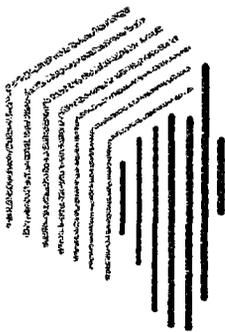




Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications



DOCUMENT PUBLIC



OFFICE DE
L'ENVIRONNEMENT
DE LA CORSE

*Littoral oriental corse :
Evolution du trait de côte de 1948 à 1996
de l'embouchure de l'Alesani
(Comm. de San Giuliano)
à l'embouchure du Fium'Orbu (Ghisonaccia)*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 95 E 102

Avril 1996
R 38922



Mots-clés : Corse, Plaine Orientale, Littoral, Evolution, Trait de côte, Erosion, Alésani, Tavnano, Fium'Orbu, Cartographie

Synthèse

Cette étude se proposait d'atteindre trois objectifs :

- actualiser la connaissance de l'évolution du trait de côte du littoral oriental corse entre les embouchures de l'Alésani, au nord, et du Fium'Orbu, au sud ;
- fournir un état de référence de la situation du trait de côte à l'embouchure du Fium'Orbu, antérieure à la construction du barrage de Sampolo ;
- rechercher d'éventuelles incidences sur le littoral (érosion des plages) de la construction en 1992 du barrage sur le Fium'Orbu (Sampolo).

La méthode utilisée pour cartographier l'évolution du trait de côte (érosion ou engraissement) repose sur l'utilisation d'anciennes cartes (1948 et 1962) et de photographies aériennes de l'IGN. Compte tenu de l'absence de missions IGN depuis 1990, il convenait d'acquérir, par nos moyens propres, de la donnée actuelle sur tout le secteur étudié. La DDE de la Haute-Corse a proposé une intervention de survol du littoral avec prises de vues aériennes au 1:4800. Cette mission, qui devait permettre d'acquérir la situation du trait de côte la plus récente possible, a pu être réalisée en janvier 1996 et a couvert tout le littoral entre la limite des communes de Bastia-Furiani au nord, et l'étang d'Urbino au sud. L'embouchure du Fium'Orbu n'a malheureusement pas été couverte. Cette lacune a empêché d'atteindre l'un des trois objectifs de la présente étude, à savoir l'évaluation d'une éventuelle incidence du barrage sur le Fium'Orbu.

Toutes les données ont été traitées sous Système d'Information Géographique (SIG).

Concernant l'évolution du trait de côte, on peut conclure, que bien que certains secteurs présentent encore des situations critiques, la situation considérée sur la totalité des 35 km de côte analysés est globalement moins préoccupante qu'elle ne l'était dans les années 80 (évolution 1948-1981). Les secteurs sur lesquels une tendance d'érosion persiste ont été identifiés:

- secteur nord de l'embouchure de la Bravona
- secteur de l'embouchure du Tavignano (sur 1.5 km au nord et 2 km au sud)
- secteur nord du Grau de l'Etang d'Urbino (sur 2 km)

Le problème concernant l'évolution récente (1992-1996) du trait de côte dans le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu devra être réexaminé sur la base du document "état initial - 1990" obtenu lors de la présente étude et des évolutions géo-référencées sur 1962-1981-1990. Il est recommandé de réaliser une mission spécifique sur le secteur non couvert en janvier 1996, et de réaliser un levé photogrammétrique ou des orthophotos numériques de l'embouchure du Fium'Orbu.

Sommaire

Synthèse	1
Sommaire	2
1. Motivations et objectifs	4
2. Données utilisées	7
2.1. Les cartes IGN au 1:20000 et 1:25000.....	7
2.1.1. Les cartes IGN de 1953 au 1:20000.....	7
2.1.2. Les cartes IGN de 1966 au 1:25000.....	7
2.2. L'étude BRGM 1985	7
2.3. Les photographies aériennes IGN.....	8
2.4. La mission DDE - janvier 1996.....	8
2.5. La photogrammétrie sur l'embouchure du Fium'Orbu.....	9
2.6. Le fond topographique de référence	9
2.7. Les données climatiques 1961-95.....	10
2.7.1. Pluviométrie.....	10
2.7.2. Les vents.....	10
2.7.3. Eléments climatologiques.....	10
2.8. Les données hydrologiques 1961-95.....	11
3. Mise en forme et interprétation des données	16
3.1. Mise en forme des données : un support unique de référence au 1:10000	16
3.2. Interprétation des données.....	16
3.3. Report des informations photos sur le support unique de référence au 1:10000	17
3.4. Techniques de saisie de l'information cartographique (passage carte-SIG).....	18
3.5. Contrôle "qualité" sur la numérisation des cartes.....	18
3.5.1. Contrôle de l'incertitude sur le trait de côte introduite par la digitalisation.....	18
3.5.2. Contrôle de la digitalisation par superposition "numérique"	18
3.5.3. Contrôle de la digitalisation par superposition des documents sous table lumineuse.....	19

4. Méthodologie de traitement des données sous SIG	20
4.1. Incorporation et mise en forme.....	20
4.2. Traitement de l'information "évolution du trait de côte"	21
5. Interprétation des évolutions	24
5.1. Les amplitudes constatées 1948-1996 ou 1962-1996	24
5.2 Bilan global des surfaces de plage "gagnés ou perdus"	25
5.3. Littoral stable et faibles variations inter annuelles.	26
5.4. Les zones en recul sensible (érosion).....	27
5.5. Les zones en avancée sensible	27
5.6. Les secteurs des embouchures	28
5.7. Evolution de l'occupation des sols (bâti, zones humides, ...).....	29
6. Conclusion	30

Liste des Figures :

Figure 1 : Carte de situation	5
Figure 2 : Carte des isohyètes moyennes (1951-1980).....	12
Figure 3 : Carte des isohyètes moyens (1951-1980) des événements pluvieux du 31/10/93 0hTU au 2/11/93 6h TU.....	13
Figure 4 : Phases d'élaboration d'une information "trait de côte" manipulable	20
Figure 5 : Phases d'élaboration de l'information "modification du trait de côte"	22
Figure 6 : Représentation de la méthode utilisée pour l'estimation de l'avancée ou recul moyen du trait de côte	23

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Caractérisations générales des rivières du secteur étudié	14
Tableau 2 : Quelques caractérisations hydrogéologiques des rivières.....	14
Tableau 3 : Estimation de l'écoulement annuel moyen dans la Bravona et le Fium'Orbu ...	15
Tableau 4 : Estimation de l'incertitude de la position du trait de côte.....	18
Tableau 5 : Secteurs du littoral les plus évolutifs.....	25
Tableau 6 : Evolution, en surfaces, des plages de l'Alésani au Fium'Orbu	26

1. Motivations et objectifs

Cette étude a pour objectif d'actualiser la connaissance de l'évolution du littoral oriental corse entre les embouchures de l'Alésani, au nord, et du Fium'Orbu, au sud (figure 1, carte de situation), afin, entre autres, de rechercher d'éventuelles incidences de la construction en 1992 du barrage sur le Fium'Orbu sur l'évolution du littoral.

L'étude menée en 1985 par le BRGM ⁽¹⁾, retenait notamment trois secteurs, correspondants aux embouchures de l'Alesani (au nord), du Tavignano et du Fium'Orbu, sur lesquels des évolutions avaient pu être mises en évidence. Le recul du trait de côte constaté entre 1948 et 1981 était de l'ordre de :

- 10 à 30 m maximum dans le secteur de l'Alésani,
- 100 m au nord immédiat de l'embouchure du Tavignano (disparition d'une accumulation sédimentaire sur près de 500m de longueur),
- 30 m maximum de recul au nord de l'embouchure du Fium'Orbu (recul généralisé sur près de 1200 m de linéaire côtier).

Ce recul avait été en partie attribué à la diminution des apports fluviaux à la suite de la construction du barrage sur l'Alésani (1969) et aux extractions "sauvages" de matériaux dans le lit mineur des rivières Alésani, Tavignano et Fium'Orbu. L'auteur du rapport avait recommandé un suivi régulier de l'évolution future de ces zones littorales.

Nous rappellerons que la construction d'un barrage sur une rivière conduit au piégeage de sédiments dans le réservoir. A l'aval de celui-ci, un déficit en sédiments est enregistré, partiellement compensé par la reprise dans le lit du cours d'eau (érosion) du matériau alluvionnaire. Le régime hydrologique (étiages, crues) ayant été perturbé, la capacité de transport solide diminue : la rivière amène à la mer moins de sédiments que par le passé. Ces apports peuvent être insuffisants face aux actions marines (houles, courants, vents) qui retirent au système littoral plus qu'il n'y en arrive : une érosion chronique s'installe jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre s'établisse.

Entre les deux secteurs extrêmes (Alésani et Fium'Orbu) certaines zones présentaient une tendance à l'engraissement (embouchure de l'Alistro, secteur Corsicana-Baghera) et d'autres une tendance à l'érosion (embouchure de la Bravona, graus des Etangs de Diana et de Terrenzana).

Dix ans après la remise du rapport, qui constituait à l'époque une première, en Corse, par l'extension du domaine étudié (Bastia-Solenzara). Il devenait urgent d'actualiser la base de connaissance. Les données les "plus récentes" exploitées à l'époque étaient celles de 1981 et l'éventuel impact de la construction du barrage sur le Fium'Orbu devait pouvoir être perceptible aujourd'hui.

¹"Littoral oriental San Pelegrino - Solenzara et bassins versants associés. Dynamique sédimentaire littorale et détermination des zones sensibles à l'érosion". Rapport n° 85 SGN 268 CSC par R.E. QUELENNEC

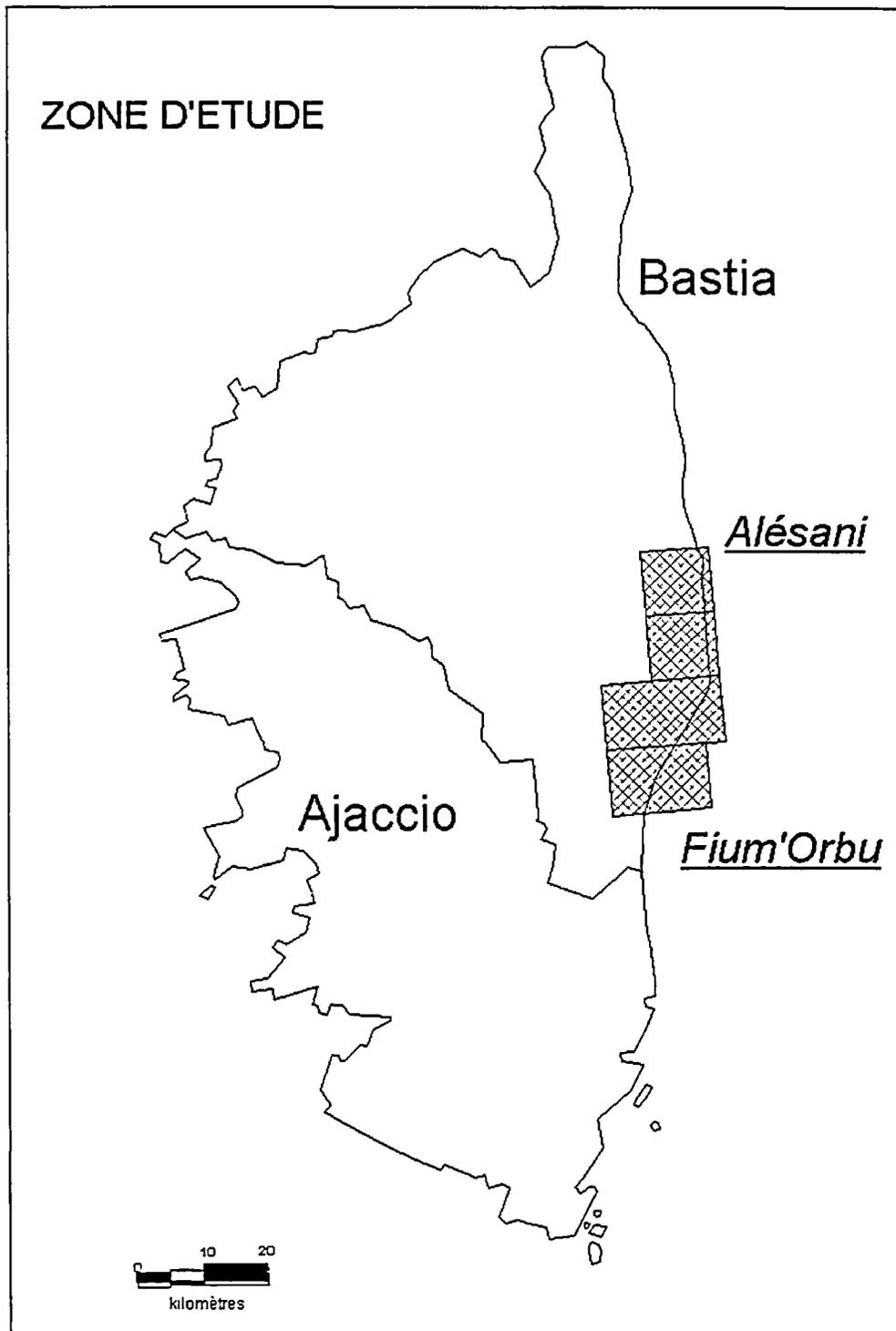


Figure 1 : Carte de situation

Nota : les zones hachurées correspondent à la couverture cartographique IGN 1:25000, et limitent le secteur étudié (trait de côte)

Lors du montage de la proposition d'étude, les renseignements pris auprès de l'IGN, nous assuraient d'une couverture aérienne réalisée vers la mi-95. Or, en phase de réalisation, il s'est avéré que la mission IGN était dorénavant prévue sur 1996. Par conséquent, compte tenu de l'absence d'une couverture en photographies aériennes récentes de l'IGN (la dernière mission remonte à 1990), il convenait d'acquérir, par nos moyens propres, de la donnée actuelle sur tout le secteur étudié.

La DDE de la Haute-Corse a proposé une intervention de survol du littoral au cours duquel, moyennant une technique éprouvée (plan de vol, équipement photographique, système de prise de vues), des photographies aériennes au 1:10000 seraient prises. Cette mission qui devait permettre d'acquérir la situation du trait de côte la plus récente possible, a pu être réalisée en Janvier 1996. La mission a finalement conduit à une couverture au 1:4800 de tout le littoral entre la limite des communes de Bastia-Furiani (2) au nord, et l'étang d'Urbino (3) au sud. Le travail effectué, d'une très bonne qualité photographique, ne couvre malheureusement pas toute la zone étudiée. Le secteur situé entre le grau de l'étang d'Urbino et l'embouchure du Fium'Orbu n'a pas été couvert.

Quoiqu'il en soit, l'actualisation des connaissances sur le secteur littoral allant de l'embouchure de l'Alesani à l'embouchure du Fium'Orbu (approx. 35 km de long) a pu être réalisée.

L'intégration de la dernière mission aérienne IGN disponible (1990 au 1:25000) permet de dresser l'état des tendances d'évolution au cours des 15 dernières années sur la totalité du secteur étudié, de l'embouchure de l'Alésani à l'embouchure du Fium'Orbu. La nouvelle couverture fournie par la DDE-Haute Corse (1996 au 1:4800) actualise à ce jour la connaissance de l'évolution du littoral compris entre l'embouchure de l'Alésani et l'Etang d'Urbino. Enfin, un travail spécifique produit sur l'embouchure du Fium'Orbu met à disposition un état initial de l'embouchure du Fium'Orbu, à une échelle du 1:5000, 2 ans avant la construction des barrages sur le Fium'Orbu (1992).

