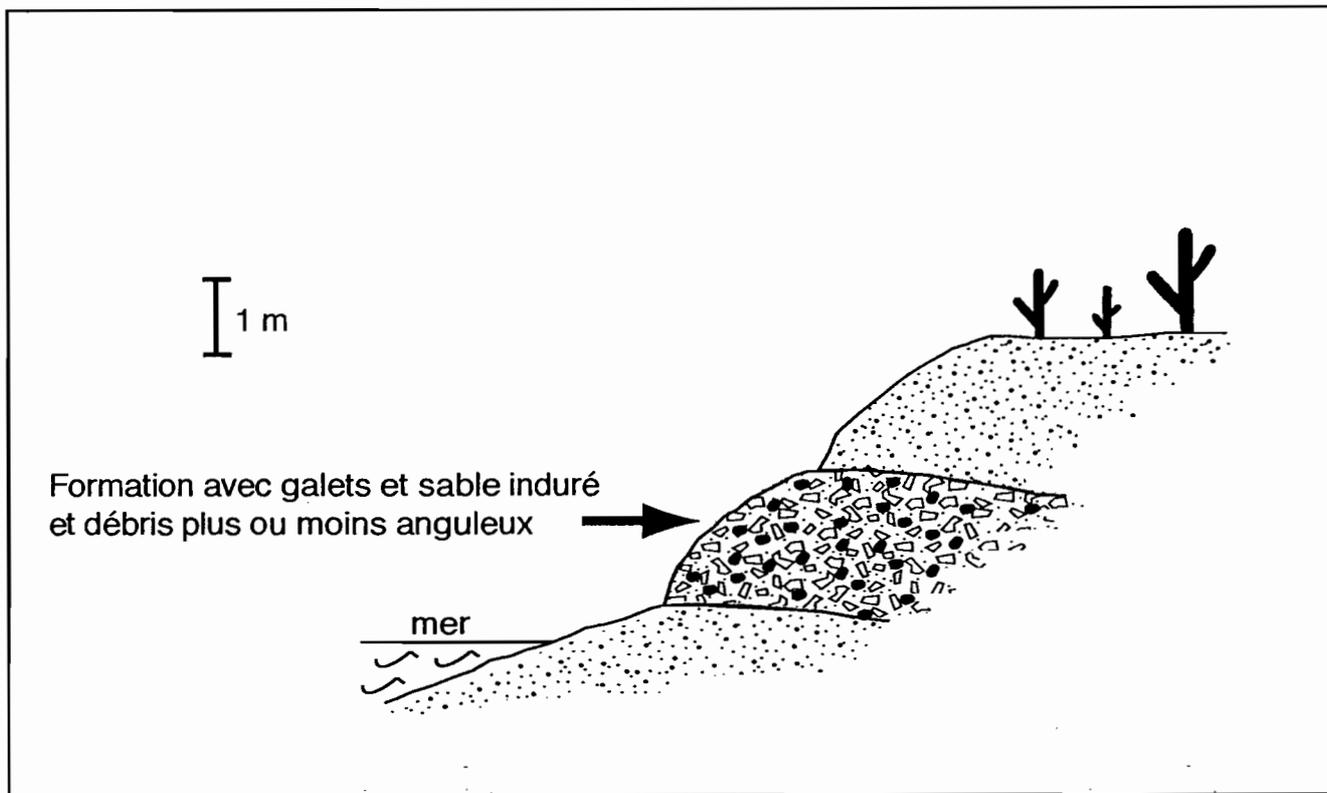
Début de la visite de terrain. Trajet d'Ensenada à Guerrero Negro.

### **5 - Jeudi 13 juin**

De Guerrero-Negro à Loreto : observation de diverses terrasses marines pléistocènes (Ortlieb, 1987) et arrêts sur des affleurements de dépôts marins du dernier interglaciaire (125.000 ans).

La plus ancienne des terrasses marines rencontrées affleure à plus de 300 m d'altitude et est recouverte d'ignimbrites (Ortlieb, 1987). A la station 3, à San Bruno, on peut observer une

terrasse marine d'âge présumé Pléistocène moyen consistant en une formation à galets et graviers avec du sable induré et des éléments anguleux (figure 2).



**Figure 2 (Station 3) : Coupe de San Bruno**

C'est à la station 4, à Punta Chivato, que nous avons pu observer les affleurements de terrasses du dernier interglaciaire<sup>(1)</sup> (125.000 ans) comprenant une faune marine fossile.

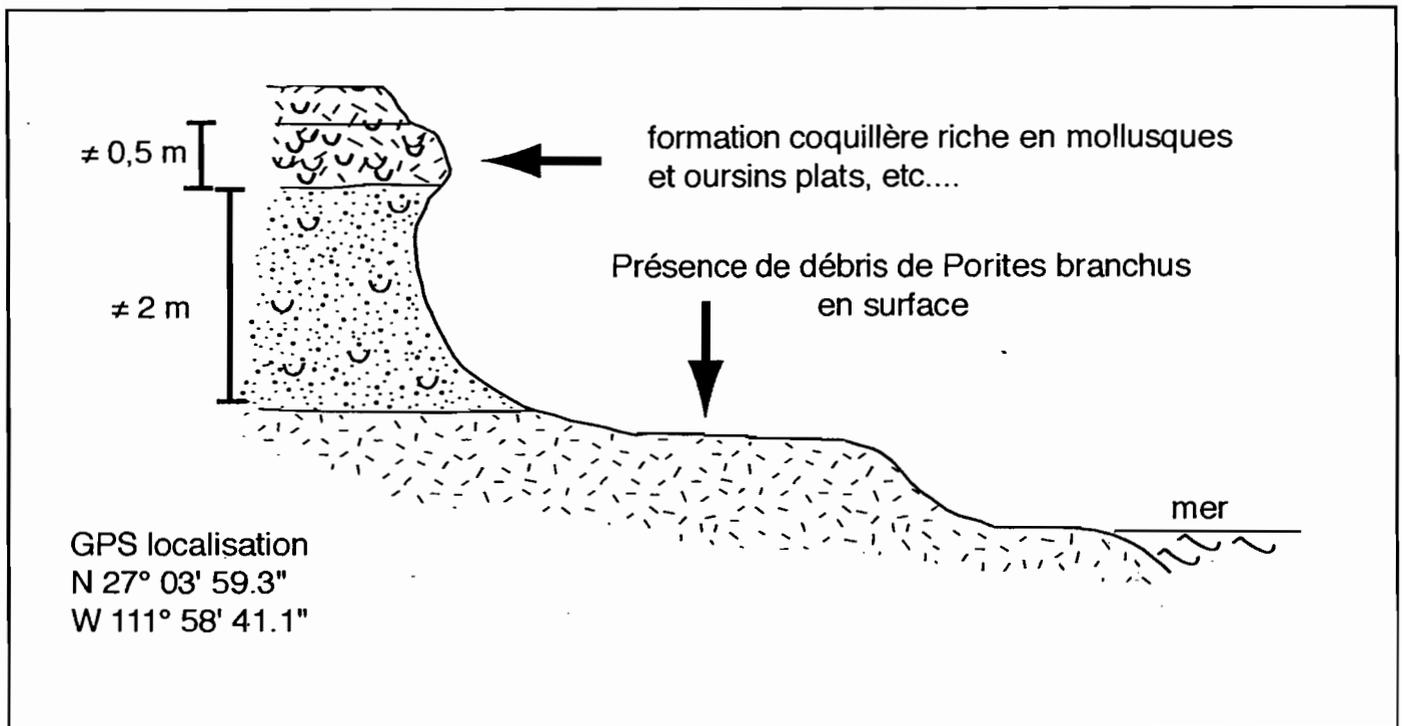
**Station 1 (Santa-Rosalita)** : panorama sur la plus vieille des terrasses marines (composées de galets) culminant à plus de 300 mètres. Elle repose sur des sables pliocènes et elle est surmontée d'ignimbrites (datées aux alentours de 1 M.A.)

**Station 2 (entre Santa-Rosalita et San Bruno)** : panorama sur des affleurements correspondant à des terrasses du stade isotopique 5<sup>(1)</sup> (125.000 ans, 125 ka<sup>(1)</sup>) au stade 11 (400 ka), voire plus anciennes.

<sup>(1)</sup> remarque : le stade isotopique 5 ou dernier interglaciaire ou 125 ka sens large correspond à une période pouvant en fait couvrir les stades isotopiques 5a (80 ka), 5c (100 ka) et 5e (125 ka sens strict).

**Station 3 (San Bruno)** : coupe d'une terrasse marine comportant du sable induré, des galets et des débris plus ou moins anguleux en bordure de mer (Figure 2). On n'y trouve pas de récifs fossiles.

**Station 4 (Punta Chivato)** : on y observe un niveau riche en coquilles et oursins correspondant au stade isotopique 5 (figure 3).



**Figure 3 (Station 4) : Punta Chivato**

On trouve également sur ce site des débris de coraux de *Porites* (débris modernes ?) en bordure de plage.

**Station 5 (Punta Chivato)** : au-dessus de la précédente formation, on observe des terrasses supérieures qui pourraient appartenir également au stade isotopique 5.

