

# RECONSTITUTION DE PALEO-RIVAGES ET RECHERCHE DE SITES COQUILLIERS PREHISTORIQUES SUR LE LITTORAL CARAIBE DE COLOMBIE PAR TELEDETECTION

Thierry LEGROS<sup>1</sup>, Yves THOMAS<sup>2</sup>

## RESUME

Les auteurs présentent l'étude d'une série d'images satellitaires SPOT couvrant le littoral caraïbe de la Colombie, entre les fleuves Sinu et Magdalena. Ils cartographient les traits de côte actuel et d'un paléorivage holocène puis proposent, à partir d'un exemple pris dans la zone du Canal du Dique, une méthodologie de prospection de sites archéologiques fondée sur le repérage de structures qui, par leur signature spectrale et leur forme, peuvent être interprétées comme des amas coquilliers.

Localisation de la ligne de rivage actuelle.- La discrimination de la frontière entre le milieu continental et le domaine marin a été obtenue par seuillage de la bande spectrale XS-3.

Localisation de la ligne de rivage ancienne.- Dans la zone concernée, le trait de côte d'un rivage holocène est marqué dans le paysage par une discontinuité topographique et/ou pédogénétique. Différentes approches ont été testées pour le mettre en évidence. L'ACP a donné la meilleure discrimination dans le plus grand nombre de cas. Des aires correspondant à des limites chronologiques déterminées ont ainsi pu être délimitées (zones de gisements sub-actuels et sites côtiers anciens).

Identification de sites archéologiques.- A partir de la prospection des gisements préalement reconnus, un essai de cartographie systématique des sites pré et protohistoriques (de type "amas coquillier") a été proposé. Ces habitats sont caractérisés par une forme déterminée et une signature spectrale précise. Plusieurs ordonnancements d'éléments d'images susceptibles de correspondre à de telles structures ont été repérés. Leur cartographie et interprétation sont proposées.

## ABSTRACT

The authors study a series of SPOT satellite images covering the Caribbean coast line of Colombia between the Sinu and Magdalena rivers. They map the current coast lines and the Holocene paleoshore and they suggest on the basis of an example taken in the area of the Dique Channel to use a methodology for the prospection of the archeological sites based on the identification of formations which, given their spectral signature and shape, can be interpreted as shelly accumulations.

Position of the current coast line. - The discrimination of the limit between the continental environment and the marine environment has been obtained through the thresholding of the XS-3 spectral band.

(1) UPR 313 "Préhistoire des Andes" du CNRS, 27 rue Paul-Bert, F-94204 IVRY.

(2) URA 141 "Laboratoire de Géographie Physique" du CNRS, 1 place Aristide Briand, F-92195 MEUDON

Position of the former coast line. - In the area concerned, the coast line of an Holocene shore is characterized in the landscape by a topographic and/or pedogenetic discontinuity. Various approaches have been tested in order to reveal it. The ACP gave the best discrimination in the greatest number of cases. Areas corresponding to specific chronological limits have been defined (subcurrent deposit zones and old coastal sites).

Identification of archeological sites. - From the prospecting of previously identified deposits, a tentative systematic mapping of the pre and protohistoric sites (of the "shelly accumulation" type) has been suggested. These habitats are characterized by a specific shape and a precise spectral signature. Several sequences of image elements likely to correspond to such formations have been identified. A tentative mapping and interpretation is suggested.

**Mots-clés :** Colombie, Caraïbe (Côte), Archéologie, Géomorphologie, Riva-  
ges, Formatif (époque), Télédétection, Spot.

**Key-words :** Colombia - Carribean (coast) - Archeology - Geomorphology -  
Shores - Formative (age) - Remote sensing - SPOT.

## 1.- PROBLEMATIQUE

Depuis 1987, la Mission Archéologique Française en Colombie mène des recherches sur l'occupation humaine préhistorique du Nord de la Colombie et plus spécifiquement sur les premiers producteurs de céramique dans cette aire Nord Andine. Des prospections intensives, dans un carré d'environ 80 kilomètres de côté, le long du cours inférieur du fleuve Magdalena et du Canal du Dique (bras fossile du même fleuve), ont amené la découverte d'une trentaine de nouveaux sites archéologiques précolombiens d'époques diverses. Seul un petit nombre de ces gisements répondait à la problématique archéologique préalablement définie. Tous concentrés à une dizaine de kilomètres du rivage actuel, en bordure de la mangrove, ces traces des premiers céramistes américains ont pu être datées de la seconde moitié du quatrième millénaire avant notre ère.

Il convient de rappeler ici l'importance de la côte caraïbe colombienne et plus particulièrement de la région de Carthagène dans l'étude des sociétés préhistoriques amérindiennes.

L'apparition de la céramique sur le continent américain est un phénomène encore mal connu. Si, dans les années 60, on pensait cette technique importée d'Asie, les recherches actuelles semblent indiquer un foyer d'invention conti-

mental. Or, les plus anciennes traces du Formatif, époque d'émergence de cette technique, ont été mises en évidence dans la région de Carthagène.

Ces cultures du Formatif Ancien qui s'étalent dans la zone du 4ème au 2ème millénaire avant J.C., ne sont connues que par de très rares sites archéologiques qui, à l'exception de ceux de San Jacinto (Oyuela, 1987), sont des gisements côtiers. Barlovento (Reichel, 1955), Canapote (Bishof, 1966), au Nord de Cartagena, comme les sites du Delta du Dique -Monsú (Reichel, 1985), Puerto Hormiga (Reichel, 1961, 1965), Puerto Chacho (Legros, 1988)- sont tous peu ou prou des amas coquilliers (figure 3).

La concentration de ces sites dans la zone amphibie n'a pas encore reçu d'explication satisfaisante, (seule zone occupée à cette époque ou défaut de prospection dans les autres biotopes).

Ce type de milieu présente plusieurs difficultés pour l'archéologie. Les moyens de préparation des prospections sont limités : les cartes topographiques sont notablement imprécises et les photos aériennes n'existent que lorsque la zone présente un intérêt économique, ce qui est rarement le cas lorsqu'on s'éloigne du rivage.