² coordonnées km Lambert IV : X=582.500 Y=4265.500

³ coordonnées km Lambert IV : X=541.500 Y=4196.500

2. Données utilisées

2.1. LES CARTES IGN AU 1:20000 ET 1:25000

D'anciennes éditions des cartes à grande échelle produites par l'IGN ont été utilisées. Il s'agit des premiers jeux de carte dressés au lendemain de la dernière guerre pour la couverture systématique du territoire national. Prévue initialement au 1:20000, la couverture s'est généralisée par la suite au 1:25000. Ces cartes constituent des états initiaux de référence du littoral en 1948 sur la partie nord (cartes IGN 4351) et en 1962 sur la partie sud (cartes IGN 4352).

2.1.1. Les cartes IGN de 1953 au 1:20000

Sur la Corse, quelques cartes ont été levées au 1:20000. Les cartes IGN 4351 feuilles Pietradi-Verde n°2 et n°6 couvrent la moitié nord du secteur étudié. Ces feuilles ont été publiées en 1953. Elles ont été produites sur la base des levés stéréotopographiques aériens, mission de 1948 au 1:25000, complétés sur le terrain en 1951.

2.1.2. Les cartes IGN de 1966 au 1:25000

Pour la partie sud du secteur étudié, les cartes 4352 feuilles de Ghisonaccia n°1-2 et 5-6, ont été publiées pour la première fois en 1966, sur la base des levés stéréotopographiques aériens, mission de 1962 au 1:25000, complétés sur le terrain en 1964.

2.2. L'ETUDE BRGM 1985

L'étude réalisée en 1985 pour le compte du Conseil Général de la Haute-Corse, présentait et analysait l'évolution du littoral de Bastia à Solenzara entre 1948 et 1981. L'information "évolution du trait de côte" résidait dans la comparaison de photographies aériennes IGN de 1948 et de 1981. Le document comporte une série de planches hors texte qui se présentent sous forme de reproduction de photographies aériennes IGN (mission 1981 au 1:15000) agrandies au 1:10000, portant d'une part le trait de côte de 1981 (interprétation directe sur le support), et d'autre part le trait de côte 1948. Ce dernier a été extrait par l'auteur des photographies originales de 1948 et reporté sur le fond photographique agrandi de 1981. Comme il sera vu dans la suite, il semblerait qu'une forte incertitude entache la position du trait de 1948 : il est difficile de reporter une information "photo" 48 sur un support "photo" 1981. Les problèmes proviennent à la fois de la différence d'échelle des photographies (1:25000 pour 1948 et 1:15000 pour 1981) et des distorsions géométriques des photographies.

2.3. LES PHOTOGRAPHIES AERIENNES IGN

Les missions de 1948 et 1981 ont été utilisées de façon indirecte, en ayant recours aux documents contenus dans l'étude BRGM de 1985 (voir 2.2). Le travail a donc été conduit sur ces documents d'origine (planches hors texte du rapport d'étude, voir 2.2) à l'échelle papier 1:10000.

La mission de 1962 (secteur Urbino/Ghisonaccia) a servi de base à l'édition des cartes IGN 4352 feuille 1-2 et feuille 5-6 (1:25000). L'information photographique "situation 1962" a donc été utilisée indirectement par analyse de ces cartes issues de la photo-interprétation.

La mission de 1990 au 1:25000 a été utilisée sur la totalité du secteur littoral étudié. Les photographies ont été agrandies au 1:10000 sur un support papier format A1.

1948

Mission au 1:25000 en Juillet 1948

1962

Mission au 1:25000 en Juin 1962 (du 13/06 au 21/06)

1981

Mission F 81-150-9178 au 1:15000 en Juillet/Août 1981

photos 49,51 le 31/07/1981 de 13:59 à 14:08

photos 58,60,62 le 31/07/1981 de 14:14 à 14:18

photos 89,91 le 31/07/1981 de 14:24 à 14:29

photo 99 le 31/07/1981 à 14:35

photos 169,171,173,175,177,179 le 02/08/1981 de 15:11 à 15h14

1990

Mission 1990-FD-2B-250 au 1:25000 en Juin/Juillet 1990

photo 352 le 27/06/1990 à 10:29

photos 368,370 le 27/06/1990 à 10:43

photos 428 à 441 le 27/06/1990 de 10:06 à 11:16

Les missions aériennes ont toutes été réalisées entre fin juin et début août, et représentent un trait de côte en situation estivale.

2.4. LA MISSION DDE - JANVIER 1996

La couverture en photographies aériennes récentes a été offerte par la DDE de Haute-Corse. Cette couverture a été réalisée au 1:4800. Les photographies ont été tirées sur papier 10x15. Le document remis par la DDE au BRGM consiste en une photo-montage sur planches couvrant chacune d'elles entre 2.5 et 3 km de long sur près de 700 m de large.

2.5. LA PHOTOGRAMMETRIE SUR L'EMBOUCHURE DU FIUM'ORBU

Un travail spécifique sur l'embouchure du Fium'Orbu a été commandé à l'IGN pour la réalisation d'un levé photogrammétrique du trait de côte à partir de la mission de 1990. Le secteur traité couvre le littoral sur 5 km de long et 300 à 500 m de large. La laisse de haute mer est prise par définition égale au trait de côte. Les courbes de niveau ont également été déterminées : courbes de 0 à 9 m NGF, espacées tous les mètres. Les objets cartographiques caractéristiques ont été représentés : chemins, routes, bâtiments, ponts, passerelles, limites d'étangs, talus, cours d'eau ou thalwegs. Une sortie papier au 1:5000 a été livrée (planche 1 hors texte).

Ce travail avait pour objectif d'établir un état initial récent (1990), complet et fiable de l'embouchure du Fium'Orbu avant l'entrée en service des barrages sur la rivière (1992). Par ailleurs, il devait également servir à la validation de la technique d'interprétation visuelle des photographies aériennes et de report sur support unique au 1:10000, que le BRGM se proposait d'adopter sur la totalité du secteur étudié "Alésani-Fium'Orbu" (voir 3).

2.6. LE FOND TOPOGRAPHIQUE DE REFERENCE

Le fond topographique de référence, sur lequel seront reportées toutes les situations du trait de côte, a été obtenu auprès de l'IGN. La prestation fournie par l'IGN consistait à agrandir à une échelle 1:10000, après assemblage, la partie des cartes 4351, 4352 et 4253 (IGN 1:25000) couvrant le secteur littoral sur une largeur de 5 km (4/5 coté terre, 1/5 coté mer). Les cartes utilisées correspondent aux dernières éditions de la série dite TOP25 :

- carte 4351 OT (Cervione), publiée en 1990, réalisée d'après les levés photogrammétriques complétés sur le terrain en 1951-1964. Révision de 1987.
- carte 4352 OT (Aléria-Ghisonaccia), publiée en 1990, réalisée d'après les levés photogrammétriques complétés sur le terrain en 1951-1964. Révision de 1987.
- carte 4253 OT (Aiguilles de Bavella-Solenzara), publiée en 1989, réalisée d'après les levés photogrammétriques complétés sur le terrain de 1964 à 1976. Révision de 1987.

La livraison était constituée de 4 films (film support stable.....), qui reprennent l'ancien découpage régulier des cartes 1:25000 (série bleue) défini en nord-sud par les latitudes exprimées en grades : 47.0 gr, 46.9 gr, 46.8 gr, 46.7 gr et 46.6 gr. L'échelle du document livré est le 1:10000. Mis bout à bout, le document à une longueur totale de 4.60 mètres.

Bien que les cartes aient été rééditées récemment, avec une dernière révision en 1987, la "révision" du trait de côte n'est pas systématique. Certains tronçons, sur lesquels des aménagements (infrastructures, bâtiments, ...) sont apparus, bénéficient parfois d'une actualisation du trait de côte, souvent locale. Le linéaire "trait de côte" est, en somme, constitué d'une succession de traits ajustés les uns aux autres provenant de différentes missions aériennes. Un exemple en est donné dans le secteur du grau de l'étang de Diana : la flèche littorale est représentée à l'identique (à l'exception de la petite digue sur le grau) de celle figurant sur la carte de 1953.

2.7. LES DONNEES CLIMATIQUES 1961-95

Des données météorologiques ont été obtenues auprès de Météo-France/Bastia-Lucciana. Ces données doivent permettre de situer les évolutions du trait de côte dans le contexte climatique de l'époque. Selon les stations météorologiques, la période couverte par les observations est variable. Lorsque cela a été possible, la période analysée va de 1961 à 1995.

2.7.1. Pluviométrie

Les stations suivantes ont été renseignées, du nord au sud :

- Bastia-Poretta aéroport (littoral, au nord du secteur étudié) de 1950 à 1995
- La Porta (haut bassin du Fium'Alto et de l'Alésani) de 1977 à 1995
- Corte (haut bassin du Tavignano) de 1977 à 1995
- San Giuliano-Alistro (phare, littoral Alésani-Bravona) de 1991 à 1995
- Venaco (haut bassin du Tavignano) de 1961 à 1995
- Aléria (littoral, embouchure du Tavignano) de 1961 à 1995
- Ghisoni (haut bassin du Fium'Orbu) de 1961 à 1995
- Ventiseri-Solenzara (littoral, au sud du secteur étudié) de 1961 à 1995.

2.7.2. Les vents

Les stations suivantes ont été renseignées, du nord au sud :

- Bastia-Poretta aéroport de 1962 à 1995
- San Giuliano-Alistro de 1990 à 1995
- Ventiseri-Solenzara de 1962 à 1995.

2.7.3. Eléments climatologiques

La figure 2 donne la répartition moyenne pluviométrique annuelle sur la Corse (isohyètes moyennes 1951-1980). Sur le secteur étudié (Bassins de l'Alésani, Bravona, Tavignano et Fium'Orbu), on observe que les parties hautes des bassins du Tavignano sont fortement arrosées (jusqu'à plus de 2000 mm par an), que la quasi totalité des bassins de l'Alésani et de la Bravona reçoivent entre 1000 et 2000 mm/an et que le bassin du Fium'Orbu est moins arrosé (entre 800 et 1500 mm/an). La période 1961 à 1995 a connu quelques gros événements pluvieux (précipitations en 24 heures de 06h à 06h le lendemain) :

- 280 mm le 25/10/1976 à Venaco
- 380 mm le 25/10/1976 à Ghisoni
- 197 mm le 24/04/1982 à La Porta
- 281 mm le 01/09/1989 à Ghisoni
- 200 mm le 15/12/1995 à Ghisoni

On peut citer également l'événement pluvieux de la Toussaints 1993, au cours duquel de graves inondations se sont produites sur la rivière Solenzara. Cet événement n'a pas épargné le secteur étudié. Les précipitations totales sur les deux journées du 31/10 et 1/11/1993 (de 6h à 6h) ont été :

- 310 mm à La Porta,
- 257 mm à Venaco,
- 387 mm à Ghisoni.

Les bassins de l'Alésani, le Tavignano et le Fium'Orbu ont donc été particulièrement arrosé à la Toussaints 1993, quoique plus faiblement que la Solenzara (figure 3) : carte isohyète in Loye-pilot et Pasquier).

2.8. LES DONNEES HYDROLOGIQUES 1961-95

Les données et informations ont été recueillies auprès de la DIREN-Corse ou extraites de la Banque HYDRO (Ministère de l'Environnement).

Quatre rivières principales débouchent sur le littoral étudié. Au sud, l'Abatesco peut également contribuer à la dynamique littorale sur le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu. Les caractéristiques de ces rivières sont données en Tableau 1. Les débits de ces rivières sont connus au travers de stations hydrométriques gérées par le SEMA Corse (DIREN). Des caractéristiques hydrologiques sont fournies en Tableau 2.

La station de Pietra di Verde, sur la rivière Alésani, a été arrêtée à la fin de 1980 (plus de données à partir d'octobre 1980). Aucune autre station n'existe sur l'Alésani.

La station de Pont de Bravone, sur la Bravona, a été déplacée vers l'amont au Moulin de Granaciu. Les données disponibles aux deux stations sont équivalentes.

La station d'Antisanti, sur le Tavignano, a été arrêtée définitivement en fin d'année 1988. Il n'existe plus depuis cette date aucune station de mesure des débits sur cette rivière. La station de Ghisoni a été déplacée à proximité, à Sampolo, suite à la construction du barrage sur le Fium'Orbu (barrage de Sampolo) situé à l'amont du défilé de l'Inzecca. Ces deux stations contrôlent pratiquement le même bassin.

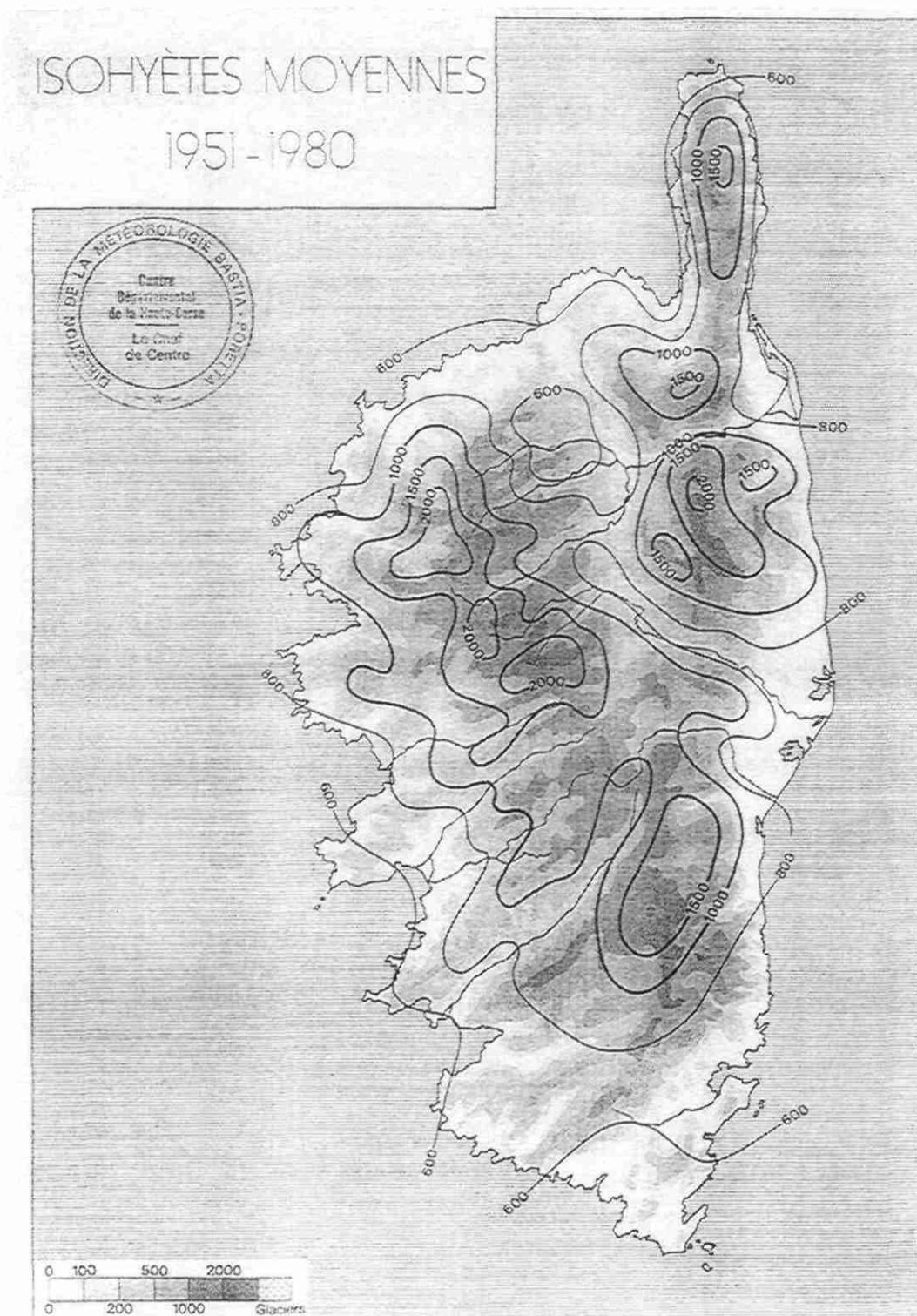


Figure 2 : Carte des isohyètes moyennes (1951-1980)