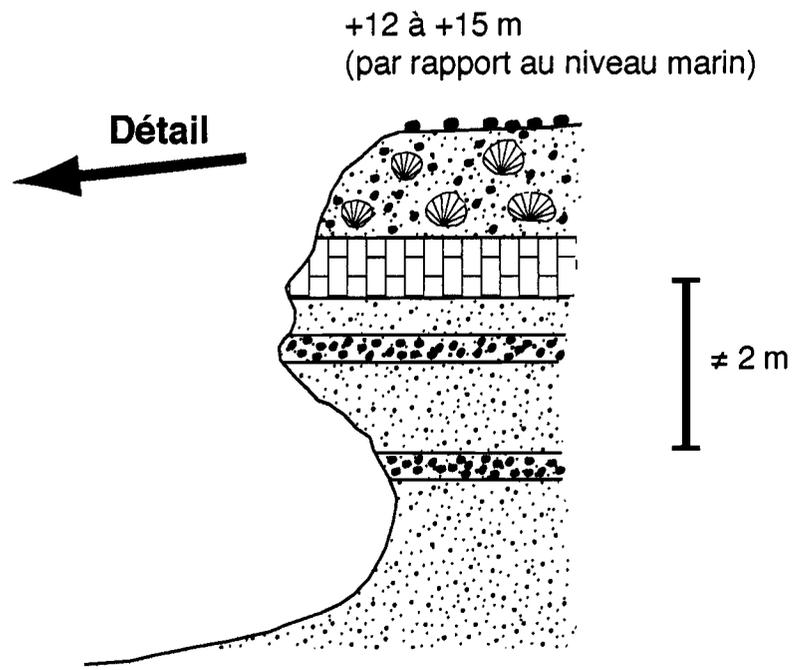
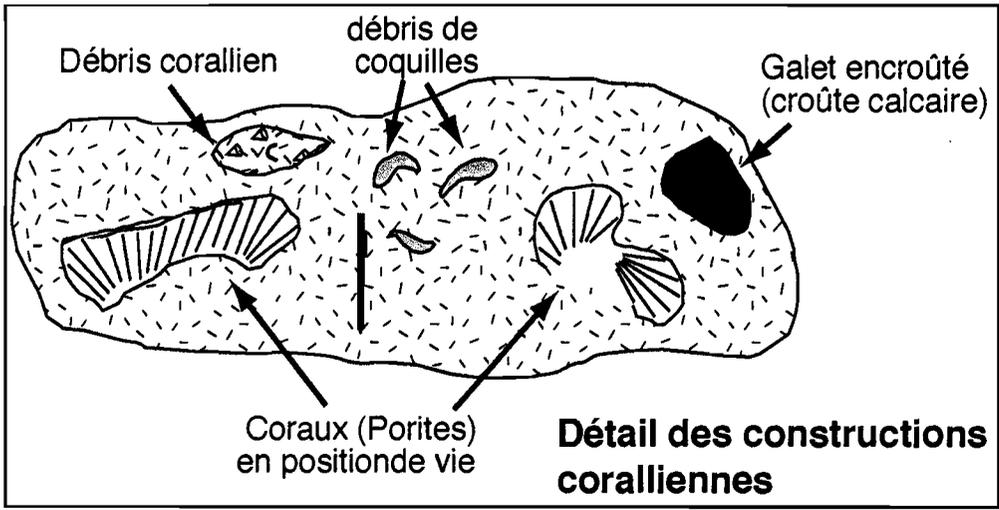
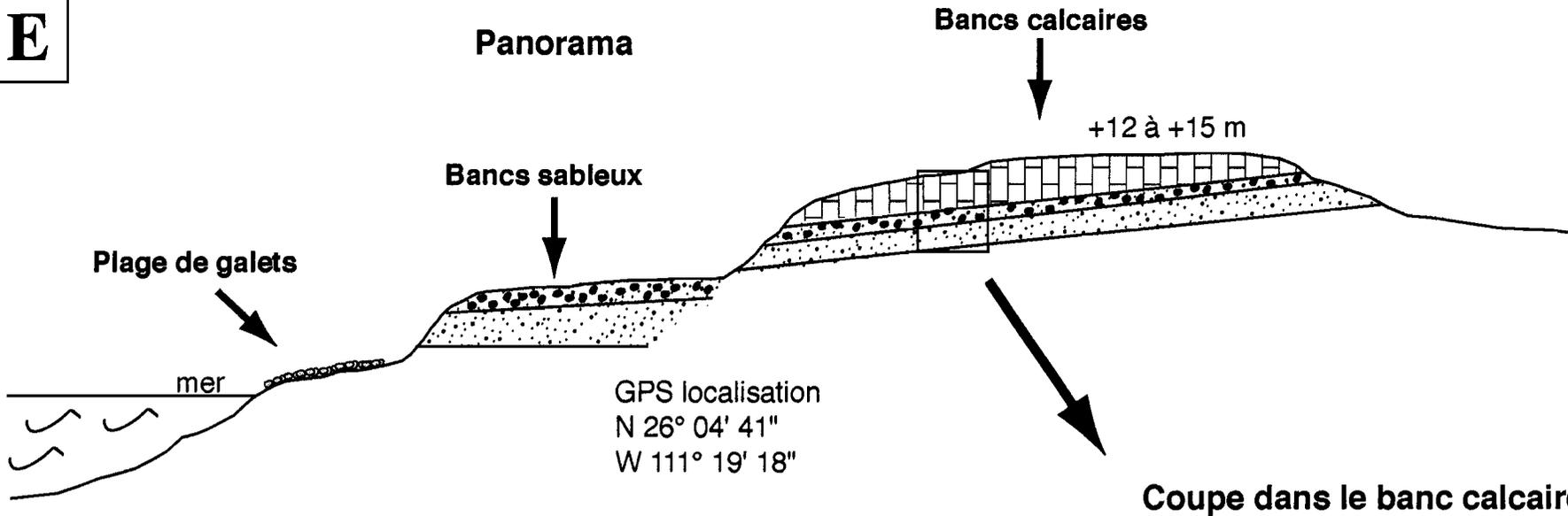
Localisation GPS : N 27° 04' 31.8\" ; W 111° 58' 29.2\"

## 6 - Vendredi 14 juin

Dans les environs de Loreto, visite de plusieurs affleurements comprenant des coraux fossiles dans la région de Punta de Abajo, au Nord de Loreto. En certains points du littoral, des coraux vivants peuvent être présents mais ne forment pas de récifs.

**E**

**W**



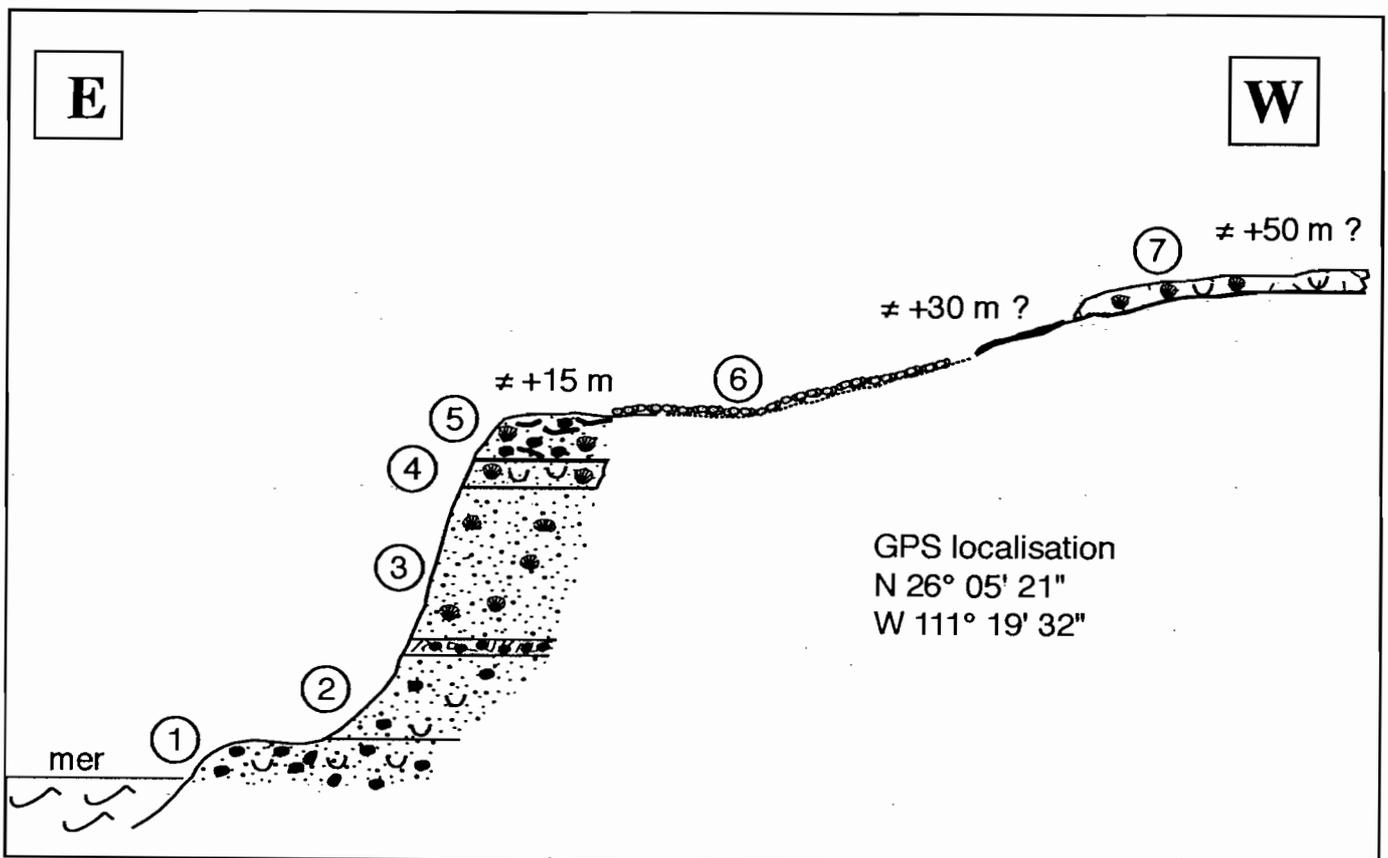
t

**Figure 4 (Station 6) : Punta de Abajo**

**Station 6 (Punta de Abajo) :** sur des formations sableuses et à galets, un banc calcaire culmine jusqu'à 12 ou 15 m dans lequel on observe de nombreux coraux en position de croissance (figure 4). Cette formation à bioconstructions appartient également au stade 5 isotopique (125 ka). Le sommet de ce banc calcaire est plus ou moins abrasé et on y trouve des galets de roches volcaniques.

**Station 7 (au Nord de Punta de Abajo) :** on peut y observer une coupe dans laquelle on observe des débris coralliens et l'existence de plusieurs terrasses marines (figure 5).

Le long du littoral, on peut dénoter la présence de coraux vivants (avec des marques de nécrose et de reprise) et d'algues rouges encroûtantes, l'ensemble ne formant pas de récifs sensu stricto.



**Figure 5 (Station 7) : Punta de Abajo,  
(au Nord de la Station 6)**

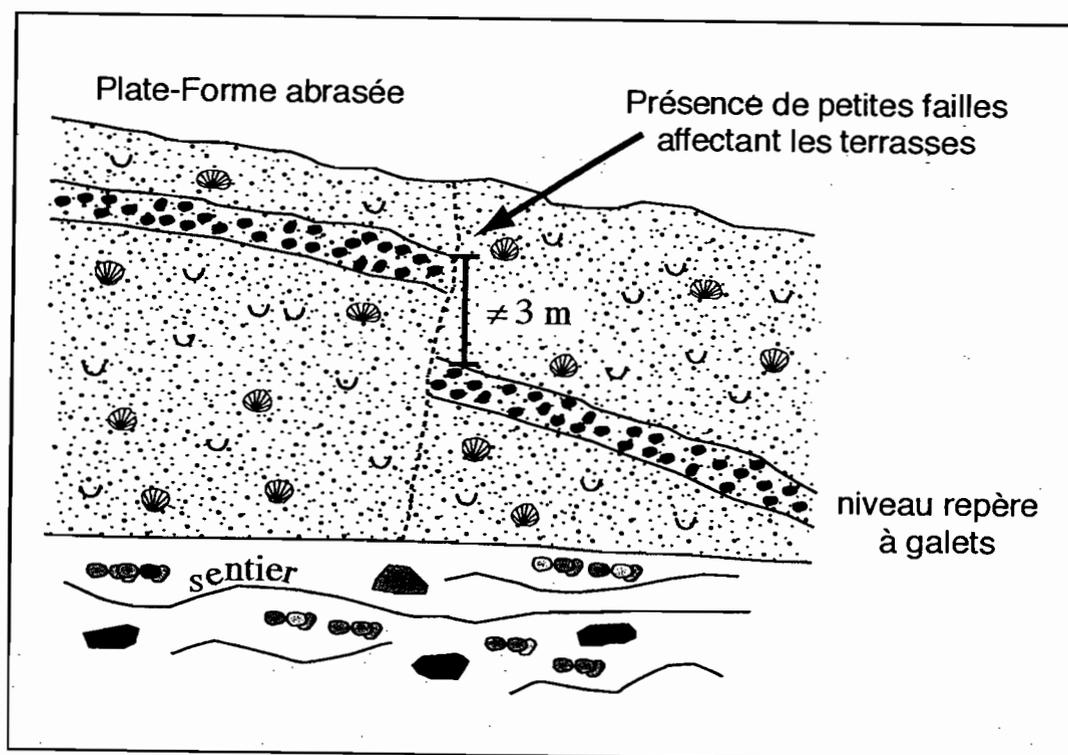
Dans cette coupe de la station 7, on observe plusieurs niveaux.