De rares pistes permettent d'y pénétrer quelques mois de l'année en saison sèche, mais à la saison des pluies, la voie d'eau devient le seul moyen de déplacement. Or, la majorité des sites nous intéressant se trouvent entre ces deux voies de communication, à bonne distance de l'une comme de l'autre et d'accès relativement difficile. De plus, la visibilité au sol est limitée par la densité de la végétation dans la partie inondable.

Il était donc impossible, au début de nos travaux, de réaliser une prospection systématique qu'elle soit globale ou ponctuelle. Par conséquent, La démarche que nous avons suivi sur le terrain a été tout à fait pragmatique.

Les "amas coquilliers" sont des gisements particuliers : à la fois accumulations de déchets de cuisine et lieux d'habitat, le sédiment qui emballe habituellement le matériel archéologique est ici remplacé par les rejets des populations les ayant occupés : coquilles pillées, restes de faune en particulier de poissons et de mammifères marins. Ce type de site, abondant dans la zone considérée, couvre un vaste éventail temporel : absents au Paléo-Indien, dans l'état actuel de nos

connaissances, ils apparaissent avec les céramistes du Formatif ancien et perdurent - sous différentes formes - jusqu'à l'époque actuelle.

Bien que des exceptions soient connues, le transport sur de longues distances de coquillages est peu probable en l'occurrence. Le rapport du poids de l'animal avec sa coquille sur le poids "utile", c'est-à-dire de nourriture consommable plaide en faveur, sinon d'une consommation, du moins d'une préparation et donc d'un dépôt des déchets en bordure immédiate des zones humides. Il nous paraît, en effet, difficile d'envisager un transport, dans le courant du 3<sup>e</sup> millénaire b.C., des tonnes de coquilles que représentent les 6 mètres de stratigraphie connus à Canapote et s'étendant sur plusieurs centaines de mètres au sol.

Un premier inventaire de ces gisements nous a permis de mettre en évidence l'absence totale de sites anciens (4<sup>e</sup>-2<sup>e</sup> millénaire b.C.) à proximité immédiate du trait de côte actuel dans les zones basses. L'amas coquillier de Puerto Chacho, par exemple, est situé dans la plaine deltaïque, le long d'une terrasse d'un bras fossile du Dique en limite savane/mangrove, à plus de 10 km. de la côte actuelle. Cependant les résultats de prospections minutieuses dans la zone test délimitée autour de ce même site ont permis de répertorier de nombreux autres amas coquilliers, tous plus récents (du 8<sup>e</sup> siècle A.D. à des amas toujours en fonctionnement).

La séparation entre une zone de sites "récents" et une autre de sites "anciens" nous a amené à chercher les moyens de cartographier cette limite correspondant à la ligne de rivage d'un épisode transgressif de l'Holocène.

De plus, il nous semblait que si la visibilité au sol était très mauvaise, une vision aérienne devait pouvoir faire apparaître les sites concernés soit par différence de couleur lorsqu'il s'agissait de sites de surface, soit par différence de végétation dans le cas des sites enterrés (p.H. des sols de la zone très acide alors qu'un amas coquillier, même enfoui, donne au sol un p.H. ultra-basique qui modifie notablement les espèces végétales présentes).

L'utilisation de la télédétection vise donc, dans le cas présent, à permettre la systématisation des recherches et à faciliter les prospections.

## 2.- LE MATERIEL ET SON ANALYSE

### 2.1.- L'imagerie

Les images traitées ont été acquises par le satellite SPOT-1, les instruments "Haute Résolution Visible" opérant en mode multispectral, c'est à dire avec une résolution au sol de 20 par 20 mètres.

Les scènes couvrent la zone comprise entre les deltas des fleuves Sinú, au sud, et Magdalena, au nord. Elles sont datées du 27 mars 1986 (fin de saison sèche) pour quatre d'entre elles; celle qui concerne le delta du fleuve Sinú a été acquise en période hivernale (figure 1 et tableau 1).

### 2.2.- Procédure d'analyse

#### 2.2.1.- Extraction de la ligne de rivage actuelle

La limite Continent - Océan a été obtenue par masquage de la bande spectrale XS-3 ( $\lambda = 0,79$  à  $0,89 \mu\text{m}$ ). Le coefficient d'absorption de l'eau de mer "claire", voisin de 1 dans cette partie du spectre électromagnétique implique que la réflectance diffuse des eaux tende vers zéro et maximise le contraste avec le milieu continental adjacent.

On a isolé la frontière du domaine émergé par transformation de l'image de gris en un ensemble  $X_t$  (image binaire) selon l'expression :

$$X_t = \{x \in R^2 : f(x) \geq t\}$$

Les valeurs de la borne  $t$  ont été repérées par seuillage global à partir des histogrammes des images.

La procédure retenue n'est cependant pas adaptée à la reconnaissance du trait de côte dans les zones, spatialement très réduites, où des émissaires continentaux contribuent à accroître notablement la charge en matières en suspension. Dans ces derniers cas, un seuillage local a dû être retenu.

La figure 2 [a] fournit le trait de côte qui a été obtenu entre les deltas des fleuves Sinú et Magdalena.

### 2.2.2.- Extraction de la ligne de rivage ancienne

Une ligne de rivage d'altitude supérieure au zéro actuel des cartes marines est souvent marquée dans le paysage par une, voire plusieurs, discontinuités physiographiques. La topographie, la nature des matériaux, la végétation tendent à souligner cette marque de stationnement du niveau marin lors du maximum de la phase transgressive holocène. Nous nous sommes attachés à la repérer puis à l'extraire.

Repérage de la ligne de rivage.- Plusieurs techniques ont été mises en oeuvre pour amplifier le contraste radiométrique observé de part et d'autre de cette ancienne ligne de rivage, contraste dû aux différences d'humidité et de végétation.

(1) Emploi de l'indice normalisé de végétation (INV).