Source METEO-FRANCE

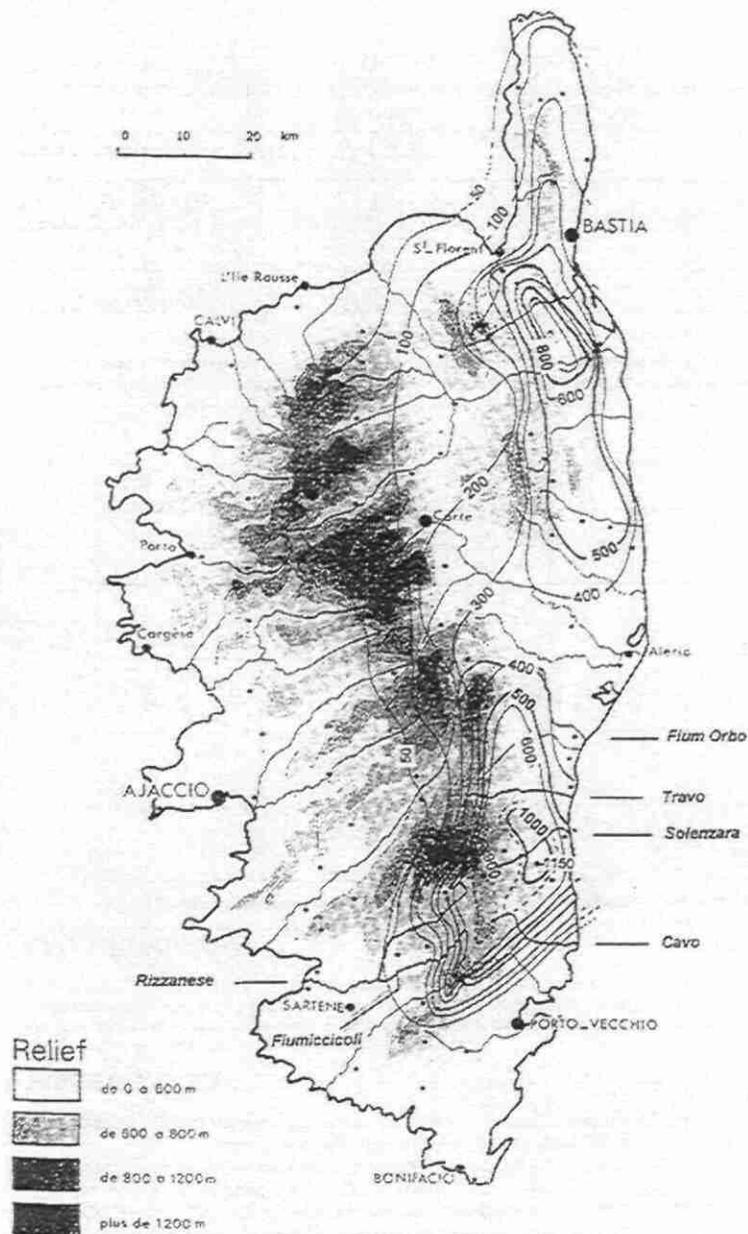


Fig.4 : Carte isohyète de l'évènement pluvieux sur la Corse du 31 oct.0h TU au 2 nov.1993 6h TU

**Figure 3 : Carte des isohyètes moyennes (1951-1980)
de l'évènement pluvieux du 31/10/93 0h TU au 2/11/93 6h TU**

(in Loyer-pilot et Pasquier "crues et inondations" - 23èmes journées de l'hydraulique. Congrès SHF. Nîmes, 1994).

rivière	superficie du bassin versant (km ²)	longueur (km)	point culminant du bassin versant (m)
Alésani	87	21	1724
Bravona	100	30	1731
Tavignano	773	80	2622
Fium'Orbu	261	48	2352
Abatesco	89	22	1981

Tableau 1 : Caractéristiques générales des rivières du secteur étudié.

rivière	station hydrométrique	surface contrôlée (km ²)	période de mesures ⁽⁴⁾	écoulement annuel moyen (mm)	débit journalier maximum observé (m ³ /s)
Alésani	Pietra di Verde	44.2	1968-1980	709	34.7
Bravona	Pont de Bravone	66.7	1961-1978	476	117.0
Bravona	Moulin de Granaciu	65.8	1982-1995	236	57.0
Tavignano	Antisanti	566.0	1961-1988	773	1640.0
Fium'Orbu	Ghisoni	114.0	1961-1992	1022	117.0
Fium'Orbu	Sampolo	113.0	1993-1995	⁽⁵⁾	200.0

Tableau 2 : Quelques caractéristiques hydrologiques des rivières

⁴ période considérée après 1961

⁵ durée de la période insuffisante pour le calcul d'une moyenne interannuelle

Si l'on considère deux périodes, la première de 1961 à 1981 et la deuxième de 1982 à 1995, avec pour années charnières 81/82 correspondantes à la date des prises de photographies aériennes de juillet/août 1981, nous pouvons calculer sur la rivière Fium'Orbu, les écoulements moyens annuels sur chacune des périodes; les deux stations (Ghisoni et Sampolo) contrôlant pratiquement le même bassin. Sur la rivière Bravona, compte tenu de l'interruption de données entre 1979 et 1981, nous ferons l'approximation que l'écoulement moyen annuel disponible sur la période 1961-1978 peut être considéré caractéristique de la période 1961-1981. A superficie contrôlée semblable, les données à la station de Pont sur Bravone et à celle de Moulin de Granaciu sont comparables.

Le tableau 3, ci-dessous, présente les résultats des estimations des écoulements annuels moyens sur les périodes 1961-81 et 1982-95. La période 1982-95 a présenté une hydraulicité plus faible que la période 1961-81.

rivière	surface contrôlée (km ²)	période	estimation de l'écoulement annuel moyen (mm)
Bravona	66.7	1961-1981	476
Bravona	65.8	1982-1995	236
Fium'Orbu	114.0	1961-1981	1150
Fium'Orbu	113.0	1981-1995	860

Tableau 3 : Estimation de l'écoulement annuel moyen dans la Bravona et le Fium'Orbu

3. Mise en forme et interprétation des données

Les documents d'observation de la terre disponibles sur le territoire français, à intervalle régulier, depuis 1945, correspondent aux photographies aériennes de l'IGN dont l'échelle moyenne est généralement comprise entre le 1:15 000 et le 1:30 000.

Le suivi de phénomènes tels que l'évolution locale du trait de côte rend indispensable le choix d'un référentiel cartographique unique le plus précis possible sur lequel toutes les données disponibles seront reportées, avant comparaison. Dans le cadre de cette étude, le référentiel choisi correspond au fond topographique régulier de l'IGN, disponible à l'échelle du 1:25 000 et agrandi à l'échelle du 1:10 000. Le degré de résolution ainsi obtenu est compatible avec la précision recherchée quant au suivi du trait de côte.

3.1. MISE EN FORME DES DONNEES : UN SUPPORT UNIQUE DE REFERENCE AU 1:10000

Les documents photographiques utilisés pour l'étude et correspondant aux années suivantes :

- 1948-1981, planches au 1:10000 tirées du rapport BRGM de 1985 (6),
- 1990, photographies IGN d'origine au 1:25000,
- et 1996 (photographies DDE au 1:4800),

ont été adaptés photographiquement (photocopieur laser), pour s'approcher au mieux de l'échelle du fond topographique de référence. Les échelles fournies ne sont qu'approximative du fait des distorsions liées aux optiques et au relief.

Les photographies de 1990 ont été agrandies et celles de 1996 ont été réduites pour obtenir une échelle du 1:10000.

3.2. INTERPRETATION DES DONNEES

Les documents photographiques au 1:10000 ont été interprétés visuellement. La limite estran-eau a été tracée au moyen d'une pointe fine avec une précision qui peut être estimée à un demi-millimètre sur le document, soit 5 mètres à l'échelle considérée. La limite considérée a une valeur instantanée à la date et heure de la prise de vue : la marée, le vent et la pression atmosphérique conditionnent la cote du plan d'eau.

A priori, la faible amplitude des marées en Méditerranée et la configuration même de l'estran (pente et rupture de pente au contact de l'eau) permet de minimiser l'importance de l'heure de la prise de vue et de la situation barométrique. On peut donc à priori négliger la largeur de l'estran soumise aux fluctuations du plan d'eau (marée, vent et pression atmosphérique).

⁶ "Littoral oriental San Pelegrino - Solenzara et bassins versants associés. Dynamique sédimentaire littorale et détermination des zones sensibles à l'érosion". Rapport n° 85 SGN 268 CSC par R.E. QUELENNEC

3.3. REPORT DES INFORMATIONS PHOTOS SUR LE SUPPORT UNIQUE DE REFERENCE AU 1:10000

Ce report constitue la partie la plus délicate de la collecte des données. Plusieurs facteurs viennent en effet perturber la validité du résultat final :

- les photographies aériennes, quelle qu'en soit leur origine (IGN, DDE), présentent des distorsions inhomogènes parfois importantes qui rend impossible leur superposition à un quelconque support géométriquement rectifié. Le report est alors réalisé par adaptation glissante progressive du fond topographique et des photographies, appuyée sur des points de repères communs aux deux documents,
- le fond topographique utilisé est le dernier en date, commercialisé par l'IGN. Il est bien évident que la présence de points de repère communs n'est maximum que pour les photos et les cartes les plus contemporaines. Les points sont ainsi peu nombreux pour les documents 1948-1981 et ont déjà changé pour les vues de 1996,
- les points d'amer les plus sûrs (intersection de routes ou habitations par exemple) sont rarement situés près de la côte. Les prendre en compte seuls, au delà d'une distance de 250-300m, devient problématique compte tenu des distorsions qui affectent les photographies. Des critères comme des limites de végétation ou des limites de parcelles ont donc été utilisés quand ils étaient proches de la côte, bien qu'ils soient plus sujets à caution.

L'évaluation de la précision du report fait qu'il paraît a priori vain de vouloir mettre en évidence, par cette méthode, des mouvements du trait de côte inférieurs à la *dizaine* de mètres. Toutefois un test de précision a pu être réalisé sur l'embouchure du Fium'Orbu où une restitution photogrammétrique de haute précision (1:5 000) a été réalisée par l'IGN avec les photographies de 1990 (voir 2.5). Ce test montre des décalages relativement faibles entre les deux tracés ce qui témoigne, au moins à cet endroit, d'une précision de l'ordre de 5 m. Ce résultat est encourageant mais ne doit pas faire oublier toute prudence dans l'interprétation des résultats en tout point de la côte.

Les éléments d'appréciation de la précision fournis l'IGN, sur le levé photogrammétrique du trait de côte à l'embouchure du Fium'Orbu sont les suivants, déterminée par l'écart moyen quadratique des points d'appui du levé :

- en X : 0.45 m
- en Y : 0.75 m
- en Z : 0.77 m
- écart spatial = 1.17 m

Pour une restitution finale au 1:5000 (1mm = 5 mètres), la précision obtenue ne semble pas satisfaisante si l'on retient les critères contraignants en matière de photogrammétrie. Toutefois, cette précision ne discrédite pas la valeur du document produit au moins en positionnement X,Y du trait de côte et constitue un très bon document cartographique de référence.

3.4. TECHNIQUES DE SAISIE DE L'INFORMATION CARTOGRAPHIQUE (PASSAGE CARTE-SIG).

L'information cartographique "trait de côte" a fait l'objet d'une numérisation par digitalisation sous Intergraph©. Le travail a été réalisé sous loupe pour s'assurer la meilleure précision possible sur le trait. L'erreur commise lors de la digitalisation peut être estimée à plus ou moins l'épaisseur du trait digitalisé (épaisseur 0.25 mm). Cette erreur conduit à une incertitude maximale sur la position du trait de côte, variable selon l'échelle du support digitalisé, qui a pu être estimée. Les résultats sont fournis ci-dessous (tableau 4) :

<i>incertitude (en mètres)</i>	<i>type de support digitalisé</i>
+/- 5 m	cartes 1:20000 (1951)
+/- 6.5 m	cartes 1:25000 (1964)
+/- 2.5 m	photos 1:10000 (1981, 1990 et 1996) reportées sur support stable au 1:10000

Tableau 4 : Estimation de l'incertitude de la position du trait de côte.

3.5. CONTROLE "QUALITE" SUR LA NUMERISATION DES CARTES

Afin de s'assurer de la validité de l'information numérisée par digitalisation, trois opérations ont été conduites.

3.5.1. Contrôle de l'incertitude sur le trait de côte introduite par la digitalisation

Sur l'équivalent de la moitié du littoral étudié (partie nord), la digitalisation a été réalisée deux fois afin de comparer les écarts qui pouvaient exister entre les deux passages et d'apprécier ainsi l'incertitude introduite par la digitalisation. Cette opération a été menée sur les cartes de 1951, au 1:20000, qui présentent l'inconvénient supplémentaire, par rapport aux autres supports d'être des photocopies noir et blanc au format A1, et donc d'une qualité moindre (finesse du trait de côte). L'incertitude théorique présentée ci-dessus (+/- 5m) a pu être confirmée. Les traits correspondant aux deux passages sont généralement entre 5 et 10 mètres-terrain l'un de l'autre, très rarement au dessus de 10m, et souvent à moins de 5m.

3.5.2. Contrôle de la digitalisation par superposition "numérique"

Quelques tronçons des cartes au 1:20000 et 1:25000 (les plus sensibles à des erreurs de digitalisation, compte tenu de l'échelle des documents) ont été numérisées par un scanner pour constituer une image numérique (fichier dit "raster"). Les images ainsi obtenues ont été géoréférencées sous MapInfo ©, par calage de l'image sur le quadrillage Lambert IV, avec une erreur moyenne quadratique très satisfaisante (inférieure au mètre). Ces images ont été posées, en fond, sous les fichiers "vecteurs" contenant les traits de côte. Un contrôle systématique à petite échelle (zoom et sorties graphiques) a permis de s'assurer de la

superposabilité des traits. Ce contrôle nous a permis de corriger, voire de reprendre la totalité d'une digitalisation.

3.5.3. Contrôle de la digitalisation par superposition des documents sous table lumineuse

De façon systématique, des épreuves des traits de côte digitalisés ont été tirées à l'échelle 1:10000 sur un papier-rouleau relativement stable. L'objectif était de superposer les documents originaux (support calque stable de référence au 1:10000, comportant les reports des différents traits de côte) et les sorties papier de contrôle au 1:10000. Pour faciliter la superposition, les croisillons du quadrillage Lambert IV ont été portés sur les épreuves de contrôle. Chaque trait (document original et épreuve de contrôle) a alors fait l'objet d'une observation minutieuse sous table lumineuse, afin de s'assurer que dans le pire des cas, les traits étaient distants (espace vide entre les deux traits) de moins de 0.2 mm (approximativement) soit de 2m en distance terrain.