Niveau 1 : nombreux galets de roches volcaniques et débris de coquilles ;

Niveau 2 : galets moins nombreux mais parfois présence de fins niveaux très riches en graviers détritiques ;

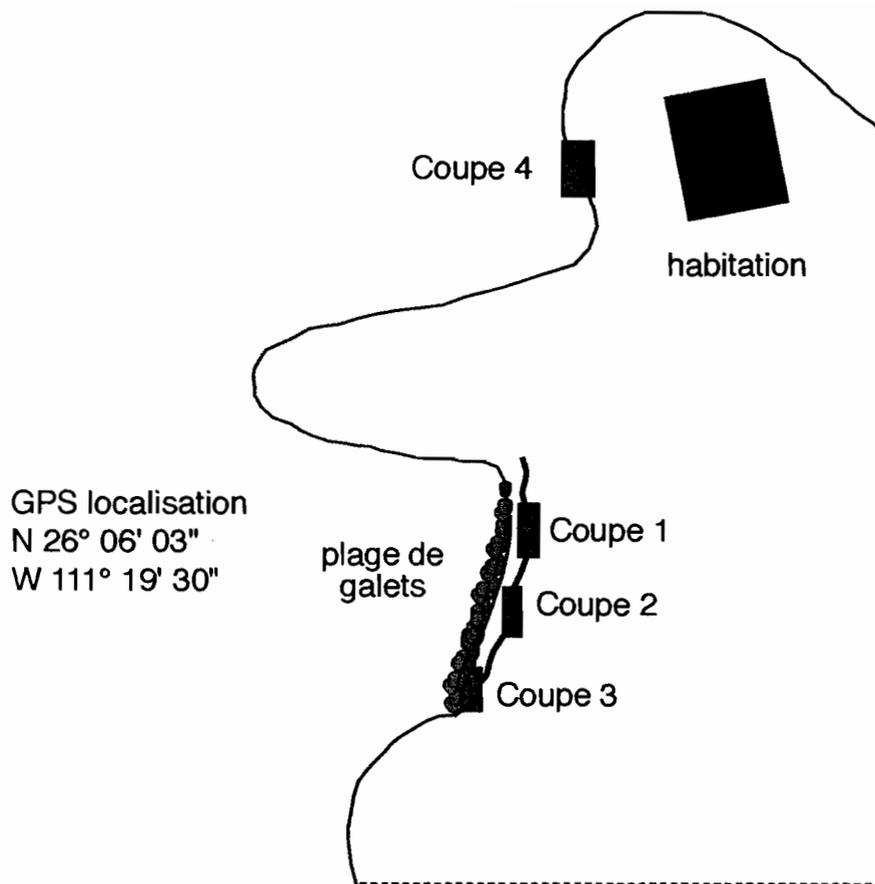
- Niveau 3 : nombreuses coquilles et galets et présence de débris de coraux roulés (*Porites*) ;
- Niveau 4 : altérations importantes, niveau sableux avec débris de coraux branchus et de coquilles épars ;
- Niveau 5 : niveau de croûtéfaction calcaire avec galets et débris de coraux roulés encroûtés par des croûtes calcaires ;
- Niveau 6: petit dénivelé en pente douce avec épandage de galets et de débris divers de bioclastes ; présence de larges plaques d'encroûtements algaires ;
- Niveau 7 : nombreux débris appartenant à la formation récifale avec débris de coraux ; présence de coquilles.

On peut observer localement dans ces formations de petites failles. Une de celle-ci a été observée avec un rejeu d'environ 3 m (figure 6). ce rejeu est compatible avec ce qui est connu de la tectonique locale.

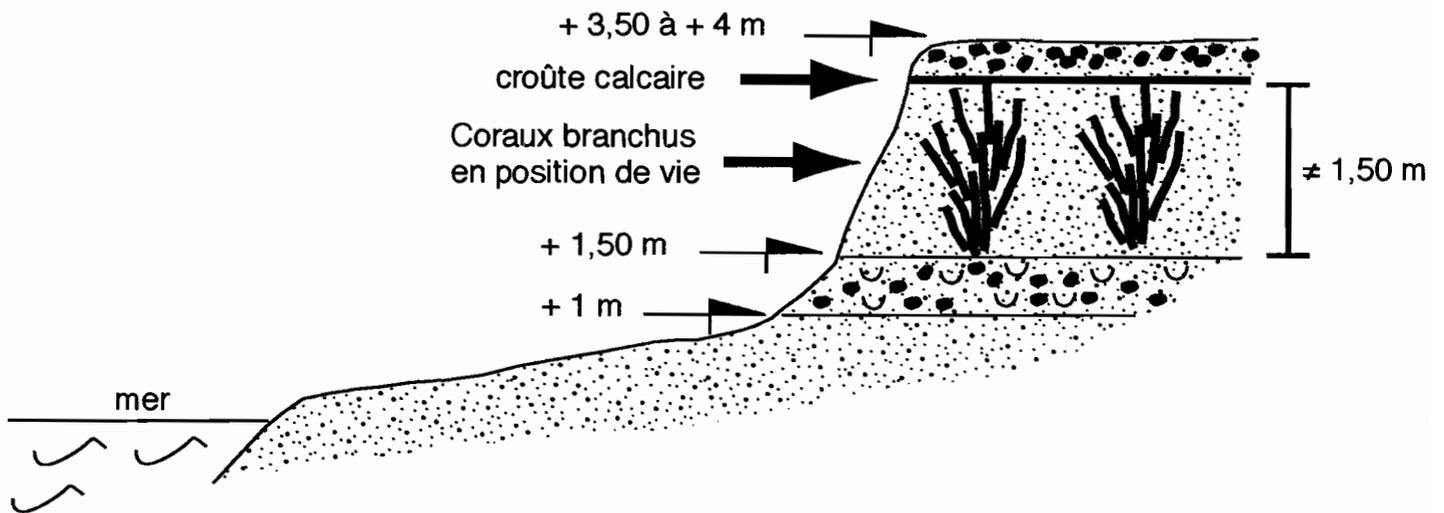


**Figure 6 (Station 7) : Punta de Abajo,  
(au Nord de la Station 6)**

**Station 8 (plus au Nord de Punta de Abajo) :** c'est à cette station qu'on peut observer de grandes colonies de coraux en position de croissance (figures 7 et 8).

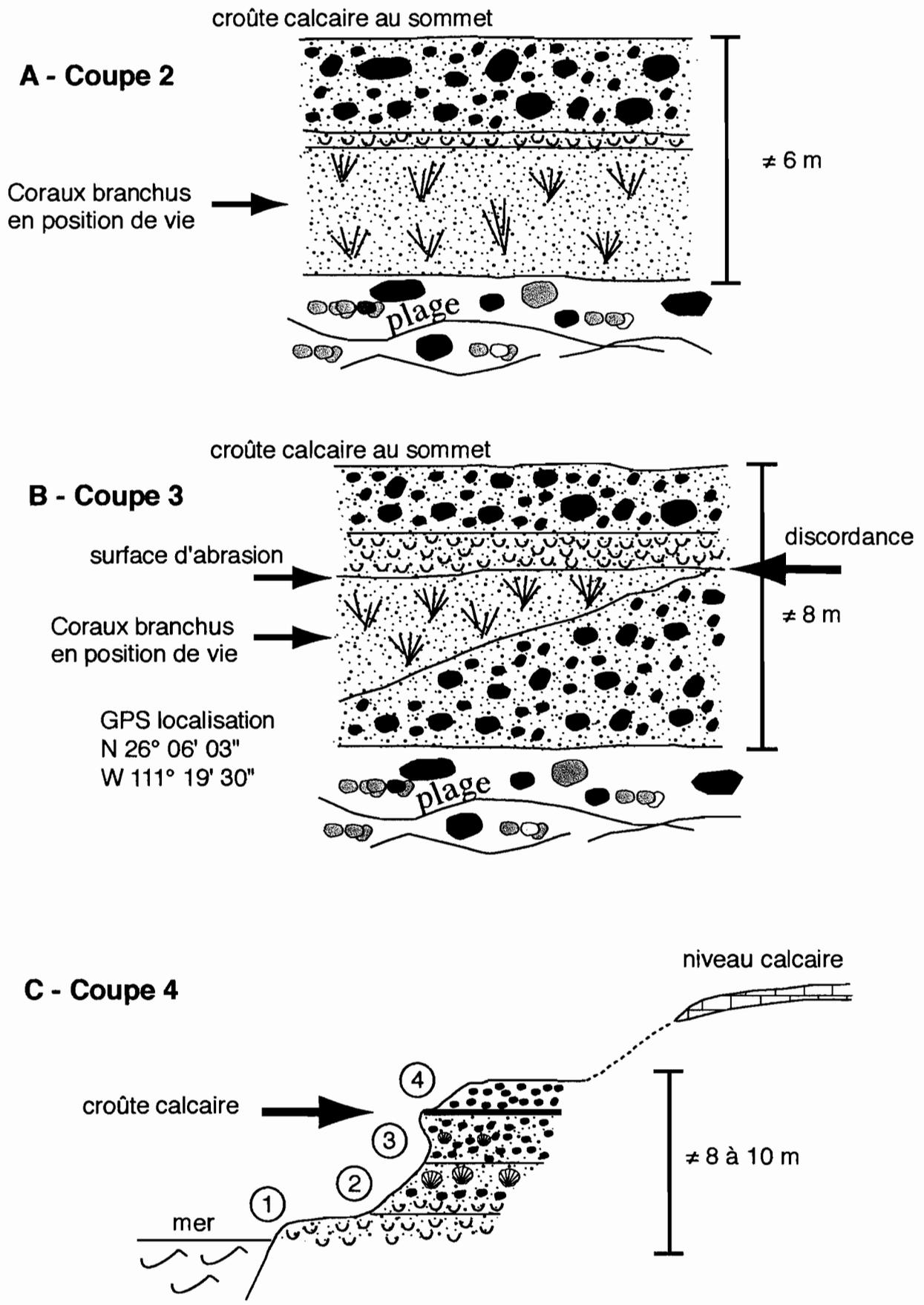


**A - localisation des coupes**



**B - Coupe 1**

**Figure 7 (Station 8) : Au Nord de Punta de Abajo**



**Figure 8 (Station 8, suite) : Au Nord de Punta de Abajo**

Le long de ce littoral (figure 7-A), les affleurements permettent d'observer des colonies branchues de corail très "ramifiées" (figure 7-B) dont l'analyse géochimique paraît à première vue difficilement réalisable pour des mesures de paléotempératures. Ces formations coralliennes du dernier interglaciaire (125 ka sens strict ?) reposent sur des formations à galets (dépôts fluviatiles ou marins ?) (figure 8).

Le niveau à bioconstructions coralliennes est généralement surmonté d'un niveau riche en coquilles lui-même surmonté d'une formation à galets pouvant atteindre plusieurs dizaines de centimètres (figures 8, Coupes 2 et 3). Cette dernière formation est recouverte d'un encroûtement blanchâtre.

Dans la coupe 4 (figure 8-C), on observe les niveaux suivants .

Niveau 1 : niveau riche en coquilles ;

Niveau 2 : niveau riche en coquilles en position de vie et en grands coraux en position de vie ;

Niveau 3 : galets et débris de coraux ;

Niveau 4 : présence exclusive de galets.

## 7 - Samedi 15 juin

Trajet de Loreto à La Paz. Visite de terrain à Tecolote et Pichilingue (Sud de La Paz) : nous n'avons pu observer le récif fossile pourtant signalé par différents auteurs. On peut noter la présence de coraux vivants qui ne forment pourtant pas de récifs coralliens.