(2) Réalisation d'opérations de changement de système de représentation spatial des couleurs après décalage spectral. Passage du système R (ROUGE), G (VERT), B (BLEU) au système de coordonnées trichromiques X, Y et Z, les bandes XS-1 (vert), XS-2 (rouge) et XS-3 (infra-rouge) étant respectivement assimilées aux composantes bleue, verte et rouge.

(3) De la même manière, passage du système R, G, B au système HUE, LIGHTNESS, SATURATION.

(4) Enfin, calcul des deux premières composantes de l'analyse en composantes principales des trois bandes spectrales.

Si les quatre approches se sont toutes révélées satisfaisantes, la dernière d'entre-elles a fourni plus systématiquement de meilleurs résultats. La première composante principale obtenue après transformation de Karhunen-Loeve a donc été retenue pour l'extraction de la ligne de rivage datée d'époque holocène.

Extraction de la ligne de rivage.- Aucune procédure automatique ne s'étant révélée totalement satisfaisante, la ligne de rivage a été extraite par suivi de son contour sur console interactive. La figure 2 [b] fournit le trait de côte qui a été obtenu entre les deltas des fleuves Sinú et Magdalena.

### 2.2.3.- Identification de sites archéologiques

L'identification des sites archéologiques a été conduite sur le secteur d'étude de la Mission Archéologique Française en Colombie. La figure 3 présente la zone test choisie qui correspond à une fenêtre de 512 par 512 éléments d'images de la scène SPOT-1 641-330 du 27 mars 1986 où sont situés les sites formatifs de Puerto Hormiga (Reichel-Dolmatoff, 1968) et Puerto Chacho, en cours de fouille, ainsi que de nombreux gisements sub-actuels.

L'identification des sites archéologiques a été menée en deux temps: après une délimitation des aires de localisation des gisements sub-actuels et anciens, la localisation des amas coquilliers a fait appel à des transformations morphologiques élémentaires.

Délimitation de la zone de prospection.- La pratique du terrain a permis de différencier deux types de sites archéologiques: [a] les sites récents localisés entre les traits de côte actuel et ancien, et [b] les sites côtiers du Formatif ancien, situés à l'amont immédiat de la ligne de paléorivage. On a donc extrait deux zones de prospection correspondant chacune au secteur de localisation le plus probable des types de gisements.

Les traits de côte actuel et ancien ont permis de constituer deux images binaires des milieux immergés et émergés à chacune des deux époques [IMAGE(1) et IMAGE(2), respectivement]. On en a déduit une image binaire correspondant à l'aire de localisation des sites actuels par emploi d'une procédure de segmentation [IMAGE(3)] :

IMAGE (1)	IMAGE(2)	IMAGE(3)
Immergé	immergé	faux
Immergé	émergé	sites actuels
Emergé	immergé	faux
Emergé	émergé	faux

L'expérience montre que les gisements anciens se concentrent en amont de la ligne de côte formative dans un rayon R qui s'avère localement toujours inférieur à cinq cents mètres. On a donc construit une image binaire qui forme un ruban R(e) de largeur e et couvre l'ensemble des points dont la distance à la ligne de

rivage contemporaine de l'occupation Formative est au plus égale à e, soit cinq cents mètres [IMAGE(4)]. L'aire du ruban R(e) rempli, en partie, la condition d'être une zone favorable à la présence de sites anciens.

L'image binaire de la zone de localisation des gisements anciens [IMAGE(5)] a été obtenue par emploi d'une procédure de segmentation:

IMAGE (2)	IMAGE(4)	IMAGE(5)
Immergé	ruban	faux
Immergé	non ruban	faux
Emergé	ruban	sites anciens
Emergé	non ruban	faux

La figure 4 résume les diverses étapes de la procédure et donne une représentation de l'aire couverte par les zones de prospection des sites actuels [IMAGE(3)] et anciens [IMAGE(5)] dans le secteur du Canal du Dique.

Reconnaissance morphologique.- Outre leur signature spectrale, les sites déjà reconnus sont caractérisés par leur forme (circulaire à ellipsoïdale) et par leur dimension de taille restreinte (de l'ordre de la cinquantaine de mètres).

On a retenu une méthode d'approche qui permette d'isoler de telles formes, les principes en sont rappelés ci-après.

Chaque image binaire précédemment construite nous fournit une fonction  $f(x)$  définie dans  $R$  où  $f(x)$  représente l'amplitude du signal au point  $x$ . Il s'agit ici d'une fonction en niveaux de gris, i.e. en niveaux de luminance.

A chaque point  $x$  on peut associer un élément structurant plan  $B$  de forme, de taille, et d'orientation donnée. Dans le domaine de rayon  $\lambda$ , défini par  $B$  autour de  $x$ , la fonction  $f(x)$  possède une valeur inférieure et une valeur supérieure qui permettent de définir les opérateurs d'érosion et de dilatation.

Erosion et dilatation.- Pour construire la fonction érodée par un élément structurant plan B de taille  $\lambda$ , il suffit d'attribuer à chaque point du domaine B la valeur inférieure que prend  $f(x)$  dans ce domaine. Cette opération sera notée:

$$E^{\lambda B} f(x)$$

Pour construire la fonction dilatée par un élément structurant plan B de taille  $\lambda$ , il suffit d'attribuer à chaque point du domaine B la valeur supérieure que prend  $f(x)$  dans ce domaine. Cette opération sera notée:

$$D^{\lambda B} f(x)$$

En termes imagés, on peut dire que l'érosion réduit les pics et élargit les vallées, la dilatation comble les vallées et épaissit les pics.

Ouverture et fermeture.- On peut également, par emploi successif d'opérateurs d'érosion et de dilatation, définir une fonction ouverte, et réciproquement une fonction fermée. La fonction ouverte revient à dilater une image érodée et se note:

$$O^{\lambda B} f(x) = D^{\lambda B} E^{\lambda B} f(x)$$

Inversement, la fermeture revient à éroder une image dilatée et se note:

$$F^{\lambda B} f(x) = E^{\lambda B} D^{\lambda B} f(x)$$

Pour conserver notre même comparaison, si l'érosion et la dilatation modifient les niveaux de gris d'une façon conséquente, l'ouverture et la fermeture ne modifient l'image qu'en certains points: l'ouverture arase les pics trop acérés et la fermeture comble les vallées trop étroites.