4. Méthodologie de traitement des données sous SIG

4.1. INCORPORATION ET MISE EN FORME

Les traits de côte, correspondant à chaque date étudiée, sont numérisés à l'aide du logiciel Microstation d'INTERGRAPH suivant le système de projection cartographique LAMBERT IV (ellipsoïde de Clarke 1880) en unité métrique.

Les embouchures de rivière sont traitées d'une façon particulière. Compte tenu de la divagation naturelle des débouchés, la comparaison des traits de côte ne peut pas être exprimée en terme d'avancée ou de recul dans la partie ouverte de la rivière.

Le trait de côte digitalisé (figure 4.1) est fermé (figure 4.2) par des lignes qui seront communes à toutes les dates étudiées. Ensuite, l' "objet" défini par des lignes est transformé en un "objet" de type polygone (figure 4.3) duquel on aura extrait la partie "embouchure".

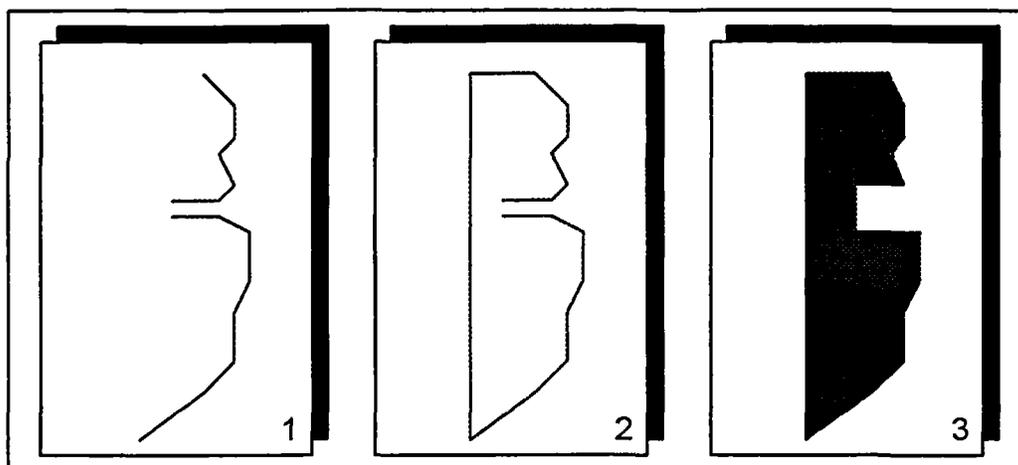


Figure 4 : Phases d'élaboration d'une information "trait de côte" manipulable.

Ces polygones sont importés sous ARC/INFO, et l'on crée d'une part, une topologie de couverture (mode polygone) de ces lignes de contour et d'autre part, des tables d'attributs spécifiques à chaque polygone. La comparaison des traits de côte pris à des dates différentes est alors réduite au calcul des intersections et réunions des polygones pris deux à deux.

4.2. TRAITEMENT DE L'INFORMATION "ÉVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE"

Pour chaque date, on dispose d'un polygone spécifique auquel lui correspond un identifiant. On calcule ensuite la couverture résultant de l'union des polygones représentatifs de deux dates. Le système détermine tous les nouveaux polygones créés par la superposition (union et intersection des 2 polygones initiaux) et crée pour chacun d'eux de nouveaux attributs qui renseignent sur la position qu'il occupent : à l'intérieur ou à l'extérieur du polygone "date 1" (figure 5).

Pour chaque zone d'avancée (en vert sur les planches 2 et 3 hors texte) ou de recul (en rouge sur les planches 2 et 3 hors texte), ARC/INFO calcule automatiquement leur surface (S), leur périmètre (P) et un point qui représente le centroïde de la zone.

Pour estimer les mouvements du trait de côte (avancée ou recul), nous avons procédé à une simplification fondée sur le fait que la majorité des surfaces gagnées ou perdues ont une forme oblongue qui peut être simplifiée par un rectangle (figure 6). Ainsi l'amplitude du déplacement E du trait de côte peut être approchée par une formule simplifiée.

On fait l'hypothèse (forme oblongue du polygone), que le "Périmètre" du polygone peut être assimilé au périmètre du rectangle qui aurait une longueur (L), une épaisseur (E) et une surface identique à celle du polygone ("Surf") :

Périmètre du rectangle = $2 \times (E + L) = \text{"Périmètre"}$

Surface du rectangle = $E \times L = \text{"Surf"}$

où "Surf" et "Périmètre" sont, respectivement, la surface et le périmètre du polygone, calculées automatiquement par Arc/Info.

On calcule alors E par la formule : $E = (2 \times \text{Surf}) / \text{Périmètre}$.

Ces calculs sont effectués sur tous les polygones (avancée ou recul) et un signe, "+" ou "-", est affecté selon le sens de l'évolution.

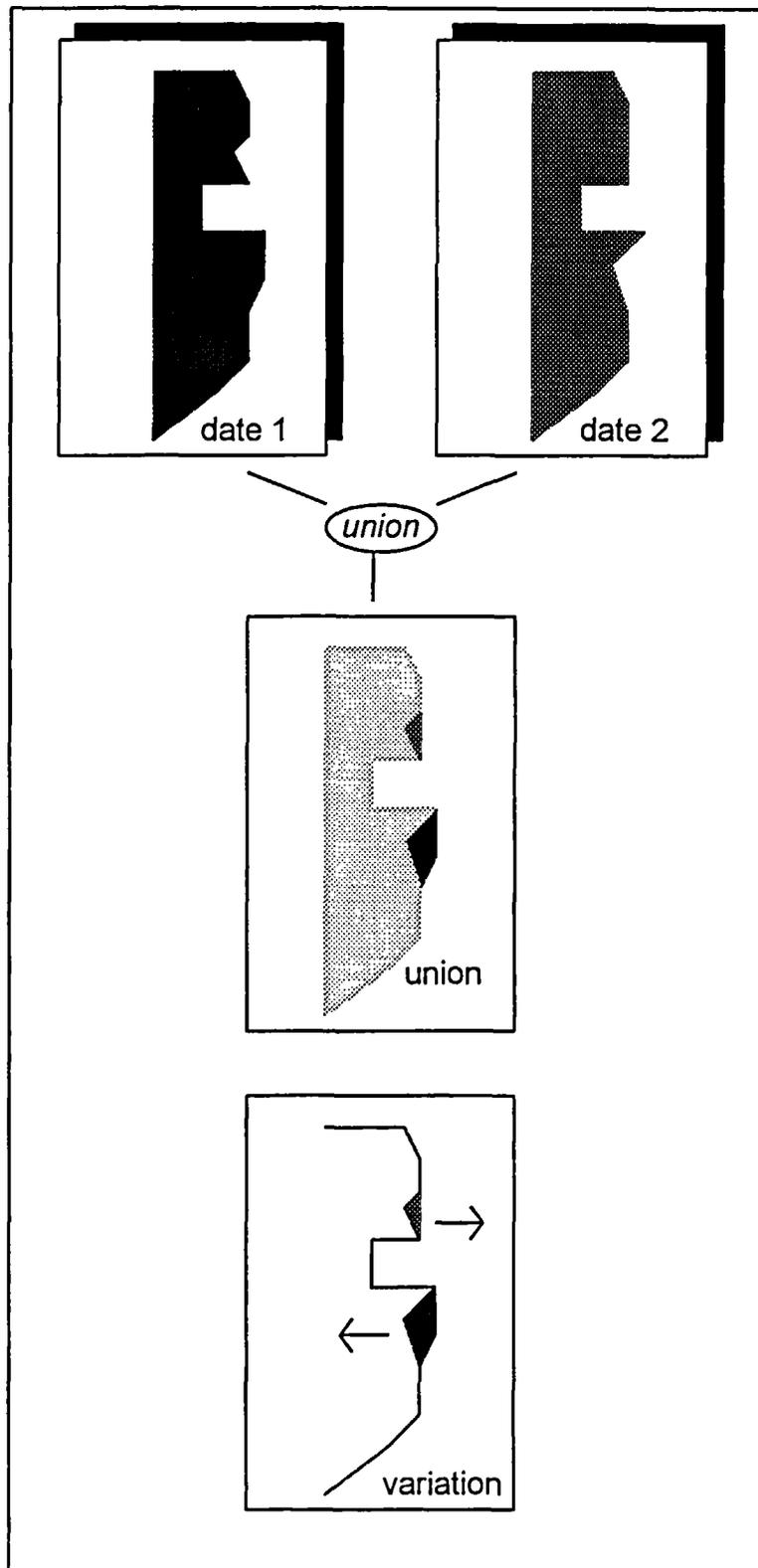


Figure 5 : Phases d'élaboration de l'information "modification du trait de côte".

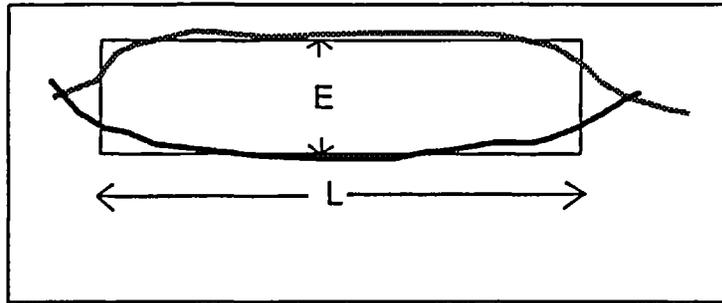


Figure 6 : Représentation de la méthode de simplification utilisée pour l'estimation de l'avancée ou recul moyen du trait de côte.

5. Interprétation des évolutions

Nota : Pour faciliter la lecture, on conviendra d'utiliser une formulation simple du type : "..... de 1948 (ou 1962) à 1996, le trait de côte n'a jamais cessé de reculer", pour dire que " la comparaison des seules dates analysées (1948 ou 1962, 1981, 1990 et 1996) et faisant abstraction de tout ce qui a pu se passer -avancée ou recul- entre ces situations, indique que les traits de côte de la date D+1 sont en recul par rapport aux traits de la date D"

5.1. LES AMPLITUDES CONSTATEES 1948-1996 OU 1962-1996

Les amplitudes constatées de 1948 (ou de 1962) à 1996 sont définies comme la différence entre la position du trait de côte la plus reculée vers la terre et celle la plus avancée en mer. Compte tenu de la méthode utilisée, ces positions extrêmes ne constituent pas les positions extrêmes qui auraient pu réellement être observées si l'on avait disposé d'une série quasi-continue d'états cartographiques du littoral (mensuel, saisonnier ou annuel) mais seulement celles qui sont extrême pour les 4 états connus (1948 ou 1962, 81, 90 et 96). Il n'en demeure pas moins que cette variable cartographique constitue un estimateur de la "volatilité" des plages, par la représentation d'un espace de plage qui s'est élargi (resp. rétréci) par le passé, mais qui pourrait dans le futur disparaître (resp. se reconstituer).

Les secteurs les plus stables (planches 2 et 3) , c'est à dire les moins sensibles à des modifications conjoncturelles, présentent des amplitudes faibles (volatilité réduite des plages). A l'inverse, on peut observer des secteurs sur lequel l'amplitude est forte. Cette situation peut être rencontrée sans qu'il existe une tendance, à l'érosion ou à l'engraissement, et le secteur présente alors une forte instabilité qui doit être prise en compte.

Quoiqu'il en soit, on peut admettre qu'une avancée significative du trait de côte (le terrain sur la mer) ne doit jamais être considérée, à priori, comme durablement acquise. C'est dans ce sens qu'il est préférable de parler de volatilité des plages (caractéristique propre à chaque système "plage") sans faire de confusion avec une plage qui serait en érosion. Les secteurs qui présentent les amplitudes les plus fortes (supérieures à 50 m) sont indiqués en tableau 5.

repérage kilométrique km (7)	longueur approx. du segment m)	secteur	commune ou lieu-dit
4224.5 à 4224.9	400	embouchure de l'Alésani	<i>Pianiccioli et plage de Pisonaccio</i>
4222.1 à 4222.6	500	embouchure du Ruisseau de Vado et Fosse d'Acqua Viva	Alistro
4217.8 à 4218.5	700	embouchure du Ruisseau de Chiosura	<i>A Chiosura, camp naturiste de Tropicana et Corsicana Forêt</i>
4215.0 à 4217.2	2200	embouchure de la Bravona	<i>Le Ranch et Baghera</i>
4213.0 à 4213.8	800	Champ de Tir de Diane (nord) embouchure du Ruiss. de Piobeta	
4211.1 à 4212.0	900	Champ de Tir de Diane (sud)	
4209.3 à 4209.9	600	Etang de Terrenzana	<i>Plage de Tallone et Riva Bella (sud)</i>
4205.9 à 4206.9	1000	Etang de Diane	<i>Mare Stagno</i>
4203.3 à 4205.2	2200	embouchure du Tavignano	<i>Marina d'Aléria et Casabianda (Aléria)</i>
4198.6 à 4199.2	800	nord-est de l'Etang d'Urbino	<i>Siglione</i>
4196.8 à 4197.7	1200	Etang d'Urbino	<i>Foce de Fierascuti</i>
4195.6 à 4196.0	500	sud-est de l'Etang d'Urbino	<i>Marais de Piobi</i>
4193.4 à 4193.6	300	au nord de la Marina d'Erba Rossa	<i>Vangalelli</i>
au total	7500		

Tableau 5 : Secteurs du littoral les plus évolutifs

Le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu, pour lequel la date de référence de l'état initial considérée est 1962 et la dernière mission de photographies aériennes date de 1990, présente des modifications d'amplitude limitée (20 à 30 mètres maximum) sur les 2 km au sud et les 3 km au nord du débouché. Seul le débouché sensu stricto présente de fortes variations.

5.2 BILAN GLOBAL DES SURFACES DE PLAGE "GAGNES OU PERDUS"

Nous présentons ici les résultats d'un indicateur d'évolution des plages du secteur étudié. Pour chaque période analysée (1948 ou 62 à 81, 1981 à 90 et 1990 à 96), nous avons calculé les surfaces de plage gagnées sur la mer (engraissement) et les surfaces de plage disparues (érosion). Nous avons travaillé sur deux secteurs : la partie nord (planche 2) et la partie sud (planche 3). Le calcul des surfaces s'effectue automatiquement sous SIG, la surface calculée étant celle de chacun des polygones défini par les traits de côte pris à deux dates différentes.

⁷ km 42... (en italique) exprime l'ordonnée (latitude) du secteur dans la projection Lambert IV

Nous présentons dans le tableau 6, les résultats obtenus période par période, exprimés par la somme (1) de toutes les surfaces gagnées (progradation) , (2) de toutes les surfaces perdues (érosion); et enfin du bilan (1+2).