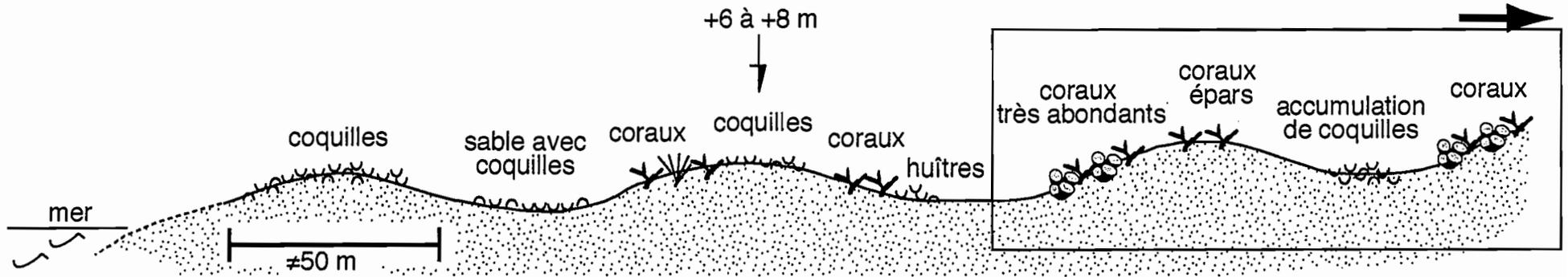
**Station 9 (Tecolote) :** on peut observer sur la plage des fragments de *Porites* et de *Pocillopora*. L'examen des fonds marins (T. Corrège) n'a pas permis de repérer la provenance de ces coraux. Les eaux étaient très chargées et la visibilité très réduite. La température de l'eau de était de 24,5°C en surface à 50 m de la plage et de 20,5°C à 5 m de profondeur.

**Station 10 (Pichilingue) :** un récif fossile appartenant à du stade isotopique 5 (125 ka ?) signalé par certains auteurs n'a pas été retrouvé.

## 8 - Dimanche 16 juin

Visite de terrain consacrée aux récifs fossiles et modernes de l'île d'Espiritu Santo au Nord de La Paz. On y observe de larges étendues de récifs fossiles datés du dernier interglaciaire.

Baie de San Gabriel



Exemple d'une vue en plan de l'organisation des constructions coralliennes

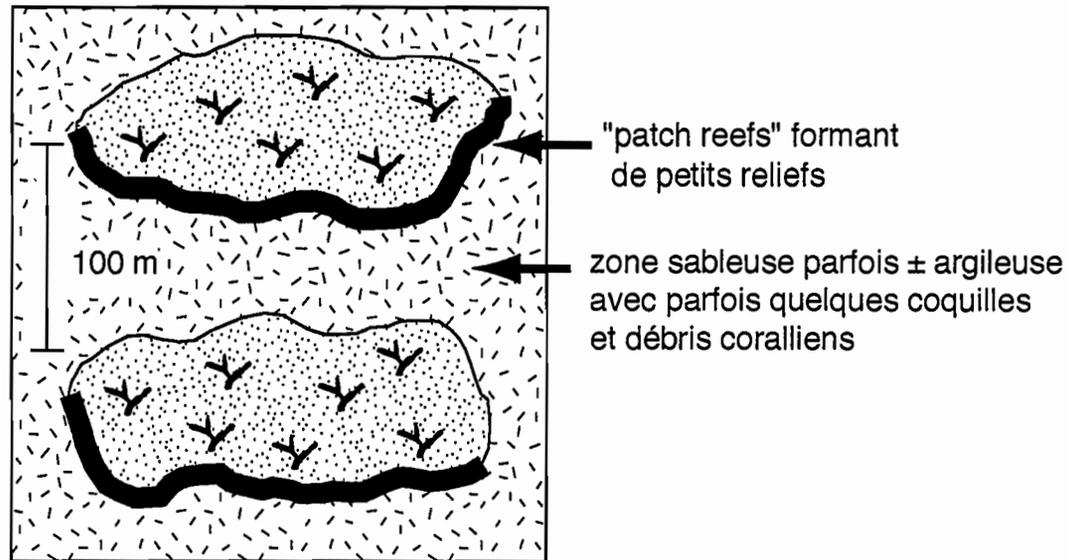


Figure 9 (Station 11) : Ile d'Espiritu Santo

**Station 11 (Espiritu Santo, baie San Gabriel) :** les récifs fossiles se présentent sous forme de patch reefs ou de rides (figure 9) avec des coraux en position de croissance ainsi que parfois des coquilles en position de vie. Plusieurs niveaux s'étagent du bord de l'île vers son centre.

La reconnaissance effectuée sur les récifs modernes en plusieurs points à l'Ouest de l'île a permis d'observer des coraux vivants de plus d'1 m. Ces coraux sont déjà connus et José Carriquiry dispose d'enregistreurs de température sur ce site. Les *Porites* et *Pocillopora* se situent dans 2 à 3 m d'eau alors que dans 6 à 8 m de profondeur d'eau, ce sont des *Pavona* qui sont observés.

**Station 12 (Espiritu Santo, seconde au Nord de la baie San Gabriel) :** site où José Carriquiry a installé un enregistreur de température. Les eaux sont très chargées et le "récif" est composé de larges colonies de *Porites* et de colonies de *Pocilloporidés*. La température de l'eau de mer de surface à 14H00 est de 21°C (l'eau est plus froide en profondeur).

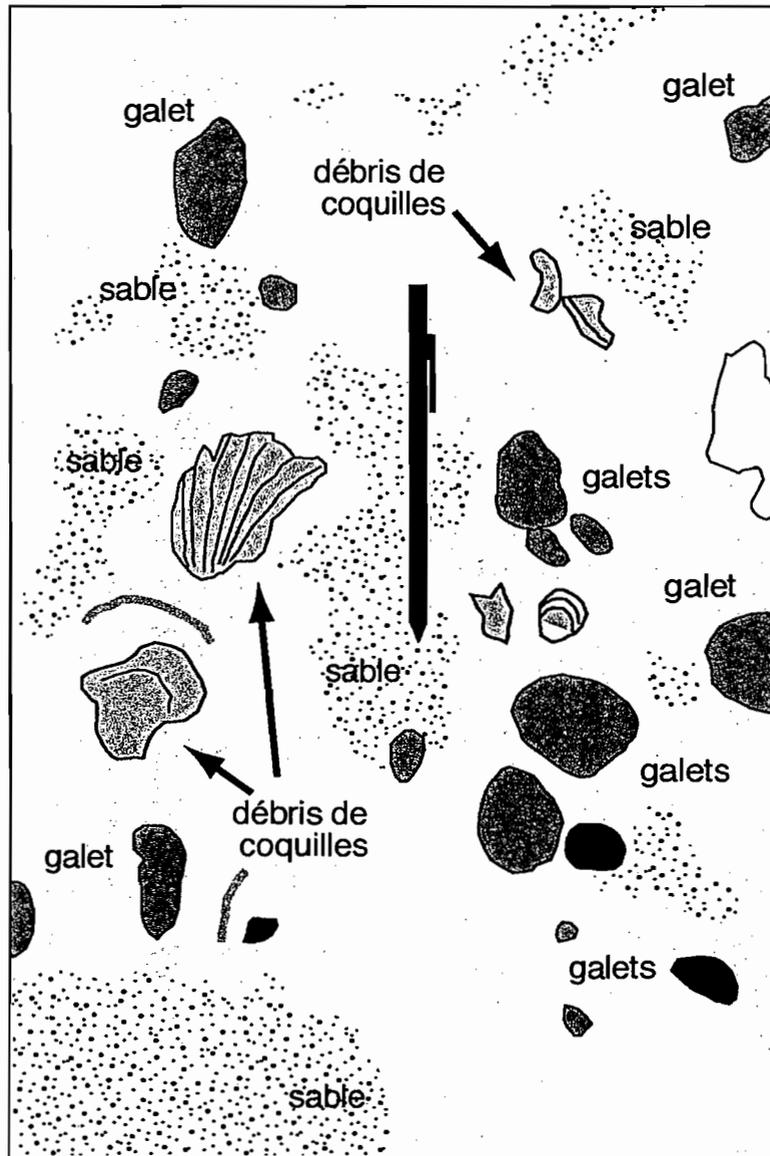
## **9 - Lundi 17 juin**

Visite à l'UABC Sur (Universidad Autonoma de Baja California Sur) : visite du laboratoire de Paléontologie en compagnie du Professeur Luis Rafael Segura.

Visite d'affleurements au Sud de La Paz indiqués par le Professeur L. R. Segura : Las Arenas et Ensenada de Los Muertes. Présence de coraux fossiles.

Reconnaissance des coraux vivants : petites colonies coralliennes éparses ne formant pas de récifs.

**Station 13 (Punta Arena) :** site présentant des affleurements composés de sable induré dans lequel on observe des coquilles, des galets et parfois des débris de coraux (figure 10). L'ensemble des niveaux est recouvert d'une croûte calcaire. Des niveaux très riches en coquilles, parfois composés exclusivement de coquilles, peuvent être observées notamment près de la plage.



**Figure 10 (Station 13) : Punta Arena, site de l'hôtel Las Arenas  
Détail dans les sables indurés de la terrasse à environ + 20 m**

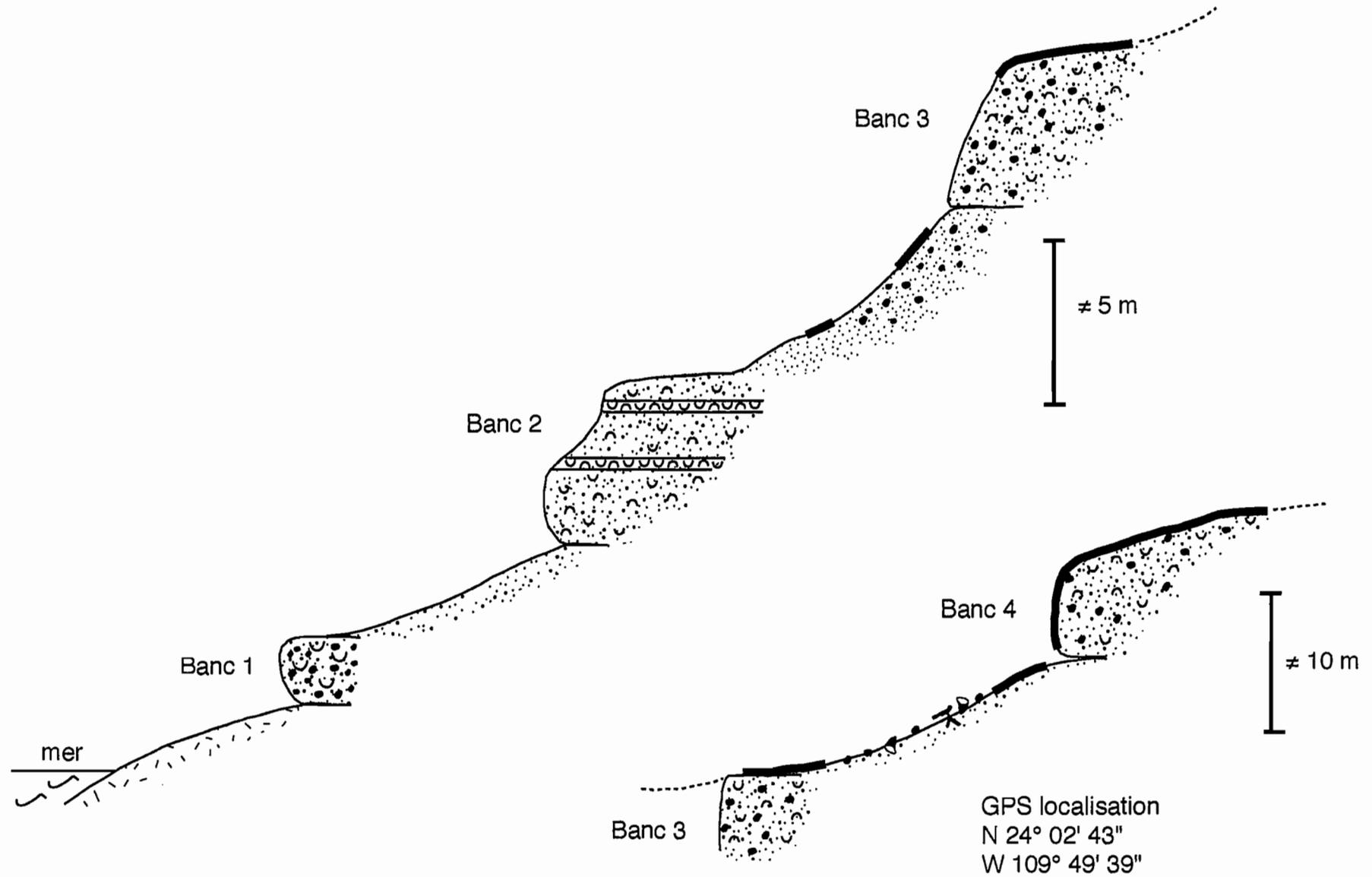


Figure 11 (Station 13, suite) : Coupe à Punta Arena, site de l'hôtel Las Arenas

L'examen de la coupe effectuée sur ce site permet de voir plusieurs "bancs" ou "niveaux" (figure 11) appartenant au dernier interglaciaire (125 ka) (?).