Les transformations morphologiques.- Certaines transformations présentent un intérêt tout particulier. Ainsi, la différence entre une fonction  $f(x)$  et son ouvert par un élément structurant  $\lambda B$  permet de former une nouvelle image transformée que l'on note:

$$T1 f(x) = f(x) - O^{\lambda B}$$

Cette fonction sert à l'extraction des pics dont l'épaisseur est inférieure à la taille de l'élément structurant  $\lambda_B$  et qui avaient été éliminés lors de l'opération d'ouverture.

De même, la différence entre le fermé par  $\lambda_B$  et la fonction initiale fournit une seconde image transformée que l'on note :

$$T2 f(x) = F^{\lambda_B} - f(x)$$

Cette seconde fonction autorise l'extraction des vallées dont l'épaisseur est inférieure à la taille de l'élément structurant  $\lambda_B$  et qui avaient été éliminées lors de l'opération de fermeture.

On a utilisé ici un élément structurant plan B de forme carrée de rayon  $\lambda$  égal à 1 élément d'image (20 mètres), pour mener à bien l'opération d'extraction des sites caractérisés par une même morphologie que les gisements précédemment reconnus.

Les objets de taille inférieure au rayon de l'élément structurant  $\lambda_B$  ont été éliminés lors de l'opération d'érosion et n'ont donc pas été restaurés au moment de l'ouverture, ils sont alors mis en relief lorsque l'on soustrait l'image ouverte de l'image originale au moyen de la transformation  $T1 f(x)$  ainsi que le montre la figure 5.

Les figures 6 [a] et 6 [b] localisent les sites qui correspondent aux critères morphologiques retenus pour les zones de prospection actuelle et ancienne dans le secteur du Canal du Dique.

### 3.- DISCUSSION ET CONCLUSIONS

#### 3.1.- Trait de côte actuel

Bien que différent de la ligne de rivage correspondant au zéro des cartes marines, un trait de côte instantané a pu être repéré continûment sur plus de deux

cents kilomètres. De par ses caractéristiques : (1) l'ensemble des documents nécessaires à son dessin ont été saisis de manière synchrone, et (2) acquis selon une même géométrie, en font un des documents parmi les plus fiables actuellement disponibles sur la zone d'étude. De plus, inclus dans une base de données géocodées, il peut (1) être facilement réactualisé, et donc (2) servir efficacement à l'étude de l'évolution géomorphologique du domaine côtier.

### 3.2.- Trait de côte ancien

Si le trait de côte ancien n'a pu être obtenu selon une procédure automatisée, il a néanmoins été repéré sur la totalité de la zone d'étude grâce aux marques que le stationnement de la mer a ici laissé dans le paysage. La question de la datation de cette ligne de rivage supérieure à l'actuelle peut être abordée selon deux voies différentes : soit directement par datation de dépôts corrélatifs tels des sables coquilliers, faluns ou coraux par exemple, soit indirectement au travers des gisements archéologiques laissés par l'homme à ses abords immédiats. La première approche montre qu'un niveau + 0,5 m est reconnu en baie de Carthagène à 3.690 B.P. (tableau 2-a), la seconde au travers des datations des sites de Monsù, Puerto Chacho et Puerto Hormiga permet de reconnaître un âge supérieur à 5.000 B.P. (tableau 2-b) à l'épisode transgressif contemporain de l'édification des amas coquilliers.

### 3.3.- Prospection de sites archéologiques

Par leur signature spectrale et leur morphologie, il a été possible de faire apparaître des taxons susceptibles d'être reconnus comme des amas coquilliers.

Pour la zone test considérée, 160 éléments provenant de la zone de sites "récents" et 77 de la zone de sites "anciens" ont été identifiés et cartographiés.

Seule une vérification sur le terrain permettra d'affiner cette première sélection et de trier les véritables sites d'autres éléments ayant une signature spectrale similaire. D'ores et déjà, il apparaît que dans la zone "sub-actuelle", certaines formes de dégradation (plages hypersalines) et d'occupation (zones de production de charbon de bois) de la mangrove peuvent être confondues avec les objets recherchés. Dans la zone "ancienne", nous avons constaté la similitude de la signature de certaines structures de l'habitat contemporain avec celle des amas coquilliers anciens.

Les résultats obtenus peuvent être améliorés par emploi croisé des imageries multispectrales et panchromatiques, une résolution spatiale de 10 mètres étant alors atteinte, plus en rapport avec la taille des objets recherchés. Un tel travail, en cours de réalisation, nous a fourni des premiers résultats forts encourageants.

## REFERENCES

- BISCHOF (H), 1966. - Canapote : an early ceramic site in northern Colombia - Preliminary report. In : *Actas y memorias del XXXVI Congreso Internacional de Americanistas*, Sevilla, España 1964. volume 1, pp.483-491.
- COSTIER (M.) et CHERMANT (J.L.), 1985.- *Précis d'analyse d'images*. Paris, CNRS Ed., 521 p.
- DEBAINE (F.), 1988.- Extraction de réseaux linéaires à partir des images SPOT. Exemples pris dans une région semi-aride: le nord ouest de l'Inde. In: "*Images satellitaires et milieux tropicaux en régions arides et tropicales*". Bondy, ORSTOM Ed., pp. 225-239.
- LEGROS (T.), 1991. - Puerto Chacho, la céramique à dégraissant de fibres végétales et le Formatif ancien du Nord de la Colombie. In: "Actes du XLVI Congrès International des Américanistes, Amsterdam 1988", *Revista paleontologica argentina*, n°5, Buenos Aires (sous presse).
- LEGROS (T.), RODRIGUEZ (C.), PAULY (C.), 1989 - Arqueología del Formativo en las llanuras del Caribe colombiano (departamento de Sucre y Bolivar). Bogotá, *Boletín del Museo del Oro*, pp. 132-134.
- LEGROS (T.), 1990 -Les premières céramiques américaines. In : "Les Amériques de la préhistoire aux incas". Paris, *Les dossiers de l'archéologie*. Numéro 145, pp. 60-63.
- OYUELA CAYCEDO (A.), 1987 - Dos sitios arqueológicos con desgrasante de fibra vegetal en la Serranía de San Jacinto (Bolivar). Bogotá, *Boletín de Arqueología*, Volume 2, Numéro 1, pp. 5-21.