	Période	Progradation (hectares)	Erosion (hectares)	Bilan (hectares)
Partie nord	48/81	8.65	-19.26	-10.61
	81/90	7.97	-9.5	-1.53
	90/96	16.05	-4.96	11.09
	48/96	13.49	-11.89	1.6
Partie sud	62/81	6.16	-14.22	-8.06
	81/90	8.94	-7.09	1.85
	90/96 (*)	1.84	-9.06	-7.22
	62/96 (*)	4.68	-17.61	-12.93
(*) En 1996, la partie sud n'a pas été totalement couverte				

Tableau 6 : Evolution, en surfaces, des plages de l'Alésani au Fium'Orbu

Comme cela ressort de l'analyse qui suit (5.3, 5.4 et 5.5), la situation s'est améliorée au cours des dernières années (90/96) dans la partie nord. De 1948 à 1996, un certain équilibre global (colonne "bilan", tableau 6) apparaît : +1,6 hectares pour une longueur littorale de 18 km, soit une avancée moyenne d'un peu moins de 1 mètre.

Sur la partie sud, la dernière période (90/96) demeure globalement une phase d'érosion. Compte tenu de l'absence d'information (pas de couverture aérienne en janvier 96) sur la situation du trait de côte en 1996 sur une bonne moitié du littoral sud, il ne nous est pas possible de fournir un bilan global comparable à celui donné sur la partie nord. Néanmoins, la différence (colonnes "progradation" et "érosion", tableau 6) qui existe entre les avancées (1,84 ha) et les reculs (-9,06 ha) pourrait laisser présager une généralisation du recul du trait de côte, à la quasi totalité de la partie sud, sur la période 1990-96.

5.3. LITTORAL STABLE ET FAIBLES VARIATIONS INTERANNUELLES.

Quelques secteurs (planches 2 et 3) du littoral présentent un trait de côte relativement stable, caractérisé par une faible amplitude de mouvement du trait de côte et par un faible écart entre les positions du trait de côte initial (1948 et 1962) et actuel (1996) :

- sur une longueur de 1.5 km, du sud de l'embouchure de l'Alésani (plage de Fiorentina) au nord de l'embouchure du Ruisseau de Vado - Fosse d'Acqua Viva;
- sur près de 1 km dans le secteur de l'embouchure de l'Alistro;
- sur 1 km, en partie centrale du Champ de Tir de Diane (plage de largeur naturellement et durablement très étroite, moins de 20 ou 30 mètres);

- sur 1 km au sud du grau de l'Etang de Diane, à l'exclusion des 200 mètres au sud immédiat du grau (influence d'une digue);
- sur 3 km, de la partie sud de l'Etang del Sale au Marais de Siglione;
- sur 1 km de part et d'autre de l'embouchure du Fium'Orbu (situation de l'évolution 1962-1990).

5.4. LES ZONES EN REcul SENSIBLE (EROSION)

En 1981, la situation des zones en érosion (comparaison des trait de côte 1948 et 1981) était la suivante. Du nord au sud, les secteurs qui connaissaient alors des reculs sensibles (plus de 10 mètres) étaient nombreux et étendus (planches 2 et 3) :

- au nord et au sud de l'embouchure de l'Alésani (plage de Pisonaccio et plage de Fiorentina)
- tout le littoral compris entre "A Chiosura" et "Corsicana Village" (plage et camps naturistes)
- de "Baghera" (camp naturiste) à Marine de Bravone (embouchure de la Bravona)
- pratiquement sans discontinuité, du Champ de Tir de Diane ("Riva Bella", plage de Tallone, "Marina d'Aléria") à l'Etang del Sale, sur un secteur long de 13 km.
- les 3 km au nord du Grau de l'Etang d'Urbino (de l'Etang del Sale au Grau)
- 3 km au nord (de "Marina du Caprone" au lieu-dit Vangalelli) et 500 m au sud (littoral du Marais de Canna) de l'embouchure du Fium'Orbu.

En 1990, les reculs persistaient encore dans le secteur des camps naturistes ("A Chiosura" et "Corsicana Village") et au nord de l'embouchure de la Bravona. Dans une moindre mesure qu'au cours de la période précédente, les secteurs de "Riva Bella" et la plage de Tallone reculent encore. Il en est de même du littoral situé 2 km de part et d'autre de l'embouchure du Tavignano. Au nord du Fium'Orbu, les plages dans les secteurs de "Marina d'Erba Rossa" et de Valgalelli reculent localement de plus de 20 mètres.

En 1996, parmi les secteurs en recul au cours des deux périodes précédentes (1948-1981 et 1981-1990), seuls demeurent quelques portions du littoral qui présentent toujours un recul du trait de côte : le secteur de l'embouchure de la Bravona ("Baghera"), la partie centrale du littoral du Champ de Tir de Diane et le littoral au sud de l'embouchure du Tavignano.

En 1996, il apparaît que le recul du trait de côte est réactivé au nord du Grau de l'Etang d'Urbino, après une période (1981-1990) d'avancée générale du trait de côte.

Malheureusement, la mission de photographies aériennes de janvier 1996 n'a pas couvert les secteurs de Riva Bella / Etang de Terrenzana et surtout le littoral de l'embouchure du Fium'Orbu.

5.5. LES ZONES EN AVANCEE SENSIBLE

Les secteurs sur lesquels le trait de côte avançait, de façon significative, sur la période 1948-1981 étaient peu nombreux : les 2 km au nord de l'embouchure de l'Alistro, la plage au lieu-dit Baghera, la plage de la partie nord du Champ de Tir de Diane (embouchure du Ruisseau de Piobeta), au sud du Grau de l'Etang d'Urbino et localement dans le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu.

En 1990, des secteurs plus nombreux et plus étendus du littoral présentent une évolution à l'engraissement des plages : au nord et au sud des Grau de l'Etang de Diane et de l'Etang d'Urbino et dans le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu.

En 1996, de l'embouchure de l'Alésani à l'embouchure du Tavignano, le trait de côte avance partout à l'exception du littoral au nord de l'embouchure de la Bravona et du littoral de la partie nord du Champ de Tir de Diane (embouchure du Ruisseau de Piobeta).

Malheureusement, la mission de photographies aériennes de janvier 1996 n'a pas couvert les secteurs de Riva Bella / Etang de Terrenzana et surtout le littoral de l'embouchure du Fium'Orbu.

5.6. LES SECTEURS DES EMBOUCHURES

Les embouchures sont traditionnellement des zones où la variabilité du trait de côte est forte. Le secteur étudié offre de nombreux exemples de variations (voir planches 2 et 3 hors texte).

Sur l'Alésani, une longue flèche, témoin du sens sud-nord du transit littoral, existait en 1948. Jusqu'à la situation 1990, la côte a systématiquement reculé depuis 1948. En 1996, le même secteur présente un trait de côte qui avance en mer à l'exception de sa partie nord qui continue de reculer. Entre les missions de 1990 et 1996, un ouvrage fait son apparition sur la rive sud du débouché : il s'agit d'une digue de 100 mètres de long, incurvée et orientée vers le nord-est.

Sur le secteur allant de l'embouchure du Ruisseau de Vado (Fosse d'Acqua Viva) et au débouché de la Bravona, qui comprend les débouchés de l'Alistro et du ruisseau de Chiosura, le sens du transit littoral présente une variabilité certaine. Les débouchés peuvent présenter, à un même moment, les uns, des développements de flèches sableuses dans un sens sud-nord, les autres dans un sens nord-sud. A des époques différentes, un même débouché est tantôt orienté vers le nord (par exemple, l'Alistro en 1981 et la Bravona en 1990), tantôt vers le sud (l'Alistro en 1996 et la Bravona en 1948 et 1996). Ces débouchés sont globalement en équilibre (pas de tendance d'évolution) entre 1948 et 1996 avec des variations intermédiaires modérées.

Le Grau de l'Etang de Diana a connu de 1981 à 1990 de nouvelles modifications avec la construction d'une digue de forme rectiligne sur la rive gauche du grau (face nord). Sur les photographies de janvier 1996, il apparaît qu'une autre forme ait été donnée à la digue (rive artificielle convexe). Cette structure et les dragages sur le chenal doivent permettre de meilleurs échanges entre l'étang et la mer. Les sables dragués dans la passe sont tantôt utilisés pour remblayer une zone intérieure à l'étang (matérialisation de deux chenaux étroits), tantôt déposés en haut de plage sur la rive nord du grau. La flèche située au nord du grau présente un engraissement important entre 1990 et 1996. Malgré l'absence de couverture photographique sur le secteur de "Riva Bella", il est probable que la situation se soit améliorée entre 1990 et 1996, avec une avancée du trait de côte. Une telle avancée est enregistrée au nord et au sud de "Riva Bella"

Dans le secteur de l'embouchure du Tavignano (planche 3), le trait de côte actuel occupe la position la plus en retrait depuis 1962. On observe une tendance installée au recul du rivage aussi bien au nord qu'au sud de l'embouchure, sur une longueur de 2 km.

Le Grau de l'Etang d'Urbino a fait l'objet d'aménagements répétés depuis 1962. Depuis 1981, le grau a été totalement artificialisé et des dragages sont réalisés dans le chenal avec remblaiement à l'intérieur de l'étang. La discontinuité imposée au littoral a conduit à un recul du trait de côte (érosion) au nord et à une avancée (engraissement) au sud du grau, entre 1962 et 1996. Nous sommes en présence d'une tendance d'évolution établie.

L'embouchure du Fium'Orbu n'a pas, malheureusement, bénéficiée de la couverture aérienne de janvier 1996. Jusqu'en 1990, l'embouchure a présenté des formes variables dans le sens du développement de la flèche littorale : orientée au sud en 1962 et 1990, orientée au nord en 1981.

5.7. EVOLUTION DE L'OCCUPATION DES SOLS (BATI, ZONES HUMIDES, ...)

A 500m au nord de l'embouchure de l'Alésani, des constructions se trouvent à présent à 40 et 60 mètres du trait de côte, là où le trait de côte a reculé de près de 100 m entre 1948 et 1996 (plage de Pisonaccio). Dans le même secteur, le Marais de Cannicia n'était plus en eau en janvier 1996 et se présente comme une surface homogène (prairie grasse).

Au lieu-dit "A Chiosura", un édifice présent sur plage (visible sur les photographies de 1981 et 1990) à moins de 50 mètres en 1981, apparaît en ruines, à une trentaine de mètres de la ligne de rivage sur les photographies de janvier 1996.

Entre 1990 et 1996, il apparaît qu'un nouvel ouvrage (digue) a été construit sur la rive nord du Grau de l'Etang de Diane. Il constitue une modification (forme convexe) à l'ouvrage initial construit dans les années 80, de forme rectiligne.

Au nord de l'embouchure du Tavignano, au lieu-dit "Ferme de Padulone", 5 constructions se trouvent, en Janvier 1996 à moins de 25 m de la ligne du rivage. L'une d'elles est les "pieds dans l'eau" protégée par des enrochements (perceptibles sur les photographies de janvier 1996). Vers le sud, le camping "Marina d'Aléria" a fait place entre 1986 et 1990 à un complexe touristique constitué de constructions de type bungalows. En Janvier 1996, certaines d'entre elles étaient situées à moins de 50 m de la ligne de rivage. A cet endroit, le trait de côte a reculé de près de 50m entre 1962 et 1996.

Dans le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu, les constructions à proximité et sur le littoral, se sont fortement développées entre 1962 et 1981 ("Marina d'Erba Rossa", "Marina d'Oru" et "Marina du Caprone") au détriment des zones humides. Entre 1981 et 1990, de nouvelles constructions apparaissent à "Marina d'Oru" en bordure du Marais d'Erba Rossa et au lieu-dit "Vigo du Vignale". Il apparaît également une zone de remblai importante de la bordure nord-est du Marais d'Erba Rossa, jouxtant l'urbanisation "Marina d'Erba Rossa". Sur celle-ci, certaines constructions étaient, en 1990, à moins de 25 m de la ligne de rivage dans le secteur qui présentait de 1962 à 1990 une tendance constante à l'érosion.

6. Conclusion

Le manque de données récentes (photographies aériennes de janvier 1996) sur le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu, n'a pas permis d'atteindre l'un des objectifs de la présente étude, à savoir l'évaluation d'une éventuelle incidence de la construction du barrage sur le Fium'Orbu en 1992.

Le travail a permis par contre d'obtenir un bon document de définition de l'état initial du littoral de l'embouchure du Fium'Orbu et d'en préciser les limites (incertitudes) et ainsi d'actualiser à une échelle du 1:5000 (précision du 1:10000) la connaissance cartographique de ce secteur du littoral : repérage des secteurs bâtis, évolution générale de l'occupation des sols sur la frange littorale et position précise du trait de côte.

Ce travail a également permis d'actualiser à janvier 1996 l'état de l'évolution du littoral depuis 1948 et de constituer sous un SIG une base d'information qui pourra être utilisée et actualisée. Les secteurs sur lesquels une tendance d'érosion persiste ont été identifiés:

- secteur nord de l'embouchure de la Bravona
- secteur de l'embouchure du Tavignano (sur 1.5 km au nord et 2 km au sud)
- secteur nord du Grau de l'Etang d'Urbino (sur 2 km)

Il est probable (manque de couverture photographique 1996), que depuis 1990, le secteur au nord du Grau de l'Etang de Diane ait récupéré une partie de la largeur des plages d'antan.

Certains secteurs présentent des constructions à proximité immédiate de la ligne de rivage, souvent à moins de 50m :

- sur la plage de Pisonaccio, au nord de l'embouchure de l'Alésani
- 5 constructions sur la plage au lieu dit "Ferme de Padulone" et quelques bungalows de la "Marine d'Aléria", au nord de l'embouchure du Tavignano
- au lotissement "Marina d'Erba Rossa", au nord de l'embouchure du Fium'Orbu, quelques constructions étaient à moins de 25 m de la ligne de rivage.

Si sur ces secteurs bâtis, le trait de côte venait à reculer (tempête ou conjonction de causes climatiques), des décisions seraient à prendre. Si l'on voulait protéger les bâtiments menacés, le risque serait grand d'introduire des ouvrages (épis, brise-lames) sans une étude détaillée des effets de telles protections.

Par ailleurs, il a été montré sur quelques cas, la réduction des surfaces de zones humides marginales par drainage ou urbanisations.

Concernant l'évolution du trait de côte, on peut conclure à la fin de cette étude, que bien que certains secteurs présentent encore des situations préoccupantes, la situation considérée sur la totalité des 35 km de côte analysées est globalement moins préoccupante qu'elle ne l'était dans les années 80 (évolution 1948-1981).