Banc 1 : débris de coquilles parfois nombreux et nombreux pectinidés entiers, galets ;

Banc 2 : accumulation de pectinidés avec quelques ostréidés et nombreux balanes présents sur les coquilles ; traces de fouissage visibles ;

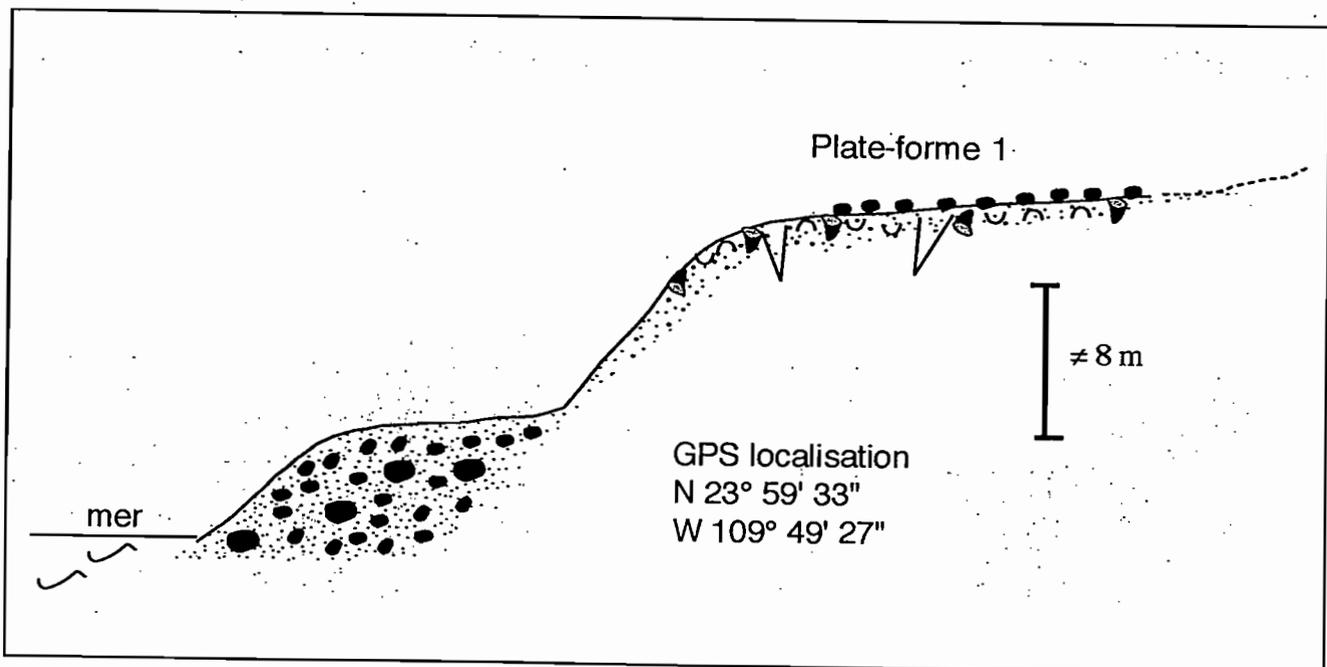
Banc 3 : présence de galets et de débris de coraux dans ce banc ;

Banc 4 : sable grossier induré avec nombreux petits grains de l'ordre du centimètre ; présence de coquilles et de galets.

Les formations des bancs 3 et 4 sont recouvertes de croûtes calcaires. Le long du dénivelé entre les bancs 3 et 4, présence de blocs de coraux.

Dans la baie face à l'hôtel, présence de *Porites* plus ou moins encroûtants à 1 ou 1,50 m de profondeur puis entre 5 et 6 m, présence de Pocilloporidés et de *Porites* plus ou moins massifs puis des *Pavona*. La température de surface de la mer est de 27°C.

**Station 14 (Ensenada de Los Muertos)** : la plate-forme 1 (figure 12) est composée de grès grossiers (la taille des grains de quartz et des grains détritiques est de l'ordre du centimètre) avec de nombreuses coquilles éparses et de nombreux débris de coraux (essentiellement et peut-être exclusivement des Pocilloporidés).



**Figure 12 (Station 14) : Ensenada de los Muertos**

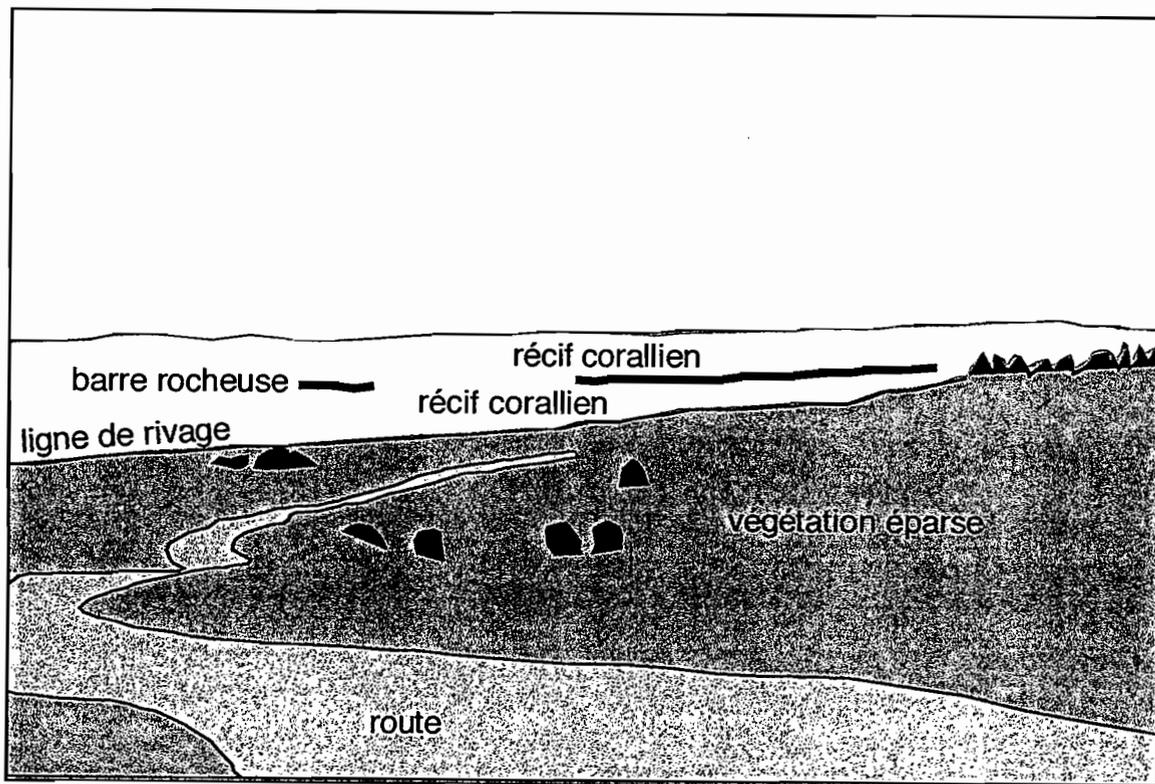
On note également la présence de petits galets sur la surface et de nombreuses coquilles d'huîtres, gastéropodes, etc... (figure 12).

Le reconnaissance des fonds marins a permis d'observer (T. Corrège) la présence de petits et rares *Porites* en bord de baie et de très nombreux *Pocillopora*. Les *Porites* sont trouvés jusqu'à 12 m de profondeur et les *Pocillopora* jusqu'à 8 m.

## 10 - Mardi 18 juin

Visite de terrain à Cabo Pulmo pratiquement à l'extrême Sud de la Basse Californie. Nombreux affleurements de récifs fossiles.

**Station 15 (Cabo Pulmo)** : site de la baie dans laquelle se situe le récif corallien (figure 13).



**Figure 13 (Station 15) : Cabo Pulmo : panorama sur la barre rocheuse le long de laquelle se développe le récif corallien**

La reconnaissance de ce récif corallien, situé en arrière de la barre rocheuse, a montré une grande abondance de coraux *Pocillopora* morts et de coraux *Porites* vivants d'une taille de l'ordre de la dizaine de cm (seulement). La température de surface de la mer est de 27,5°C.

**Stations 16, 17 & 18 (au Sud de la baie de Cabo Pulmo) :** sur ce site, surmontant les granites, on peut observer des niveaux marins sablo-graveleux et / ou des formations récifales du dernier interglaciaire (figures 14 et 15). Les formations récifales peuvent surmonter les granites (figure 14, panorama) ou bien alors on peut observer la séquence suivante (figure 14, coupe). Surmontant les granites, on observe les niveaux suivants :

Niveau 1 : sable gréseux avec des galets à la base ;

Niveau 2 : sable gréseux avec de gros galets à la base ;

Niveau 2 : sable gréseux ;

Niveau 4 : récif corallien.

L'environnement corallien actuel à ces stations (16, 17 et 18) est constitué de *Pocillopora* nécrosés et seulement de quelques rares *Porites* vivants de la taille de la dizaine de centimètres.

La terrasse récifale culminant à +12 m a été datée de 131 ka (Ortlieb, 1987) mais le corail daté contenait 12% de calcite. Les coraux observés et/ou échantillonnés montrent tous des plages plus ou moins grandes de calcitisation.

## **11 - Mercredi 19 juin**

Contacts à l'UABC Sur (University Autonoma de Baja California Sur) à la division Aquaculture : Drs Carlos Caceres Martinez et César A. Ruiz Verdugo : présentation des recherches de l'UR 055 et des recherches menées dans la division d'Aquaculture. Possibilité de collaboration : croissance des coquilles et enregistrement de températures de surface de la mer. Contacts à l'UABC Sur avec le Dr Rafael Riosmena-Rodriguez du Programa de Botanica Marina : collaborations envisagées sur l'étude des algues rouges fossiles des récifs fossiles.