- REICHEL-DOLMATOFF (G.), 1955 - Excavaciones en los conchales de la costa de Barlovento. Bogotá, *Revista colombiana de antropología*. Volume X, pp. 249-272.
- REICHEL-DOLMATOFF (G.), 1961 - Puerto Hormiga: un complejo prehistórico marginal de Colombia (nota preliminar). Bogotá, *Revista colombiana de Antropología*, Volume X, pp. 349-354.
- REICHEL-DOLMATOFF (G.), 1965 - Excavaciones arqueológicas en Puerto Hormiga (Departamento de Bolívar). Bogotá, *Antropológica*, Numero 2.
- REICHEL-DOLMATOFF (G.), 1985 - Monsú: un sitio arqueológico. Bogotá, Banco Popular Ed.
- ROGERS D.F. (1985).- *Procedural elements for computer graphics*. New York, Mc Graw Hill Ed., 433 p.
- VERNETTE G. (1989).- Les variations du niveau marin. Exemple de la côte colombienne des caraïbes à l'Holocène. Bordeaux, *Bulletin de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine*, Numéro 45, pp. 81-95.

Tableau 1: Caractéristiques des scènes SPOT traitées.

Satellite	Spot1	Spot1	Spot1	Spot1	Spot1
Capteur	HRV1	HRV1	HRV1	HRV2	HRV1
Mode	XS	XS	XS	XS	XS
K-J	641-330	641-329	6413-328	642-328	641-331
Date	27/03/86	27/03/86	27/03/86	27/03/86	29/07/89
Heure(UTC)	15h37'	15h37'	15h37'	15h36'	15h33'11
Azimut (Sol)	107,7°	108,9°	110,0°	110,5°	64,4°
Élév (Sol)	66,1°	66,0°	65,9°	66,4°	64,5°
Incidence	D 2,3°	D 2,3°	D 2,3°	D 2,3°	D 10,2°
Orientation	8,8°	8,8°	8,8°	8,9°	8,4°

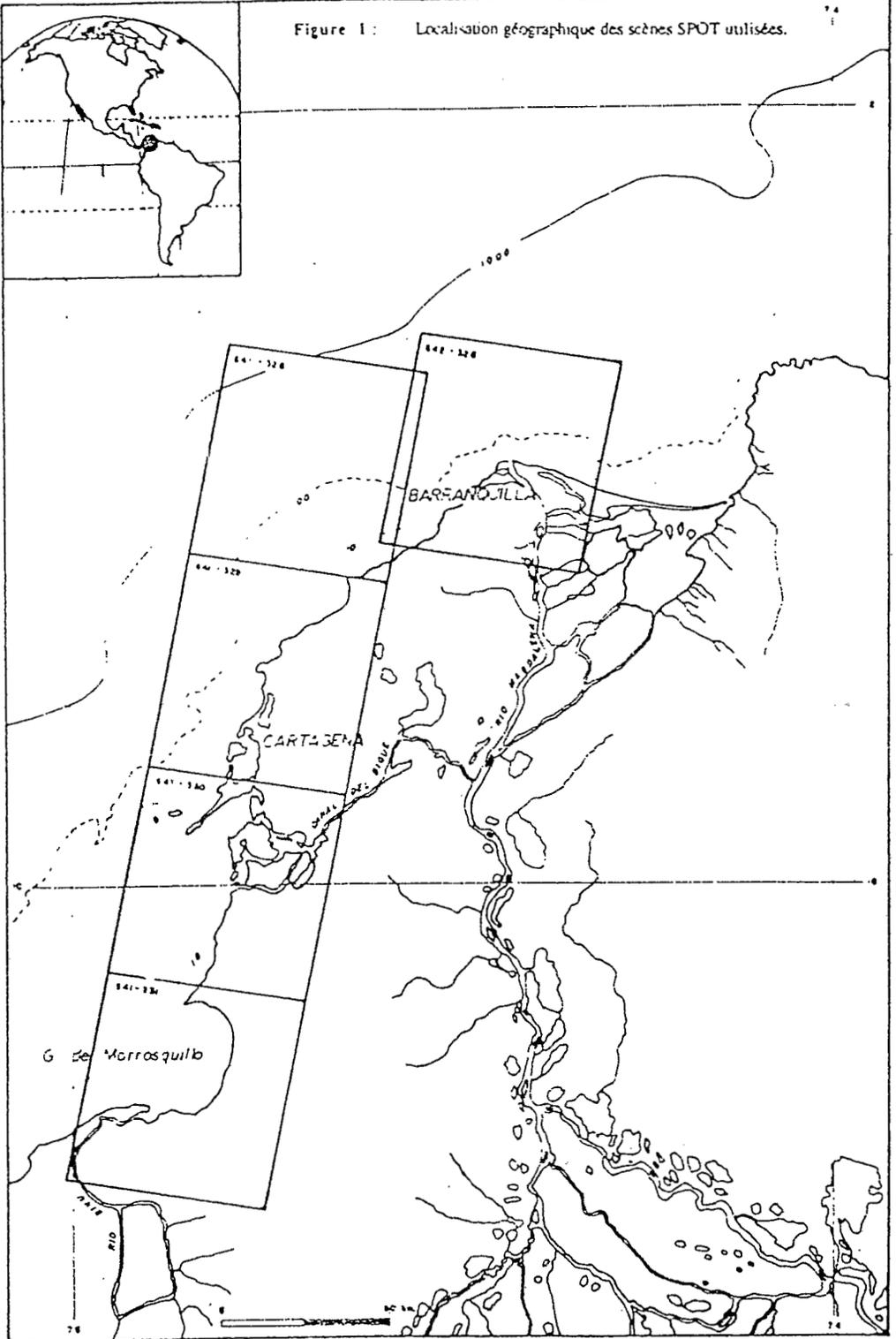
Tableau 2 (a) : Datation de faciès littoraux et de récifs fossiles sur le littoral caraïbe de colombie (d'après Vernet, 1989).