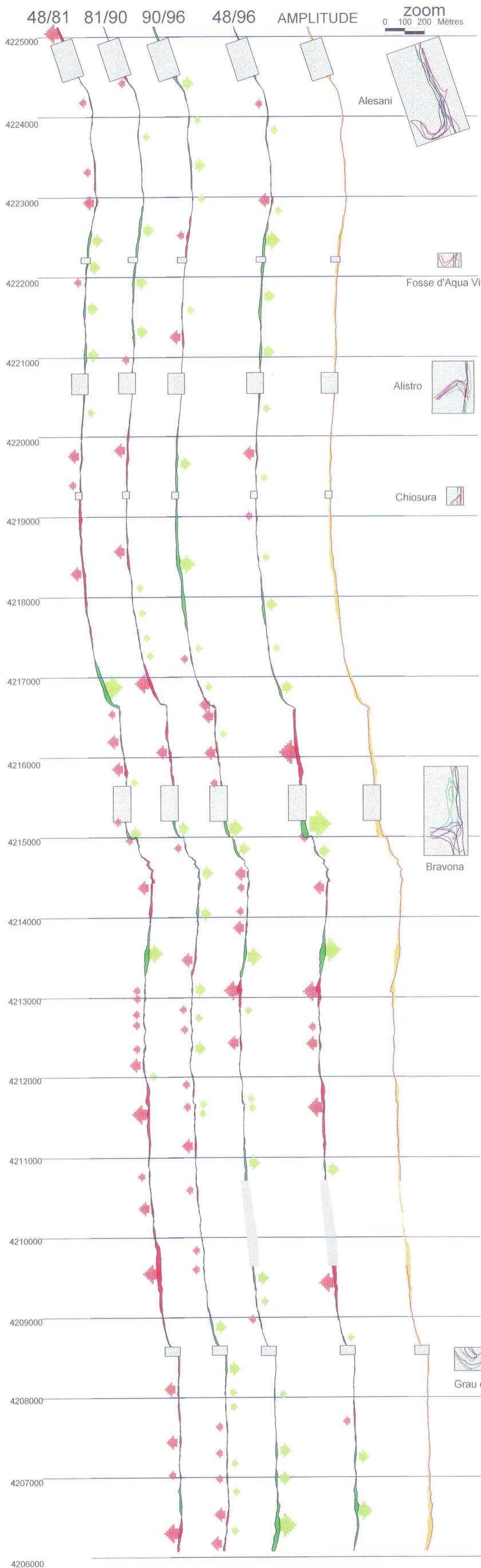
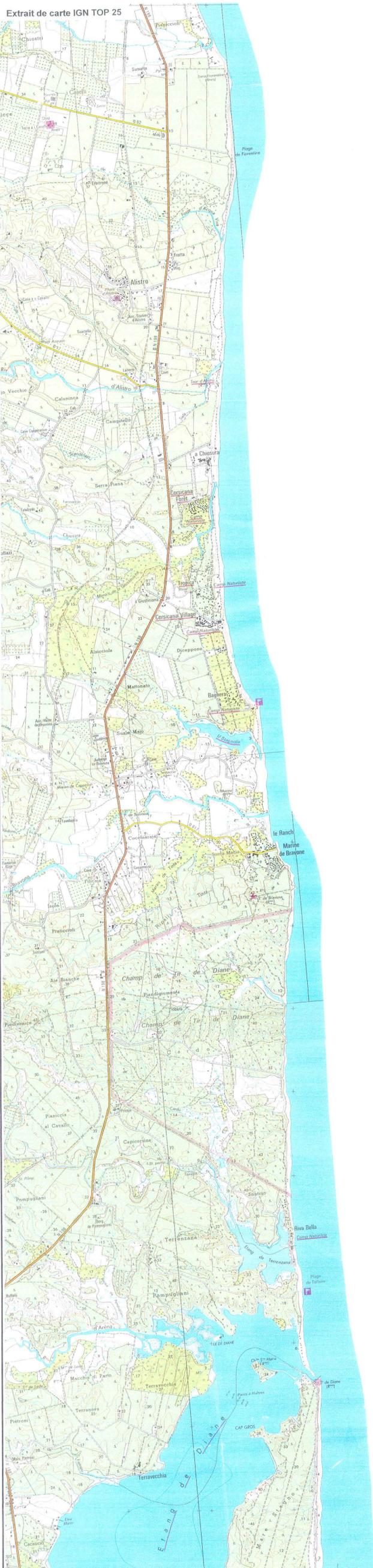
On peut émettre l'hypothèse que, tout du moins sur le moyen terme (30 à 50 ans) et toutes choses restant sensiblement égales par ailleurs (notamment, absence d'actions anthropiques significatives), les amplitudes constatées doivent correspondre à la variabilité naturelle du trait de côte. Pour tenter d'approcher au mieux cette variabilité, il faut obtenir une succession d'états de traits de côte à des intervalles de temps courts (3 mois, 6 mois ou 1 an ?). Une telle perception de largeur de liberté de mouvement des plages serait très utile à l'élaboration de plans d'occupation des sols et à la définition de critères objectifs d'intervention (travaux de défense, recharge artificielle).

Le problème concernant l'évolution récente (1992-1996) du trait de côte dans le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu devra être réexaminé sur la base du document "état initial - 1990" obtenu lors de cette étude et des évolutions géo-référencées sur 1962-1981-1990. Il est recommandé de réaliser une mission spécifique, à conduire par des professionnels de la photogrammétrie, sur le secteur non couvert en janvier 1996.

Pour améliorer de façon significative la qualité des travaux de cartographie du trait de côte (position et altimétrie), il faut envisager les prescriptions suivantes :

- prise de vues aériennes à l'échelle du 1:15000 avec le procédé de localisation embarqué GPS
- prises de vues aériennes doublées en couleurs naturelles
- stéréopréparation d'appui sur le terrain

Avec ces prescriptions, il devient possible de réaliser des orthophotos numériques qui présentent une précision supérieure à 15 cm (erreur moyenne, en planimétrie et altimétrie).



EVOLUTION DU TRAIT DE COTE

CORSE EST (partie nord)

LEGENDE

Avancée

- 5 - 10 m
- 11 - 20 m
- 21 - 30 m
- 31 - 40 m
- 41 - 50 m

Recul

- 5 - 10 m
- 11 - 20 m
- 21 - 30 m
- 31 - 40 m

Zone non couverte

Estuaire

- 1948
- 1981
- 1990
- 1996

EVOLUTION DU TRAIT DE COTE CORSE EST (partie sud)

Extrait de carte IGN TOP 25

zoom

0 100 200 Mètres

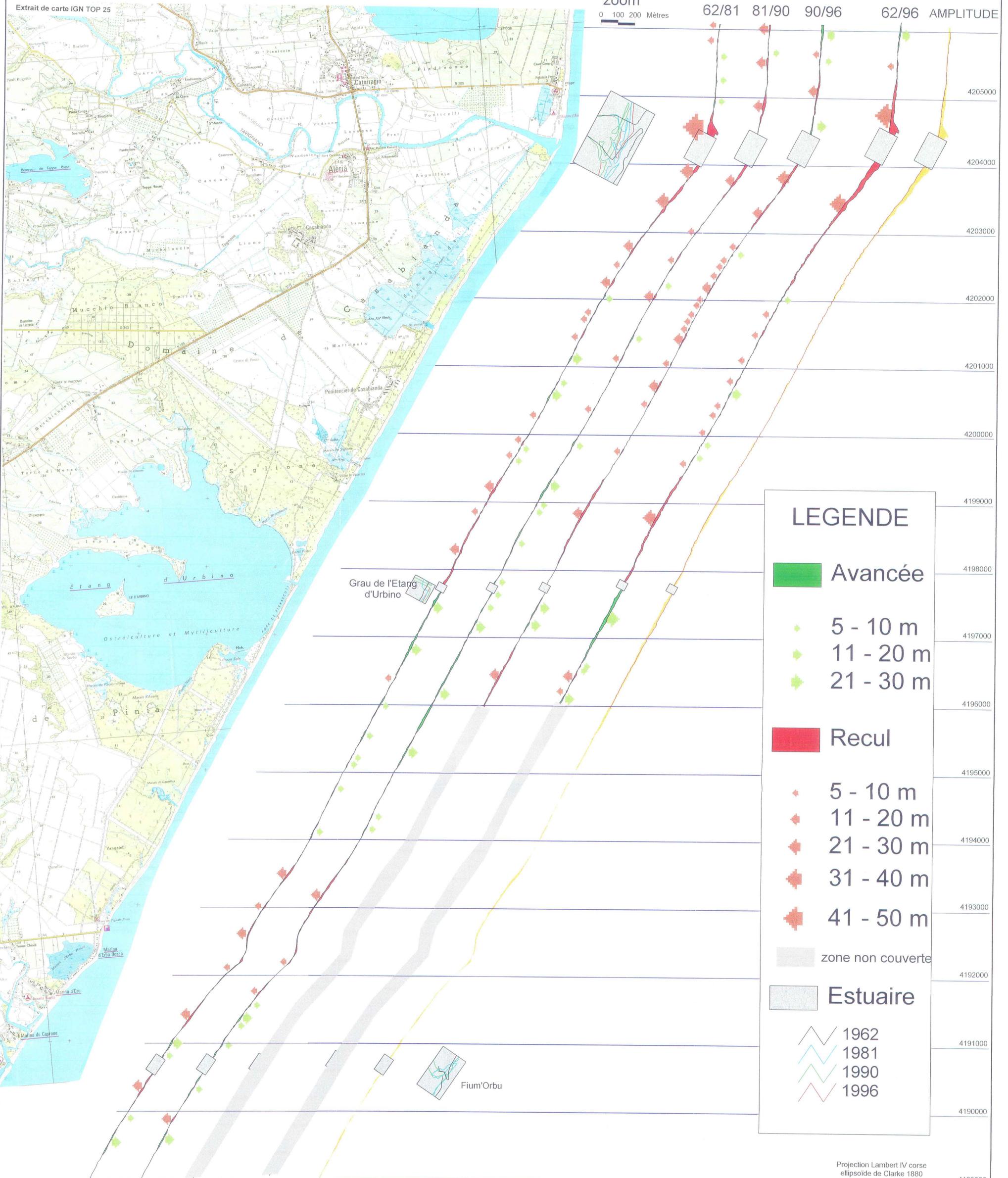
62/81

81/90

90/96

62/96

AMPLITUDE



LEGENDE

- Avancée
- 5 - 10 m
- 11 - 20 m
- 21 - 30 m
- Recul
- 5 - 10 m
- 11 - 20 m
- 21 - 30 m
- 31 - 40 m
- 41 - 50 m
- zone non couverte
- Estuaire
- 1962
- 1981
- 1990
- 1996

Zone militaire

Projection Lambert IV corse
ellipsoïde de Clarke 1880

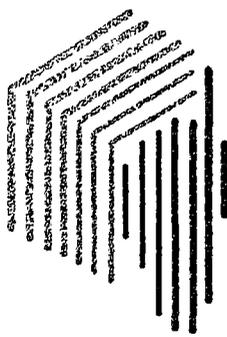
500 0 500 1000 1500 Mètres



Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications



DOCUMENT PUBLIC



OFFICE DE
L'ENVIRONNEMENT
DE LA CORSE

*Littoral oriental corse :
Evolution du trait de côte de 1948 à 1996
de l'embouchure de l'Alesani
(Comm. de San Giuliano)
à l'embouchure du Fium'Orbu (Ghisonaccia)*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 95 E 102

Note
Novembre 1997

*Complément au rapport
R 38922 d'avril 1996*



*Littoral oriental corse. Evolution du trait de côte de 1948 à 1996.
- Complément -*

Mots-clés : Corse, Plaine Orientale, Littoral, Evolution, Trait de côte, Erosion, Alésani, Tavignano, Fium'Orbu, Cartographie

© BRGM, 1997, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Complément au rapport BRGM R38922

Synthèse

Ce rapport complète l'étude remise en avril 1996 dans laquelle l'évolution récente (1990-1996) n'avait pu être présentée pour le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu, faute de disposer d'une couverture photographique aérienne de 1996. Le complément porte sur le secteur allant du grau de l'étang d'Urbino au littoral de l'étang de Palo.

L'étude se proposait d'atteindre trois objectifs :

- actualiser la connaissance de l'évolution du trait de côte du littoral oriental corse entre les embouchures de l'Alésani, au nord, et du Fium'Orbu, au sud ;
- fournir un état de référence de la situation du trait de côte à l'embouchure du Fium'Orbu, antérieure à la construction du barrage de Sampolo ;
- rechercher d'éventuelles incidences sur le littoral (érosion des plages) de la construction en 1992 du barrage sur le Fium'Orbu (Sampolo).

Le présent complément intègre la cartographie du trait de côte du secteur Urbino-Palo en 1996 et de son évolution de 1962 à 1996. La méthode utilisée pour cartographier l'évolution du trait de côte (érosion ou engraissement) est identique à celle utilisée pour l'étude d'avril 1996 (Rapport R 38922). Elle repose sur l'utilisation de l'ancienne carte IGN de 1962 et des photographies aériennes de l'IGN de 1981, 1990 et 1996. L'embouchure du Fium'Orbu a pu être couverte et le troisième objectif rappelé ci-dessus a pu être atteint.

Les données élaborées lors de l'étude d'avril 1996 (situation du trait de côte en 1962, 1981 et 1990) et les nouvelles données (photographies aériennes IGN 1996) ont été traitées sous Système d'Information Géographique (SIG).

Ce travail complémentaire à l'étude réalisée en avril 1996 a permis d'intégrer la position du trait de côte de 1996 au sud de l'étang d'Urbino et de porter à connaissance les évolutions récentes enregistrées depuis 1990 sur ce secteur.

Ce secteur connaît des modifications interannuelles modérées. Il n'a pas été mis en évidence une tendance établie à l'avancée ou au recul. Au cours de la période 1990/1996, le solde des évolutions montre une nette stabilité du trait de côte avec quelques reculs ou avancées ponctuels et alternés de faible ampleur. Le débouché même du Fium'Orbu est stable; les flèches de sable édifiées à ses extrémités sont même légèrement à l'avant de celles photographiées en 1962, 1981 et 1990. L'étude des mouvements du trait de côte de 1962 à 1990 et de 1990 à 1996 (après la construction du barrage sur le Fium'Orbu) a montré l'absence d'effets perceptibles, tout au moins sur le court terme (4 ans après l'entrée en service de la retenue), sur l'évolution des plages dans le secteur de l'embouchure. Ce constat n'exclut pas qu'à terme des effets puissent être observés, le système rivière/littoral présentant un potentiel d'adaptation qui conduit à différer les éventuels impacts. En 1996 la situation du trait de côte est stable.

Sommaire

Synthèse.....	2
Sommaire.....	3
1. Motivations et objectifs.....	4
2. Données utilisées.....	5
3. Mise en forme et interprétation des données.....	6
3.1. Mise en forme des données : un support unique de référence au 1:10000.....	6
3.2. Interprétation des données.....	6
3.3. Report des informations photos sur le support unique de référence au 1:10000.....	6
3.4. Techniques de saisie de l'information cartographique.....	7
3.5. Contrôle "qualité" sur la numérisation des cartes.....	8
4. Méthodologie de traitement des données sous SIG.....	9
4.1. Incorporation et mise en forme.....	9
4.2. Traitement de l'information "évolution du trait de côte".....	10
4.3. Représentation cartographique de l'évolution du trait de côte.....	11
5. Interprétation des évolutions.....	13
5.1. Les amplitudes constatées 1962-1996.....	13
5.2. Bilan global des surfaces de plage "gagnées ou perdues".....	14
5.3. Littoral stable et faibles variations interannuelles.....	15
5.4. Les zones en recul sensible (érosion).....	16
5.5. Les zones en avancée sensible.....	16
5.6. Les secteurs des embouchures.....	17
5.7. Evolution de l'occupation des sols (bâti, zones humides, ..).....	17
6. Conclusion.....	18

1. Motivations et objectifs

Cette étude a pour objectif de compléter l'étude réalisée en avril 1996 et de fournir l'état de l'évolution du littoral oriental corse sur le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu non couvert par la mission de photographies aériennes réalisée par la DDE de Haute-Corse en janvier 1996. Ce complément prend appui sur la mission IGN de 1996 et couvre le littoral compris en le grau de l'étang d'Urbino, au nord, et l'étang de Palo au sud (figure 1).