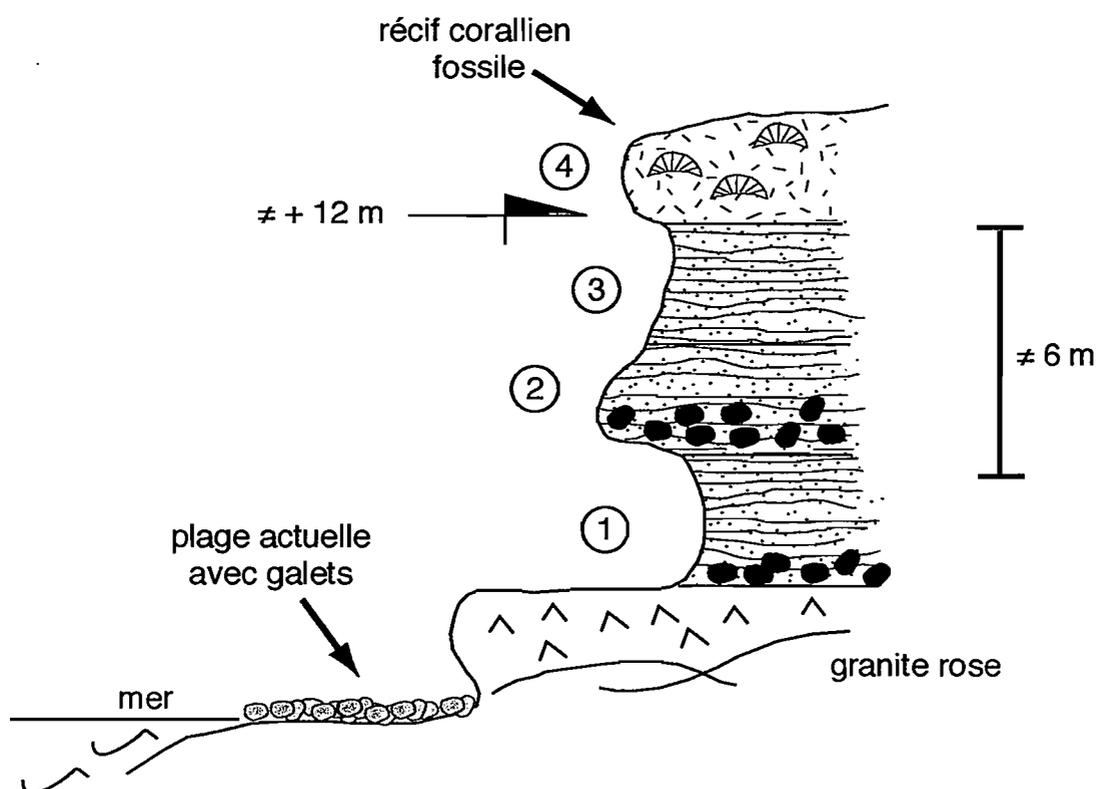
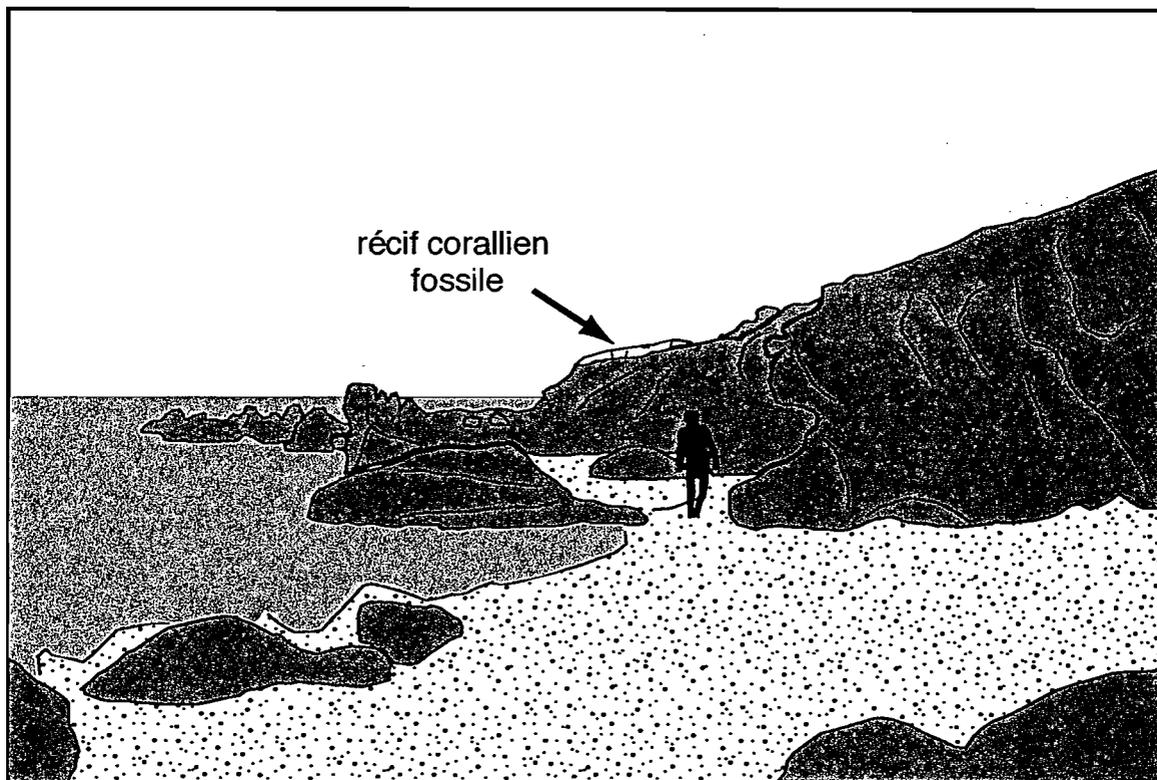
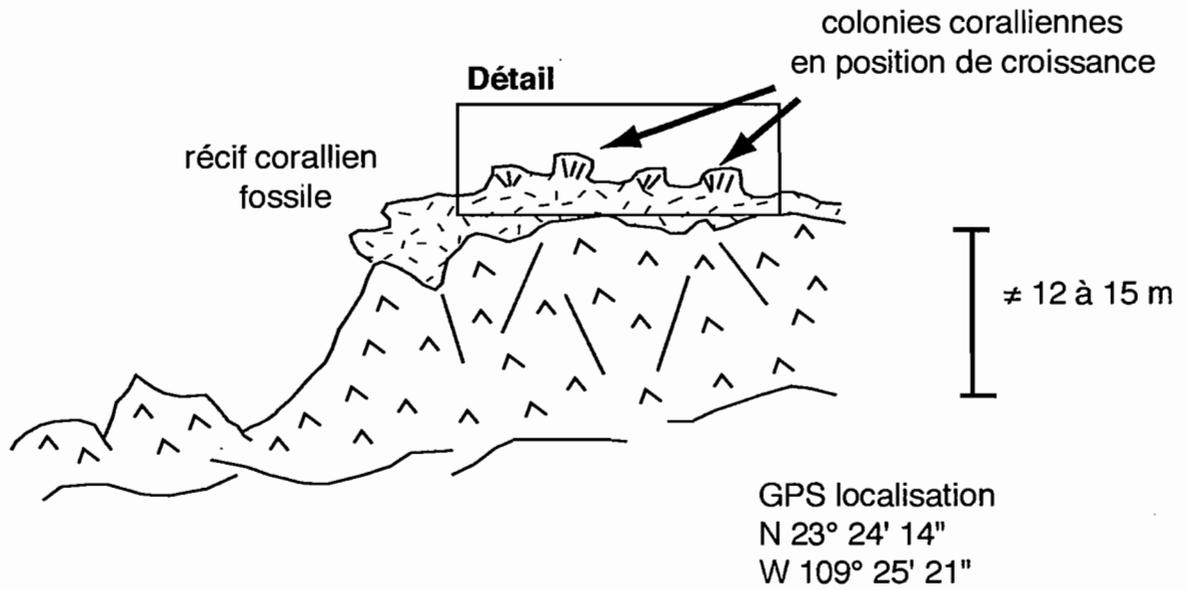
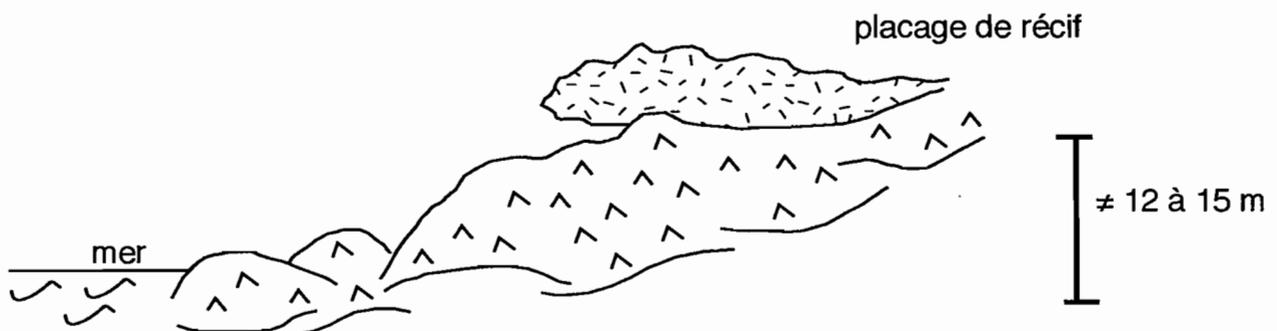
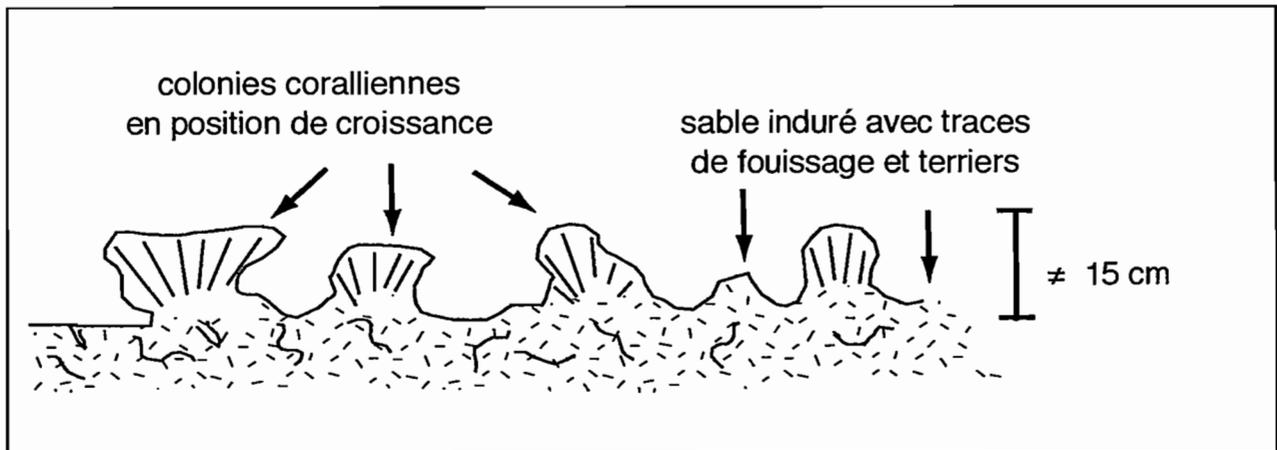


Figure 14 (Station 16) : Cabo Pulmo



**Détail**



**Figure 15 (Stations 17 & 18) : Cabo Pulmo : récifs coralliens fossiles**

**Stations 19 (Punta el Coyoto) :** présence de placages marins (figure 16, Coupe 1) constitués de nombreuses coquilles et débris roulés de coraux (?). Ces débris de coraux auraient pour origine un dépôt lors de tempête(s) (?). La coupe 2 de la figure 16 permet d'observer la séquence suivante.

Niveau 1 : substrat (roche marron grenue altérée) ;

Niveau 2 : sable gréseux induré

Niveau 3 : sable gréseux induré au sommet duquel se trouvent des galets et des graviers ;

Niveau 4 : niveau sableux plus ou ou moins consolidé au sommet duquel se trouvent des coquilles, des coraux roulés et des rhodolithes ;

Niveau 5 : sable meuble avec coquilles éparses ;

**Stations 20 (Ensenada el Coyote) :** terrasses avec accumulation de coquilles et d'huîtres et *Chama* en position de vie formant de petits amas de bioconstructions (figure 17).