Lieu	Echantillon	Côte	Age (B.P.)
Tierra Bomba	Sable coquillier	+0,5	3.690 ± 160
Manzanillo	Falun	+0,5	1.450 ± 130
Cartagena	Corail(platier)	+0,7	2.470 ± 120
Isla Teroso	Corail(platier)	+1,0	2.780 ± 120
Cienaga Honda	Corail(terrasse)	+1,0	2.700 ± 90
Playa Linda	Corail(terrasse)	+1,5	1.930 ± 120
Tierra Bomba	Corail(terrasse)	+2,0	3.200 ± 200
Tierra Bomba	Corail(plaquage)	+2,5	2.800 ± 200

Tableau 2 (b) : Datation des sites du Formatif Ancien colombien (d'après Legros, 1991).

Site	Phase	Age(B.P.)
Monsu	Monsu	5.300 ± 80
Puerto Chacho	Occupation media	5.220 ± 90
Puerto Hormiga	Puerto Hormiga	5.040 ± 90
Puerto Hormiga	Puerto Hormiga	4.970 ± 70
Puerto Hormiga	Puerto Hormiga	4.875 ± 170
Puerto Hormiga	Puerto Hormiga	4.820 ± 100
Monsu	Pangola	4.200 ± 80
Guajaro	Rotinet	4.190 ± 120
Monsu	Barlovento	4.175 ± ?
Canapote	Canapote tardio	3.915 ± 100
Canapote	Tesca temprano	3.730 ± 120
Barlovento	Barlovento medio	3.510 ± 100
Barlovento	Barlovento medio	3.470 ± 120
Monsu	Barlovento	3.079 ± 60
Monsu	Barlovento	3.230 ± 90
Barlovento	Barlovento tardio	3.140 ± 120
Barlovento	Barlovento tardio	2.980 ± 120

Figure 1: Localisation géographique des scènes SPOT utilisées.



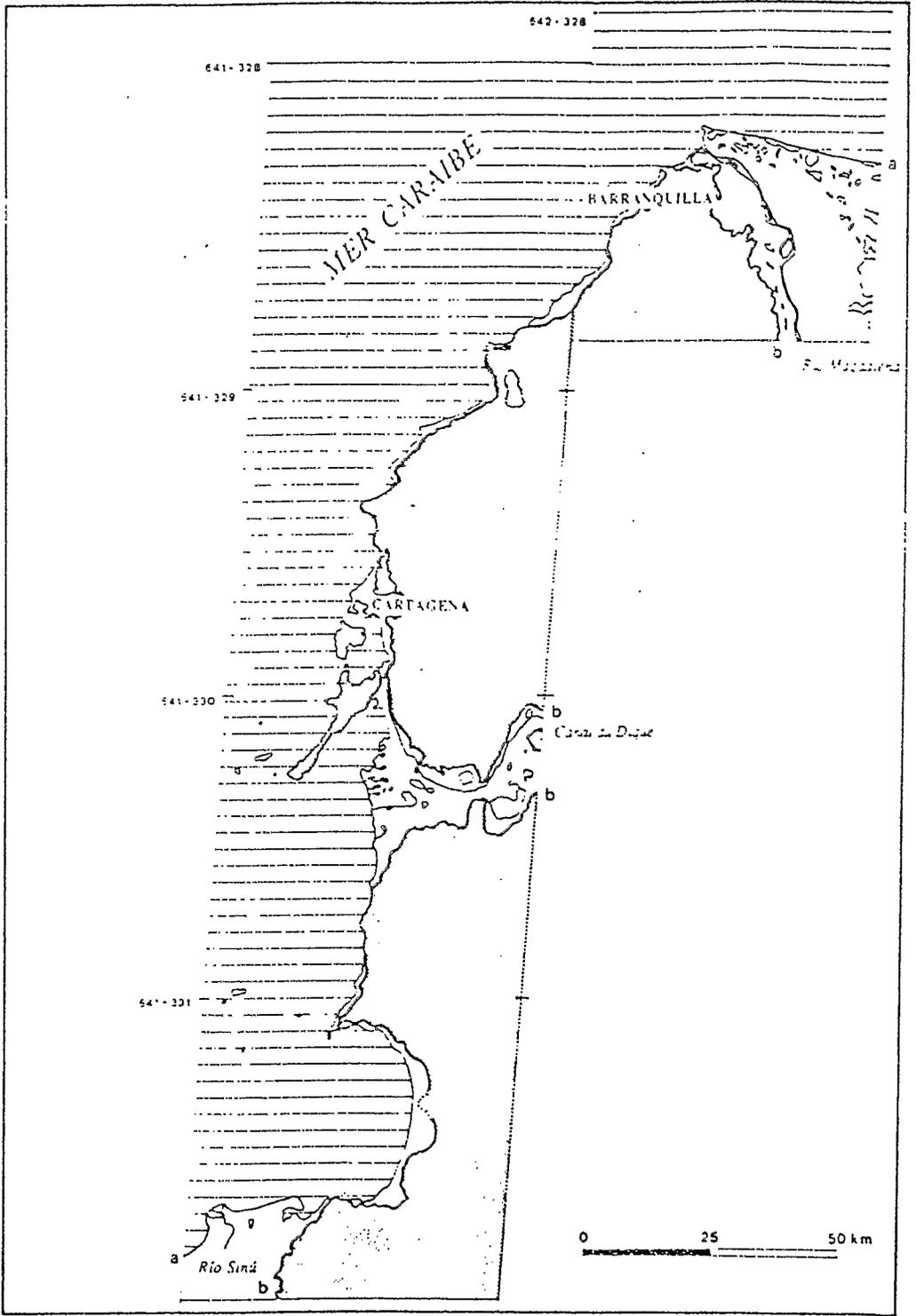


Figure 2 : Trait de côte actuel [a] et du paléonive au maximum transgressif holocène [b] entre les deltas des fleuves Sinú et Magdalena.