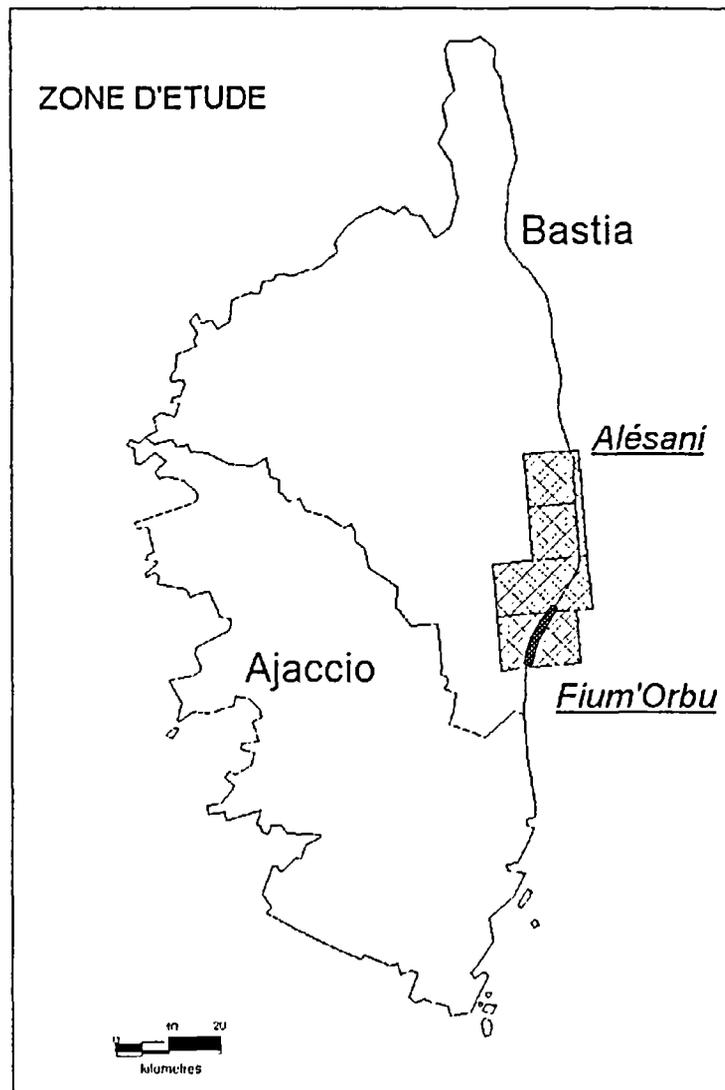


Figure 1 : Carte de situation

Nota : les zones hachurées correspondent à la couverture cartographique IGN 1:25000, et limitent le secteur dont le trait de côte a bénéficié de l'étude d'avril 1996. La zone noire fait l'objet du présent complément pour la cartographie de l'évolution du trait de côte de 1990 à 1996.

2. Données utilisées

Les données utilisées pour ce complément d'étude sont identiques à celles utilisées pour l'étude remise en avril 1996. La mission IGN du 12 juin 1996, au 1/25000, remplace la mission de la DDE Haute-Corse de janvier 1996 sur le secteur Urbino-Palo :

Mission 1996 FD 2A-2B/250 au 1:25000 de juin 1996

photos 599 et 600

le 12/06/1996 à 14:53

photo 608

le 12/06/1996 à 14:59

Les missions aériennes ont toutes été réalisées entre fin juin et début août, et représentent un trait de côte en situation estivale.

Les documents de base utilisés pour la cartographie du trait de côte de 1981 ("Littoral oriental San Pelegrino - Solenzara et bassins versants associés. Dynamique sédimentaire littorale et détermination des zones sensibles à l'érosion". Rapport n° 85 SGN 268 CSC) ne couvrent pas le secteur sud de la zone étudiée au delà de l'ordonnée Lambert IV 4189500. Par contre, la position du trait de côte a été cartographiée jusqu'à l'ordonnée Lambert IV 4186175 pour les années 1962, 1990 et 1996.

Nous rappellerons ici, pour mémoire, qu'un travail spécifique sur l'embouchure du Fium'Orbu avait été commandé à l'IGN pour la réalisation d'un levé photogrammétrique du trait de côte à partir de la mission de 1990. Une sortie papier au 1:5000 avait été livrée avec de le rapport d'étude d'avril 1996 (planche 1 hors texte du rapport BRGM n R38922). Ce travail avait pour objectif d'établir un état initial récent (1990), complet et fiable de l'embouchure du Fium'Orbu avant l'entrée en service du barrage sur la rivière (1992).

3. Mise en forme et interprétation des données

Le suivi de phénomènes tels que l'évolution locale du trait de côte rend indispensable le choix d'un référentiel cartographique unique le plus précis possible sur lequel toutes les données disponibles seront reportées, avant comparaison. Dans le cadre de cette étude, le référentiel choisi correspond au fond topographique régulier de l'IGN, disponible à l'échelle du 1:25 000 et agrandi à l'échelle du 1/10000. Le degré de résolution ainsi obtenu est compatible avec la précision recherchée quant au suivi du trait de côte.

3.1. MISE EN FORME DES DONNEES : UN SUPPORT UNIQUE DE REFERENCE AU 1:10000

Les documents photographiques (mission IGN de 1996 au 1/25000) utilisés pour l'étude ont été adaptés photographiquement (photocopieur laser), pour s'approcher au mieux de l'échelle du fond topographique de référence au 1/10000. Les photographies de 1996 ont été agrandies pour obtenir une échelle proche du 1:10000.

3.2. INTERPRETATION DES DONNEES

Les documents photographiques au 1:10000 ont été interprétés visuellement. La limite estran-eau a été tracée au moyen d'une pointe fine avec une précision qui peut être estimée à un demi millimètre sur le document, soit 5 mètres à l'échelle considérée. La limite considérée a une valeur instantanée à la date et heure de la prise de vue : la marée, le vent et la pression atmosphérique conditionnent la cote du plan d'eau. A priori, la faible amplitude des marées en Méditerranée et la configuration même de l'estran (pente et rupture de pente au contact de l'eau) permet de minimiser l'importance de l'heure de la prise de vue et de la situation barométrique. On peut donc à priori négliger la largeur de l'estran soumise aux fluctuations du plan d'eau (marée, vent et pression atmosphérique).

3.3. REPORT DES INFORMATIONS PHOTOS SUR LE SUPPORT UNIQUE DE REFERENCE AU 1:10000

Ce report a été réalisé en utilisant la même méthode que pour l'étude d'avril 1996. Il constitue la partie la plus délicate de la collecte des données. Plusieurs facteurs viennent en effet perturber la validité du résultat final :

- les photographies aériennes présentent des distorsions non homogènes parfois importantes. Le report est réalisé par adaptation glissante progressive du fond topographique et des photographies, appuyée sur des points de repères communs aux deux documents,
- le fond topographique utilisé est le dernier en date, commercialisé par l'IGN (révision de 1987). La présence de points de repère communs n'est maximum que pour les photos et les cartes les plus contemporaines,

- les points d'amer les plus sûrs (intersection de routes ou habitations par exemple) sont souvent éloignés du trait de côte. Les limites de végétation sur le haut de plage ou des limites de parcelles, dès lors qu'elles paraissent pérennes ont donc été utilisées quand ils étaient proches de la côte.

L'évaluation de la précision du report fait qu'il paraît a priori vain de vouloir mettre en évidence, par cette méthode, des mouvements du trait de côte inférieurs à la *dizaine* de mètres. Toutefois un test de précision a pu être réalisé sur l'embouchure du Fium'Orbu où une restitution photogrammétrique de haute précision (1:5 000) a été réalisée par l'IGN avec les photographies de 1990 (voir 2.). Ce test montre des différences faibles entre les deux tracés ce qui témoigne, au moins à cet endroit, d'une précision de l'ordre de 5 m.

Les éléments d'appréciation de la précision fournis par l'IGN (1), sur le levé photogrammétrique du trait de côte de 1990 à l'embouchure du Fium'Orbu sont les suivants :

- en X : 0.45 m
- en Y : 0.75 m
- en Z : 0.77 m
- écart spatial = 1.17 m

Ils sont déterminés par l'écart moyen quadratique des points d'appui du levé :

3.4. TECHNIQUES DE SAISIE DE L'INFORMATION CARTOGRAPHIQUE

L'information cartographique "trait de côte" a fait l'objet d'une numérisation par digitalisation sous Intergraph®. Le travail a été réalisé sous loupe pour s'assurer la meilleure précision possible sur le trait. L'erreur commise lors de la digitalisation peut être estimée à plus ou moins l'épaisseur du trait digitalisé (épaisseur 0.25 mm). Cette erreur conduit à une incertitude maximale sur la position du trait de côte, variable selon l'échelle du support digitalisé, qui a pu être estimée. Les résultats sont fournis ci-dessous (tableau 1) :

<i>incertitude (en mètres)</i>	<i>type de support digitalisé</i>
+/- 6.5 m	cartes 1:25000 (1962, publiée en 1964)
+/- 2.5 m	photos 1:10000 (1981, 1990 et 1996) reportées sur support stable au 1:10000

Tableau 1 : Estimation de l'incertitude de la position du trait de côte.

¹ Pour une restitution finale au 1:5000 (1mm = 5 mètres), la précision obtenue ne semble pas satisfaisante si l'on retient les critères contraignants en matière de photogrammétrie. Toutefois, cette précision ne discrédite pas la valeur du document produit au moins en positionnement X,Y du trait de côte et constitue un très bon document cartographique de référence.

3.5. CONTROLE "QUALITE" SUR LA NUMERISATION DES CARTES

Les contrôles réalisés sont de même nature que ceux conduits pour l'étude d'avril 1996. Ils ont pour objectifs de s'assurer de la validité de l'information numérisée par digitalisation.

4. Méthodologie de traitement des données sous SIG

4.1. INCORPORATION ET MISE EN FORME

Les traits de côte, correspondant à chaque date étudiée, sont numérisés à l'aide du logiciel MicroStation d'INTERGRAPH suivant le système de projection cartographique LAMBERT IV (ellipsoïde de Clarke 1880) en unité métrique.

Les embouchures de rivière sont traitées d'une façon particulière. Compte tenu de la divagation naturelle des débouchés, la comparaison des traits de côte ne peut pas être exprimée en terme d'avancée ou de recul dans la partie ouverte de la rivière.

Le trait de côte digitalisé (figure 2.1) est fermé (figure 2.2) par des lignes qui seront communes à toutes les dates étudiées. Ensuite, l' "objet" défini par des lignes est transformé en un "objet" de type polygone (figure 2.3) duquel on aura extrait la partie "embouchure".

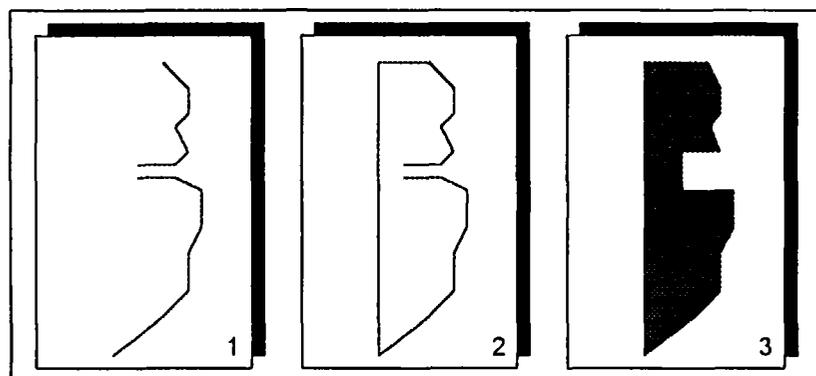


Figure 2 : Phases d'élaboration d'une information "trait de côte" manipulable.

Ces polygones sont importés sous MapInfo, et l'on crée d'une part, une topologie de couverture (mode polygone) de ces lignes de contour et d'autre part, des tables d'attributs spécifiques à chaque polygone. La comparaison des traits de côte pris à des dates différentes est alors réduite au calcul des intersections et réunions des polygones pris deux à deux.

4.2. TRAITEMENT DE L'INFORMATION "EVOLUTION DU TRAIT DE COTE"

Pour chaque date, on dispose d'un polygone spécifique auquel lui correspond un identifiant. On calcule ensuite la couverture résultant de l'union des polygones représentatifs de deux dates. Le système détermine tous les nouveaux polygones créés par la superposition (union et intersection des 2 polygones initiaux) et crée pour chacun d'eux de nouveaux attributs qui renseignent sur la position qu'il occupent : à l'intérieur ou à l'extérieur du polygone "date 1" (figure 3).

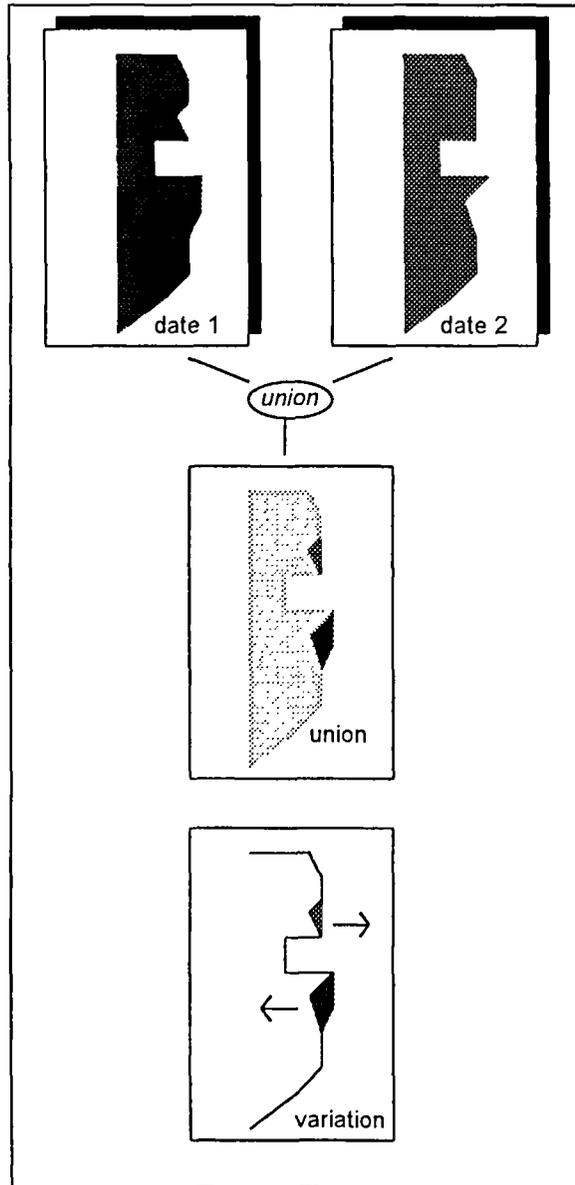


Figure 3 : Phases d'élaboration de l'information "modification du trait de côte".

Pour chaque zone d'avancée (en vert sur la planche 3 -mise à jour- hors texte) ou de recul (en rouge sur la planches 3 hors texte), MapInfo calcule automatiquement leur surface ("Surf"), leur périmètre ("Péri") et un point qui représente le centroïde de la zone.

Pour estimer les mouvements du trait de côte (avancée ou recul), nous avons procédé à une simplification fondée sur le fait que la majorité des surfaces gagnées ou perdues ont une forme oblongue qui peut être simplifiée par un rectangle (figure 4). Ainsi l'amplitude du déplacement moyen (E) du trait de côte peut être approchée par une formule simplifiée.