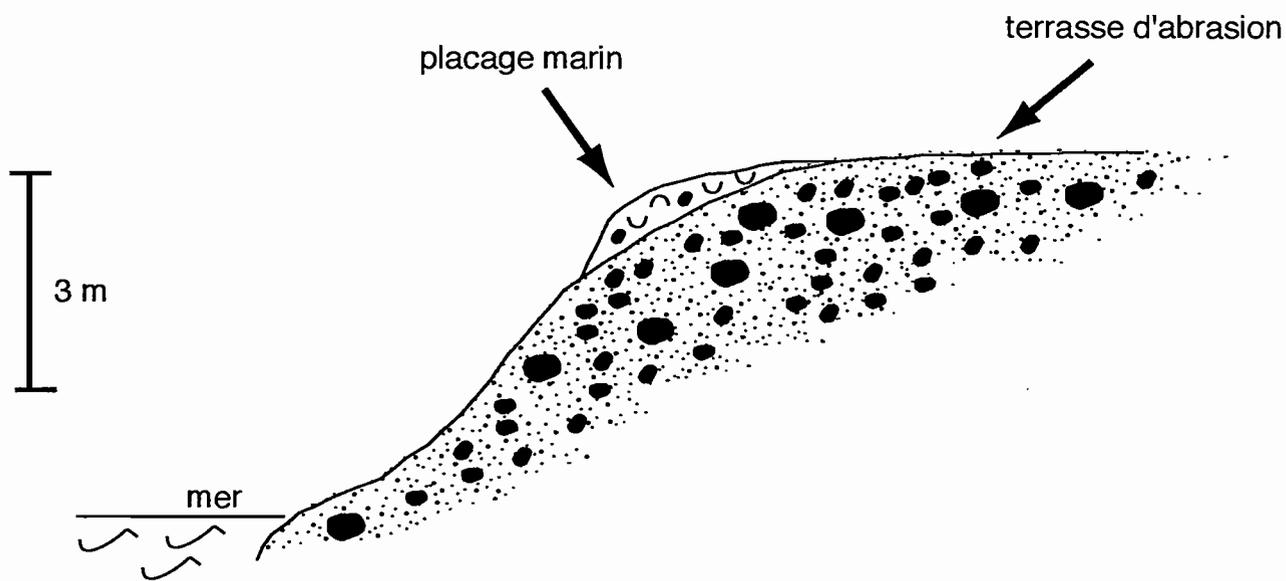
## 12 - Jeudi 20 juin

Départ des participants IRD de La Paz, vers Nouméa et Paris.

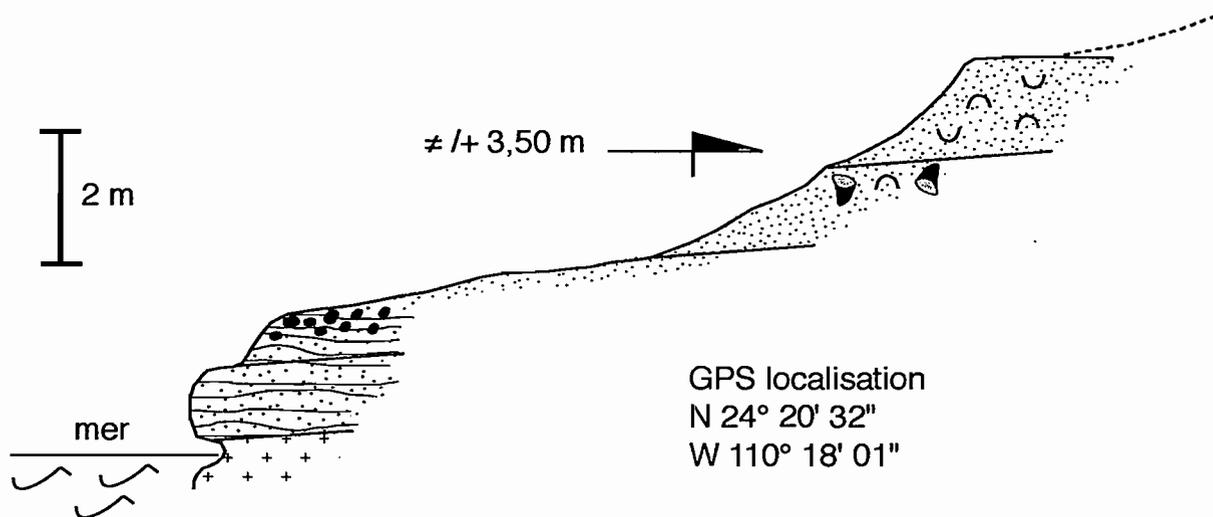
## III - Conclusions

Les contacts pris avec les différents chercheurs de l'Universidad Autonoma de Baja California à Ensenada, du CISESE à Ensenada et de l'Universidad Autonoma de Baja California Sur à La Paz ont permis de présenter les objectifs de l'UR 055 Paléotropique et les études envisagées au Mexique particulièrement en partenariat avec José Carriquiry.

Concernant les perspectives de mesures de paléothermométrie sur des coraux vivants sur la côte Est de la Basse Californie, il s'avère que les colonies coralliennes sont de petite taille et montrent de nombreuses traces de nécrose. Dans cette mesure, les conditions ne sont pas optimales si l'on recherche des séries temporelles de plusieurs décennies, et si l'on s'intéresse à la reconstitution des variabilité décennale à séculaire des conditions océano-climatiques.

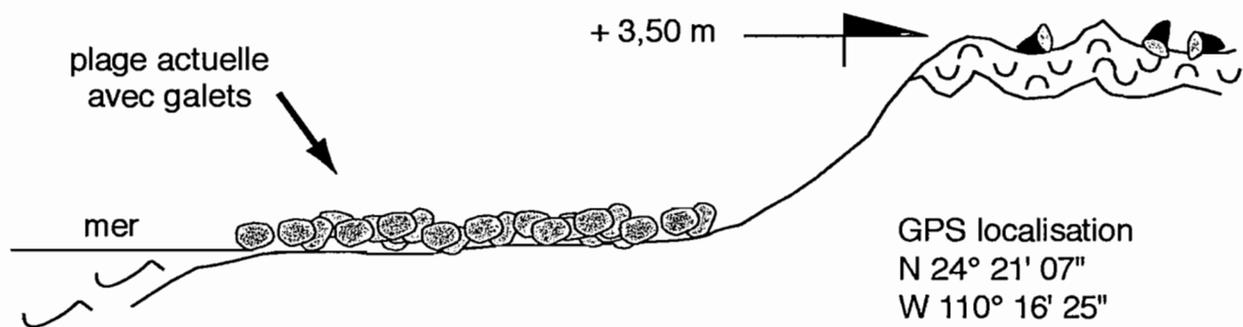


**Coupe 1**

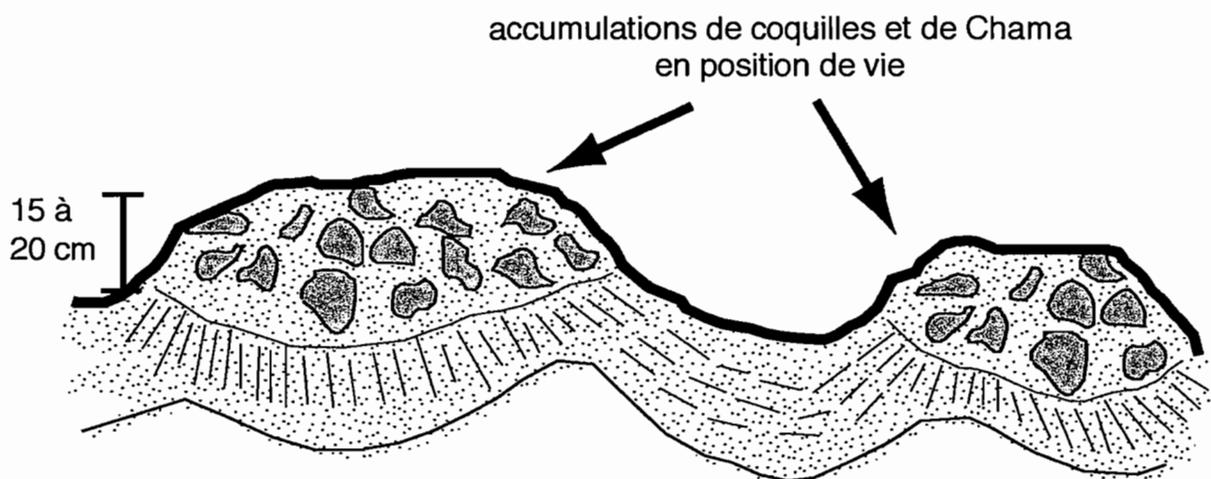


**Coupe 2**

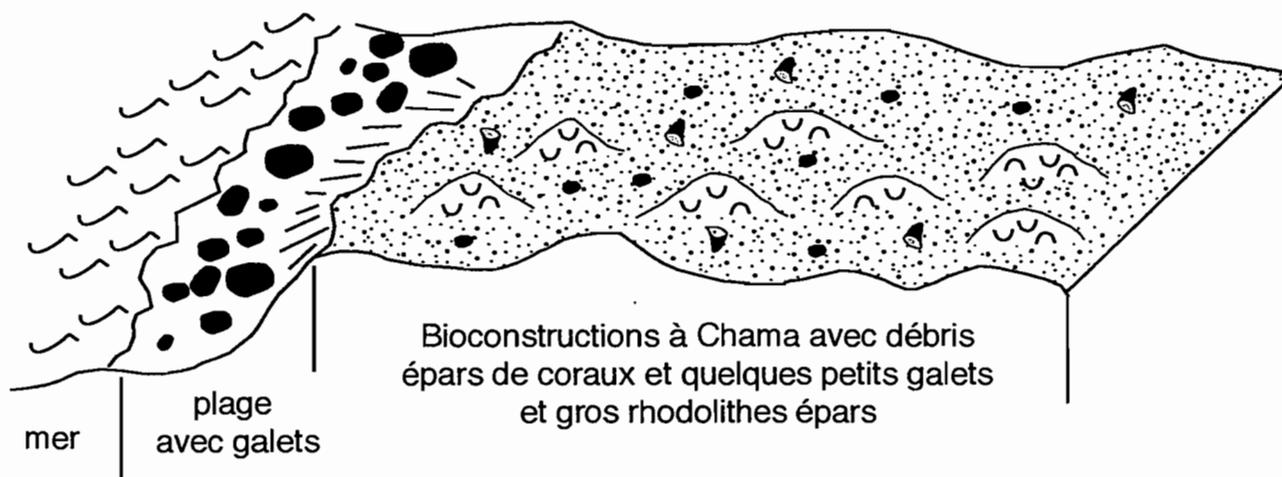
**Figure 16 (Station 19) : Punta El Coyoto**



**A - Coupe**



**B - Détail des bioconstructions à Chama**



**C- Vue générale**

**Figure 17(Station 20) : Ensenada El Coyote, bioconstructions à Chama**

Sur les conseils de José Carriquiry, et en liaison avec lui, il est envisagé de faire une mission de terrain additionnelle sur la côte sud du littoral pacifique du Mexique (notamment au Sud de Puerto Vallarta) en 2003.

Les mesures de paléothermométrie sur les coraux fossiles (dernier interglaciaire, environ, 125.000 ans) s'avèrent être difficiles à mener en raison de l'altération, de la morphologie branchue des colonies et de la petite taille des organismes. En revanche, des études de paléoécologie des formations récifales fossiles du dernier interglaciaire peuvent être envisagées. Des contacts sont en cours avec J. Carriquiry et P. Blanchon (UNAM, Mexique) à ce sujet.

L'attribution d'une bourse ESCD à J. Carriquiry par l'IRD (11 mois en 2002-2004, correspondant à trois séjours à Nouméa et à Bondy) rend possible une collaboration effective et étroite de ce chercheur avec des chercheurs de l'UR PALEOTROPIQUE, dès le mois de septembre 2002. J. Carriquiry participera à des campagnes océanographiques (avec plongées et échantillonnages dans le Pacifique central et occidental). Le développement futur d'activités en collaboration prévoit des analyses coordonnées entre les laboratoires de Ensenada et de Nouméa, une poursuite des reconnaissances de terrain dans le Sud-ouest du Mexique et l'intégration possible d'étudiants mexicains au programme d'activités commun qui est en cours d'élaboration. L'ensemble de ces travaux vise à une compréhension régionale plus complète de la variabilité des conditions océanographiques et climatiques du Pacifique intertropical, à différentes échelles de temps (dernières décennies, derniers siècles, Holocène, et Pleistocène moyen et supérieur). Les travaux antérieurs et l'expérience de J. Carriquiry sur les séquences coralliennes de l'Amérique centrale et du Mexique et ceux de l'équipe PALEOTROPIQUE sur le Pacifique central et occidental se complètent harmonieusement et constituent de sérieux gages de succès des opérations à venir.