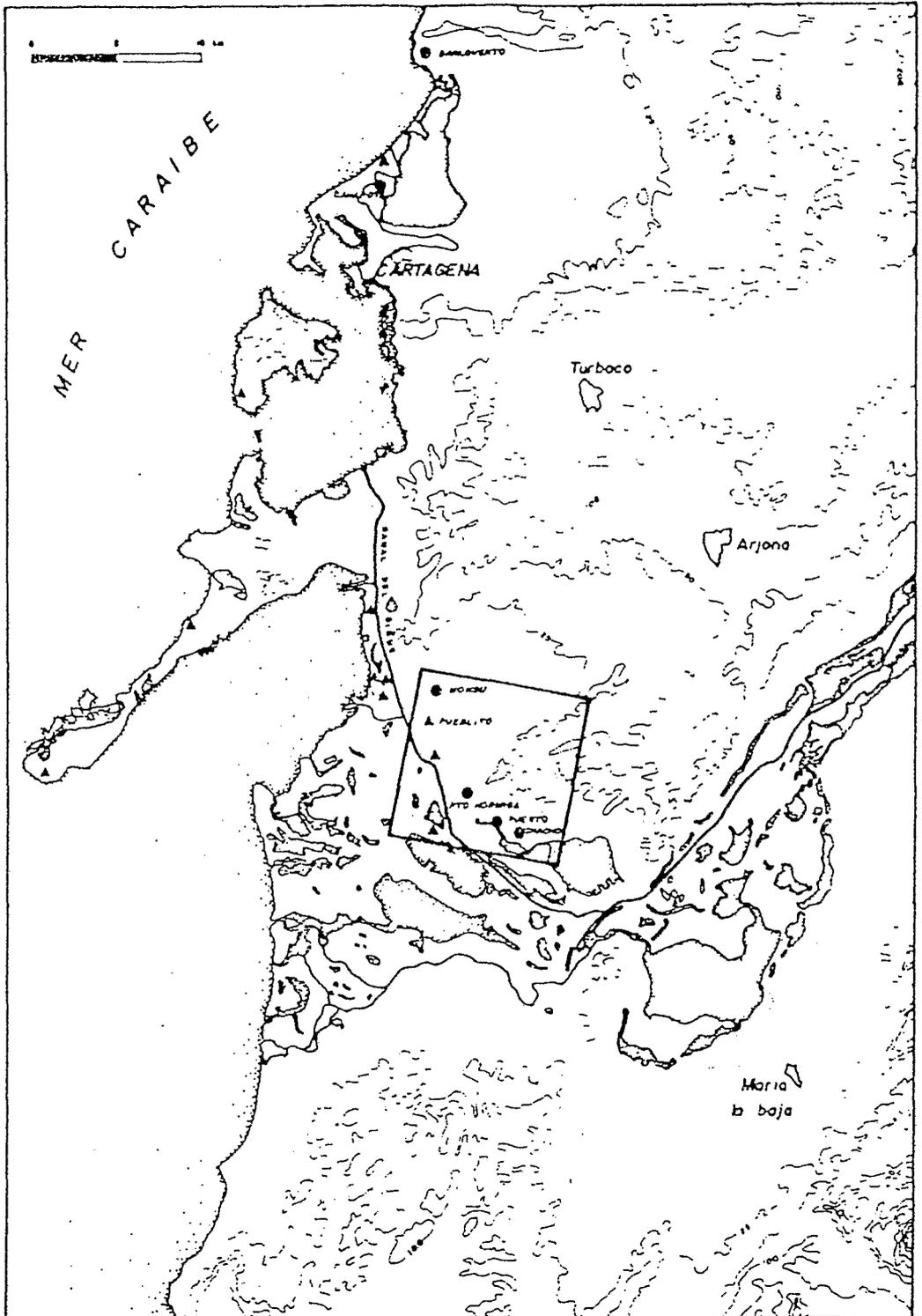


Figure 3 Localisation géographique de la zone test du delta du Dique avec incrustation des sites archéologiques sub-actuels [▲] et formatifs [●].

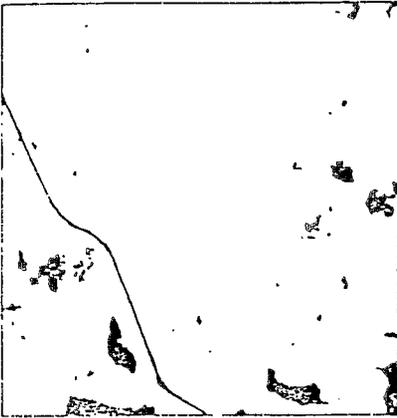


Image 1



Image 2



Image 3

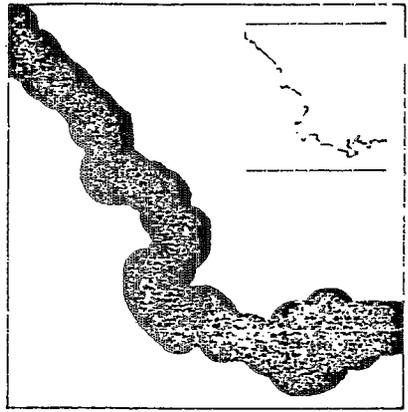


Image 4



Image 5

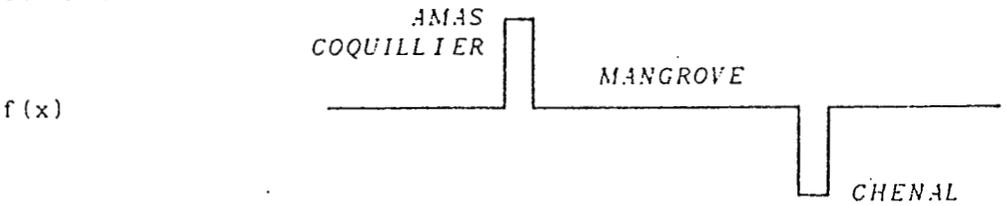
- Image 1 - Domaine aquatique actuel
- Image 2 - Domaine aquatique au maximum transgressif holocène
- Image 3 - Domaine continental postérieur au maximum transgressif holocène
- Image 4 - Ruban de Mankovski
- Image 5 - Domaine littoral au maximum transgressif holocène