## **Références**

- Abbott P.L., Smith D.P., Sliter W.V. & Saul L.R. (1995) Paleogeography of three Paleocene limestones in Baja California, Mexico. In: Fritsche A.E. (Ed.) : *Cenozoic Paleogeography of the Western United States-II Pacific Section-SEPM*, pp. 1-8.
- Ashby J.R., Ku T.L. & Minch J.A. (1987) Uranium series ages of corals from the Upper Pleistocene Mulegé terrace, Baja California Sur, Mexico. *Geology*, 15 : 139-141.

- Ashby J.R., Ku T.L. & Minch J.A. (1988) Uranium series ages of corals from the Upper Pleistocene Mulege Terrace, Baja California Sur, Mexico. *Ciencias Marinas* 14 : 31–40.
- Bernal G.R. & Carriquiry J.D. (2001) El registro isotópico paleoambiental de un coral de Cabo Pulmo, boca del Golfo de California, Mexico--Stable isotope paleoenvironmental record of a coral from Cabo Pulmo, entrance to the Gulf of California, Mexico. *Ciencias Marinas*, 2 : 155-174.
- Brusca R.C. & Thomson D.A. (1975) Pulmo Reef; the only "coral reef" in the Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 2 : 37-53.
- Cabioch G., Montaggioni L.F., Faure G. & Laurenti A. (1999) Reef coralgal assemblages as recorders of paleobathymetry and sea level changes in the Indo-Pacific province. *Quaternary Science Reviews*, 18 : 1681-1695.
- Carriquiry J.D., Risk M.J. & Schwarcz H.P. (1988) Timing and temperature record from stable isotopes of the 1982-1983 El Niño warming event in eastern Pacific corals. *Palaios*, 3 : 359-364.
- Carriquiry J.D., Risk M.J. & Schwarcz H.P. (1994) Stable isotope geochemistry of corals from Costa Rica as proxy indicator of the El Niño / Southern Oscillation (ENSO). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 58 : 335-351.
- Carriquiry J.D. & Sánchez A. (1999) Sedimentation in the Colorado River Delta and Upper Gulf of California after nearly a century of discharge loss. *Marine Geology*, 158 : 125–145.
- Carriquiry J.D., Sánchez A. & Camacho-Ibar V. (2001) Sedimentation in the Northern Gulf of California after the elimination of Colorado River discharge. *Sedimentary Geology*, 144 : 37–62.
- Corrège T., Delcroix Th., Récy J., Beck W., Cabioch G., Le Cornec F. (2000) Evidence for stronger El Niño-Southern Oscillation (ENSO) events in a mid-Holocene massive coral. *Paleoceanography*, 15 : 465-470.
- Corrège T., Quinn T., Delcroix T., Le Cornec F., Récy J., Cabioch G. (2001) Little Ice Age sea surface temperature variability in the south west tropical Pacific. *Geophysical Research Letters*, 28 : 3477-3480.
- Fletcher J.M. & Munguía-Orozco L. (2000) Active continental rifting in southern Baja California, Mexico: implications for plate motion partitioning and the transition to seafloor spreading in the Gulf of California. *Tectonics* 19 6, pp. 1107–1123.
- Foster M.S., Riosmena-Rodriguez R., Steller D. & Woelkerling W.J. (1997) Living rhodolith beds in the Gulf of California and their implications for paleoenvironmental interpretation.

- In: Johnson, M.E. and Ledesma-Vazquez, J., Editors, 1997. Pliocene Carbonates and Related Facies Flanking the Gulf of California. Geol. Soc. Am. Spec. Pap., 318 : 127–139.
- Gastil R.G., Phillips R.P. & Allison E.C. (1975) Reconnaissance geology of the State of Baja California. Geological Society of America Memoir 140, 170 pp.
- Lonsdale P. (1989) Geology and tectonic history of the Gulf of California. In: Winterer E.L., Hussong D.M. & Decker R.W. (Eds) : The eastern Pacific Ocean and Hawaii: Geology of North America. Geological Society of America, Boulder : 499–521.
- Halfar J., Godínez-Orta L. & Ingle J.C. (2000) Microfacies analysis of Recent carbonate environments in the southern Gulf of California, Mexico – a model for warm-temperate to subtropical carbonate formation. *Palaios*, 15 : 323–342.
- Hausback, B.P. (1984) Cenozoic volcanic and tectonic evolution of Baja California Sur, Mexico. In: Frizzell Jr., V.A., Editor, , 1984. Geology of the Baja California Peninsula Pacific Section-SEPM 39, pp. 219–236.
- Ibarra-Obando S.E., Camacho-Ibar V. F., Carriquiry J.D. & Smith S.V. (2000) Upwelling and lagoonal ecosystems of the dry Pacific Coast of Baja California. Coastal marine ecosystems of Latin America, Seeliger U. & Kjerfve B. (eds), Ecological Studies.144 : 315-330.
- Johnson M.E., Ledesma-Vázquez J., Clark H.C. & Zwiebel J.A. (1996) Coastal evolution of Late Cretaceous and Pleistocene rocky shores: Pacific rim of northern Baja California, Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, 108 : 708–721.
- Johnson M.E., Ledesma-Vázquez J., Mayall M.A. & Minch J. (1997) Upper Pliocene stratigraphy and depositional systems: The Peninsula Concepción basins in Baja California Sur, Mexico. In: Johnson M.E. & Ledesma-Vázquez J. (Eds.) : Pliocene Carbonates and Related Facies Flanking the Gulf of California, Baja California, Mexico. Geological Society of America Special Paper, 318 : 57–72.
- Johnson M.E. & Ledesma-Vázquez J. (2000) Biological zonation on a rocky-shore boulder deposit: Upper Pleistocene Bahía San Antonio (Baja California Sur, Mexico). *Palaios*, 14 : 569–584.
- Libbey, L.K. and Johnson, M.E., 1997. Upper Pleistocene rocky shores and intertidal biotas at Playa La Palmita (Baja California Sur, Mexico). *Journal of Coastal Research* 13, pp. 216–225.
- Marrack E.C. (1999) The relationship between water motion and living rhodolith beds in the southwestern Gulf of California, Mexico. *Palaios* 14, pp. 159–171.

- Mayer L. & Vincent K.R. (1999) Active tectonics of the Loreto area, Baja California Sur, Mexico. *Geomorphology*, 27 : 243–255.
- Meldahl K.H. & Cutler A.H. (1992) Neotectonics and taphonomy: Pleistocene molluscan shell accumulations in the northern Gulf of California. *Palaios*, 7 : 187–197.
- Meldahl K.H. (1993) Geographic gradients in the formation of shell concentrations: Plio-Pleistocene marine deposits, Gulf of California. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 101 : 1–25.
- Meldahl K.H., Gonzalez Y., Empedocles C.D., Gustafson C.S., Motolinia-Hidalgo M., Reardon T.W. (1997) Holocene sediments and molluscan faunas of Bahía Concepción: A modern analog to Neogene rift basins of the Gulf of California. In: Johnson M.E. & Ledesma-Vázquez J. (Eds.) : *Pliocene Carbonates and Related Facies Flanking the Gulf of California, Baja California, Mexico*. Geological Society of America Special Paper, 318 : 39–56.
- Nava-Sanchez E.H., Gorsline D.S. & Molina-Cruz A. (1997) The Baja California Peninsula borderland: structural and sedimentological characteristics. *Sedim. Geol.* 144, pp. 63–81.
- Ortlieb L. (1978) Reconocimiento de las terrazas marinas Cuaternarias en la parte central de Baja California. *Rev. Inst. Geol. UNAM, México*, 2 : 200–211.
- Ortlieb L. (1980) Neotectonics from marine terraces along the Gulf of California. In: Morner (Ed.), *Earth Rheology, Isostasy and Eustasy*. Wiley Interscience, New York, pp. 497–504.
- Ortlieb L. (1984-a) Field-trip guidebook: Neotectonics and sea level variations in the Gulf of California area. Instituto de Geología Universidad Nacional Autónoma de México, 152 pp.
- Ortlieb L. (1984.-b) Neotectonics and sea level variations in the Gulf of California area. *Inst. Geol. Univ. Nacional Autónoma México*, p. 152 .
- Ortlieb L. (1987) Néotectonique et variations du niveau marin au Quaternaire dans la région du Golfe de Californie, Mexique. *Inst. Fr. Rech. Sci. Dev. Coop. Coll. Etudes Theses*, 779 p.
- Ortlieb, L. (1991-a) Quaternary vertical movements along the coasts of Baja California and Sonora. In: Dauphin, J.P., Simoneit, B.R.T. (Eds.), *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 47, Tulsa, pp. 447–480.
- Ortlieb L. (1991-b) Quaternary shorelines along the northeastern Gulf of California; geochronological data and neotectonic implications. *Geological Society of America Special Paper*, 254 : 95–120.

- Ortlieb, L., Guzman, N. & Marquardt, C. (sous presse) A Longer-Lasting and Warmer Interglacial Episode during Isotopic Stage 11: Marine Terrace Evidence in Tropical Western Americas, In Marine Isotope Stage 11: An Extreme Interglacial, L. Burckle, R. Poore, A. Droxler [eds.], Amer. Geophys. Union Memoir, in press. (2003).
- Reyes-Bonilla H., Riosmena-Rodriguez R. & Foster M.S. (1997) Hermatypic corals associated with rhodolith beds in the Gulf of California, Mexico. *Pacific Science*, 51 : 328-337.
- Reyes-Bonilla H. & Cruz-Pinon G. (2000) Biogeography of the ahermatypic corals (Scleractinia) of the Mexican Pacific. *Cienc Mar* 26 : 511-531.
- Reyes-Bonilla H., Carriquiry J.D., Leyte-Morales G.E., Cupul-Magaña A.L. (2002) Effects of the El Niño-Southern Oscillation and the anti-El Niño event (1997-1999) on coral reefs of the western coast of México. *Coral Reefs*, 21: 368-372.
- Riosmena-Rodriguez R. (1999) A taxonomic reassessment of rhodolith forming species of *Lithophyllum* in the Gulf of California, Mexico. *Phycologia*, 38 : 401-417.
- Rockwell T.K., Muhs D.R., Kennedy G.L., Hatch M.E., Wilson S.H. & Klinger R.E. (1989) Uranium-series ages, faunal correlations and tectonic deformation of marine terraces within the Agua Blanca fault zone at Punta Banda, northern Baja California, Mexico. In: Abbott P.L. (Ed.), *Geologic Studies in Baja California*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific Section, October 14-15, pp. 1-16.
- Sirkin L., Szabo B.J., Padilla A.G., Pedrin A.S. & Diaz R.E. (1990) Uranium-series ages of marine terraces, La Paz Peninsula, Baja California Sur, Mexico. *Coral Reefs*, 9 : 25-30.
- Smith J.T. (1991) Cenozoic marine mollusks and paleogeography of the Gulf of California. In: Dauphin, J.P., Simoneit, B.R.T. (Eds.), *The Gulf and Peninsular provinces of the Californias*. American Association Petroleum Geologists Memoir, 47 : 637-666.
- Squires D.F. (1959) Coral and coral reefs in the Gulf of California, [Part] 7 of Results of the Puritan-American Museum of Natural History Expedition to western Mexico. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, New York , 118; pp 367-432.