0 5 10 km

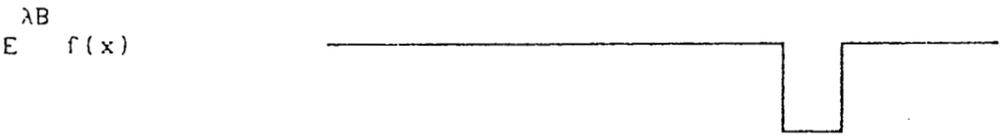
Figure 4 : Présentation des diverses étapes de la procédure d'extraction des aires de prospection.

Figure 5 : Présentation des diverses étapes de la procédure d'extraction des sites qui correspondent aux critères morphologiques retenus pour les zones de prospections actuelle et ancienne dans le secteur concerné du canal du Dique

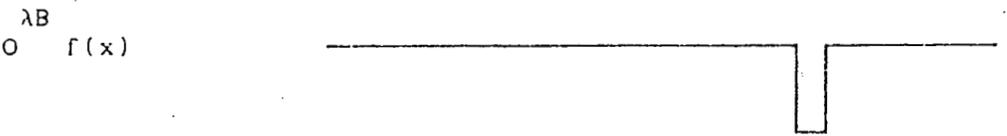
1.- PAYSAGE :



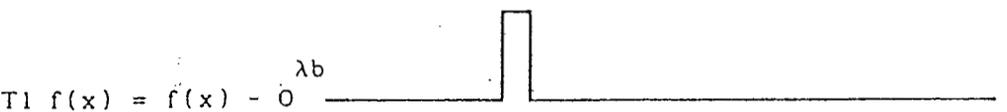
2.- EROSION :



3.- OUVERTURE :



4.- TRANSFORMATION T1 :



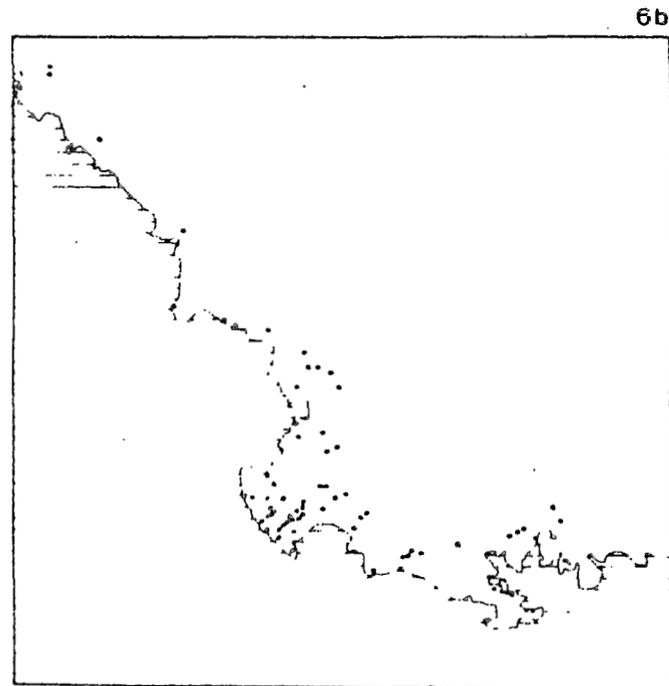
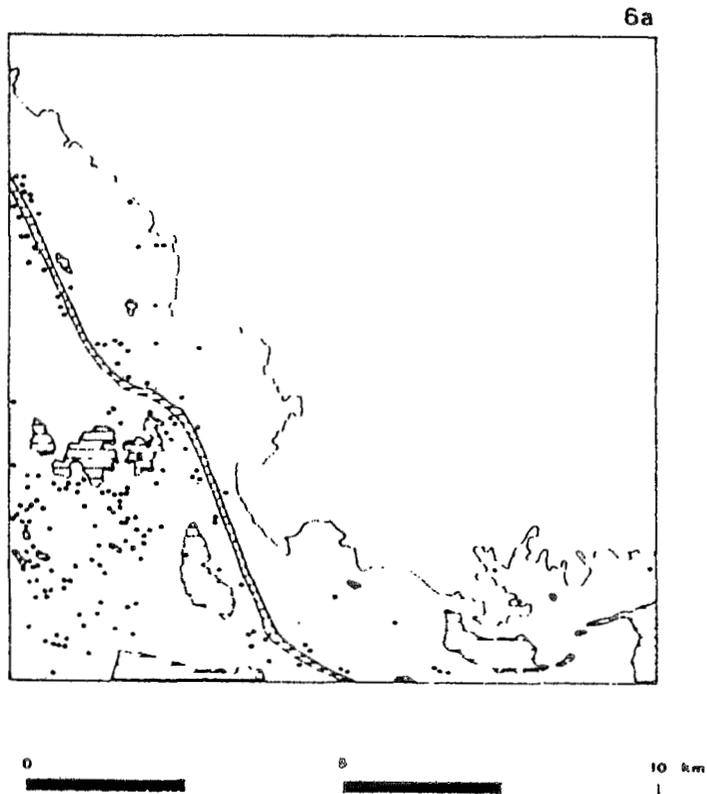


Figure 6 - Localisation des sites correspondant aux critères morphologiques retenus pour les aires de prospections actuelle (6a) et ancienne (6b) dans le secteur concerné du canal du Dique