Le rectangle équivalent est de longueur (L) égale à la plus grande dimension du polygone, et d'épaisseur (E) telle que les surfaces du rectangle et du polygone soient égales ("surf"). L'épaisseur E représente alors l'avancée ou le recul moyen sur la portion de littoral de longueur L. On fait l'hypothèse (forme oblongue du polygone, E petit devant L), que le périmètre "Péri" du polygone peut être assimilé à deux fois la longueur (L) du rectangle :

$$\text{Périmètre du polygone} = \text{"Péri"} \# 2 \times L$$

$$\text{Surface du rectangle} = E \times L = \text{"Surf"}$$

où "Surf" et "Péri" sont la surface et le périmètre du polygone, calculées par MapInfo.

On calcule alors E par la formule : $E = 2 \times \text{Surf} / \text{Péri}$.

Ces calculs sont effectués sur tous les polygones (avancée ou recul) et un signe, "+" ou "-", est affecté selon le sens de l'évolution.

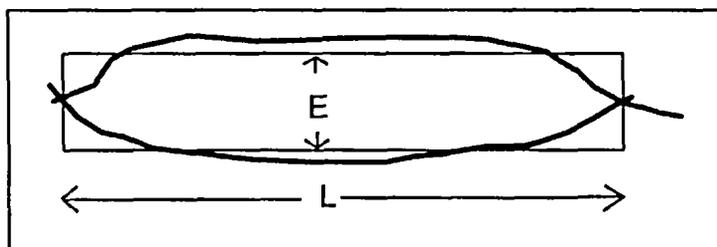


Figure 4 : Représentation de la méthode de simplification utilisée pour l'estimation de l'avancée ou recul moyen du trait de côte.

4.3. REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE DE L'EVOLUTION DU TRAIT DE COTE

La planche 3 hors texte remplace celle fournie avec le rapport R 38922 d'avril 1996. Cette planche reprend sous une présentation semblable :

- les données initiales établies pour le rapport R38922 (tout le trait de côte 1962, 1981 et 1990)
- les données initiales du trait de côte 1996 au nord de l'ordonnée 4198000 et les données nouvelles 1996 (complément) au sud de cette ordonnée.

Cette planche fournit trois types d'informations :

- une représentation de l'évolution du trait de côte date à date (1962/1981, 1981/1990, 1990/1996 et 1962/1996) par la mise en évidence des portions de plage en recul (figuré rouge) ou en avancée (figuré vert) et l'estimation de la largeur moyenne de mouvement du trait de côte calculée selon la méthode exposée en 4.2.
- une représentation de l'évolution des débouchés de rivières (Tavignano et Fium'Orbu) et du grau de l'étang d'Urbino, chaque trait de côte 1962, 81, 90 et 96 étant représenté par une couleur différente. Elle est donnée sous forme d'incrustation d'un zoom au 1/10000.
- une représentation de l'amplitude des mouvements du trait de côte, définie par les positions extrêmes de celui-ci, vers la terre et vers la mer, observées sur les 4 dates 1962, 1981, 1990 et 1996.

5. Interprétation des évolutions

Nota : Pour faciliter la lecture, on conviendra d'utiliser une formulation simple du type : "..... de 1962 à 1996, le trait de côte n'a jamais cessé de reculer", pour dire que "..... la comparaison des seules dates analysées (1962, 1981, 1990 et 1996) et faisant abstraction de tout ce qui a pu se passer -avancée ou recul- entre ces situations, indique que les traits de côte de la date D+1 sont en recul par rapport aux traits de la date D"

Dans la suite de l'exposé, l'essentiel du texte se rapporte aux éléments nouveaux qui font l'objet de ce **complément**, à savoir l'évolution du trait de côte sur la partie au sud du grau de l'étang d'Urbino. Pour des raisons de lisibilité ou pour mieux situer cette évolution dans le contexte général de l'étude, il est parfois fait rappel des éléments obtenus sur la partie nord (secteur Alésani-Diana, planche 2 du rapport R38922 d'avril 1996) et sont systématiquement rappelés les éléments déjà obtenus sur le secteur Tavignano-Urbino.

5.1. LES AMPLITUDES CONSTATEES 1962-1996

Les amplitudes constatées de 1962 à 1996 sont définies comme la différence entre la position du trait de côte la plus reculée vers la terre et celle la plus avancée en mer. Compte tenu de la méthode utilisée, ces positions extrêmes ne constituent pas les positions extrêmes qui auraient pu réellement être observées si l'on avait disposé d'une série quasi-continue d'états cartographiques du littoral (mensuel, saisonnier ou annuel) mais seulement celles qui sont extrême pour les 4 états connus (1962, 81, 90 et 96). Il n'en demeure pas moins que cette variable cartographique constitue un estimateur de la "volatilité" des plages, par la représentation d'un espace de plage qui s'est élargi (resp. rétréci) par le passé, mais qui pourrait dans le futur disparaître (resp. se reconstituer).

Les secteurs les plus stables (planche 3) , c'est à dire les moins sensibles à des modifications conjoncturelles, présentent des amplitudes faibles (volatilité réduite des plages). A l'inverse, on peut observer des secteurs sur lequel l'amplitude est forte. Cette situation peut être rencontrée sans qu'il existe une tendance, à l'érosion ou à l'engraissement, et le secteur présente alors une forte instabilité qui doit être prise en compte.

Quoiqu'il en soit, on peut admettre qu'une avancée significative du trait de côte (la terre gagne sur la mer) ne doit jamais être considérée, à priori, comme durablement acquise. C'est dans ce sens qu'il est préférable de parler de volatilité des plages (caractéristique propre à chaque système "plage") sans faire de confusion avec une plage qui serait en érosion. Les secteurs qui présentent les amplitudes les plus fortes (supérieures à 50 m) sont indiqués en tableau 2. Pour mémoire, ce tableau reprend les données déjà établies pour la partie nord du domaine étudié (secteur Alésani-Diana).

Le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu présente une amplitude de mouvements limitée : de l'ordre de 20 mètres sur une portion de 800 m au nord, et 20 à 25 mètres maximum sur une portion de 400 m au sud du débouché. Seul le débouché sensu stricto présente de plus fortes variations.

repérage kilométrique km (2)	longueur approx. du segment m)	secteur	commune ou lieu-dit
<i>4224.5 à 4224.9</i>	400	embouchure de l'Alésani	<i>Pianiccioli et plage de Pisonaccio</i>
<i>4222.1 à 4222.6</i>	500	embouchure du Ruisseau de Vado et Fosse d'Acqua Viva	Alistro
<i>4217.8 à 4218.5</i>	700	embouchure du Ruisseau de Chiosura	<i>La Chiosura, camp naturiste de Tropicana et Corsicana Forêt</i>
<i>4215.0 à 4217.2</i>	2200	embouchure de la Bravona	<i>Le Ranch et Baghera</i>
<i>4213.0 à 4213.8</i>	800	Champ de Tir de Diane (nord) embouchure du Ruiss. de Piobeta	
<i>4211.1 à 4212.0</i>	900	Champ de Tir de Diane (sud)	
<i>4209.3 à 4209.9</i>	600	Etang de Terrenzana	<i>Plage de Tallone et Riva Bella (sud)</i>
<i>4205.9 à 4206.9</i>	1000	Etang de Diane	<i>Mare Stagno</i>
<i>4203.3 à 4205.2</i>	2200	embouchure du Tavignano	<i>Marina d'Aléria et Casabianda (Aléria)</i>
<i>4198.6 à 4199.2</i>	800	nord-est de l'étang d'Urbino	<i>Siglione</i>
<i>4196.8 à 4197.7</i>	1200	Etang d'Urbino	<i>Foce de Fierascuti</i>
<i>4195.6 à 4196.0</i>	500	sud-est de l'étang d'Urbino	<i>Marais de Piobi</i>
<i>4193.0 à 4193.6</i>	800	au nord de la Marina d'Erba Rossa	<i>Vangalelli</i>
<i>4187.9 à 4189.7</i>	2000	embouchure de l'Abatesco et littoral de l'étang de Gradugine	<i>Rivoli, Alzetta, Macchia Alta</i>
au total	14600		

Tableau 2 (3): Secteurs du littoral les plus évolutifs (en caractères gras les données nouvelles)

5.2. BILAN GLOBAL DES SURFACES DE PLAGE "GAGNEES OU PERDUES"

Nous présentons ici les résultats d'un indicateur d'évolution des plages du secteur étudié. Pour chaque période analysée (1962 à 81, 1981 à 90 et 1990 à 96), nous avons calculé les surfaces de plage gagnées sur la mer (engraissement) et les surfaces de plage disparues (érosion). Nous avons actualisé les résultats concernant la partie sud. Le calcul des surfaces s'effectue automatiquement sous SIG, la surface calculée étant celle de chacun des polygones défini par les traits de côte pris à deux dates différentes.

² km 42... (en italique) exprime l'ordonnée (latitude) du secteur dans la projection Lambert IV

³ Modifie et complète de tableau 5, page 25 du rapport BRGM R38922 d'avril 1996.

Nous présentons dans le tableau 3, les résultats obtenus période par période, exprimés par la somme (1) de toutes les surfaces gagnées (progradation) , (2) de toutes les surfaces perdues (érosion); et enfin du bilan (1+2). Nous rappelons pour mémoire les résultats de la partie nord (voir planche 2 du rapport R28922).

	Période	Progradation	Erosion	Bilan
		(hectares)	(hectares)	(hectares)
<i>Partie nord</i>	48/81	8.65	-19.26	-10.61
	81/90	7.97	-9.50	-1.53
	90/96	16.05	-4.96	11.09
	48/96	13.49	-11.89	1.60
Partie sud	62/81	6.28	-14.31	-8.03
	81/90	9.14	-7.25	1.89
	90/96	6.10	-11.00	-4.90
	62/96	16.87	-22.44	-5.57

Tableau 3 : Evolution, en surfaces, des plages de l'Alésani au Fium'Orbu
(les données concernant la partie nord, inchangées, sont reprises du rapport R38922)

Sur la partie sud, la dernière période (90/96) demeure globalement une phase d'érosion. Ce bilan provient essentiellement de la situation observée au nord du grau de l'étang d'Urbino et sur l'embouchure du Tavignano, et dans une moindre mesure, de l'évolution du secteur "Marina d'Erba Rossa - Vangalelli".

5.3. LITTORAL STABLE ET FAIBLES VARIATIONS INTERANNUELLES.

Quelques secteurs (planche 3) du littoral présentent un trait de côte relativement stable, caractérisé par une faible amplitude de mouvement du trait de côte et par un faible écart entre les positions du trait de côte initial (1962) et actuel (1996) :

- sur 3 km, de la partie sud de l'étang del Sale au Marais de Siglione;
- sur 1 km au sud et 1 km au nord, de part et d'autre de l'embouchure du Fium'Orbu.

5.4. LES ZONES EN REcul SENSIBLE (EROSION)

En 1981, la situation des zones en érosion (comparaison des traits de côte 1962 et 1981) était la suivante. Du nord au sud, les secteurs qui connaissaient alors des reculs sensibles (plus de 10 mètres) étaient nombreux et étendus (planche 3) :

- pratiquement sans discontinuité, du Champ de Tir de Diane à l'étang del Sale ("Riva Bella", plage de Tallone, "Marina d'Aléria") sur un secteur long de 13 km. L'embouchure du Tavignano recule fortement, en moyenne de 50 mètres.
- les 3 km au nord du grau de l'étang d'Urbino (de l'étang del Sale au grau)
- 3 km au nord (de "Marina du Caprone" au lieu-dit Vangalelli) et 500 m au sud de l'embouchure du Fium'Orbu (littoral du marais de Canna).

En 1990, des reculs moins importants qu'au cours de la période précédente sont encore enregistrés sur le secteur de la plage de Tallone. Il en est de même du littoral situé 2 km de part et d'autre de l'embouchure du Tavignano. Au nord du Fium'Orbu, les plages des secteurs de la marina d'Erba Rossa et de Valgalelli reculent localement de plus de 20 mètres.

En 1996, parmi les secteurs en recul au cours des deux périodes précédentes (1962-1981 et 1981-1990), seuls demeurent quelques portions du littoral qui présentent toujours un recul du trait de côte : le littoral au sud de l'embouchure du Tavignano. En 1996, il apparaît que le recul du trait de côte est réactivé au nord du grau de l'étang d'Urbino, après une période (1981-1990) d'avancée générale du trait de côte sur ce secteur. Le recul est général entre 1990 et 1996, du grau d'Urbino au Tavignano.

5.5. LES ZONES EN AVANCEE SENSIBLE

Les secteurs sur lesquels le trait de côte avançait, de façon significative, sur la période 1962-1981 étaient peu nombreux : 4 km au sud du grau de l'étang d'Urbino (avancée modérée, localement plus de 10 mètres) et ponctuellement dans le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu.

En 1990, des secteurs plus nombreux et plus étendus du littoral présentent une évolution à l'engraissement des plages : au nord et au sud du grau de l'étang d'Urbino et dans le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu. Entre l'embouchure de l'Abatesco et l'étang du Gradugine, la plage avance d'une dizaine de mètres. Cette avancée semble liée à la présence d'une épave gisant à 250 m de la côte qui assure une protection semblable à celle qu'offrirait un ouvrage de type digue submersible parallèle à la côte. La période 1981-1990 s'est soldée par une avancée globale des plages (tableau 3).

En 1996, les secteurs qui présentent des plages en engraissement sont peu nombreux et les avancées sont rarement significatives. Les plus fortes avancées sont enregistrées ponctuellement au nord de l'embouchure du Fium'Orbu (Marina du Caprone et Marina d'Oru) et elles sont généralisées sur près de 3 km au sud de l'embouchure, où elles atteignent la quinzaine de mètres sur le secteur situé à l' "ombre" de l'épave.

5.6. LES SECTEURS DES EMBOUCHURES

Les embouchures sont traditionnellement des zones où la variabilité du trait de côte est forte. Le secteur étudié offre de nombreux exemples de variations.

Dans le secteur de l'embouchure du **Tavignano** (planche 3), le trait de côte actuel occupe la position la plus en retrait depuis 1962. On observe une tendance installée au recul du rivage aussi bien au nord qu'au sud de l'embouchure, sur une longueur de 2 km.

Le grau de l'étang d'**Urbino** a fait l'objet d'aménagements répétés depuis 1962. Depuis 1981, le grau a été totalement artificialisé et des dragages sont réalisés dans le chenal avec remblaiement à l'intérieur de l'étang. La discontinuité imposée au littoral a conduit à un recul du trait de côte (érosion) au nord et à une avancée (engraissement) au sud du grau, entre 1962 et 1996. Nous sommes en présence d'une tendance d'évolution établie.

Jusqu'en 1990, l'embouchure du **Fium'Orbu** a présenté des formes variables dans le sens du développement de la flèche littorale : orientée au sud en 1962, 1990 et 1996, orientée au nord en 1981. Sur une centaine de mètres de part et d'autre de l'embouchure, le trait de côte a présenté des variations qui restent à l'intérieur de la vingtaine de mètres. La position du trait en 1996 est, de toutes les dates étudiées, celle qui est le plus en avant sur la mer.

5.7. EVOLUTION DE L'OCCUPATION DES SOLS (BATI, ZONES HUMIDES, ...)

Au nord de l'embouchure du Tavignano, au lieu-dit "Ferme de Padulone", 5 constructions se trouvent, en Janvier 1996 à moins de 25 m de la ligne du rivage. L'une d'elles est les "pieds dans l'eau" protégée par des enrochements (perceptibles sur les photographies de janvier 1996). Vers le sud, le camping "Marina d'Aléria" a fait place entre 1986 et 1990 à un complexe touristique constitué de constructions de type bungalows. En Janvier 1996, certaines d'entre elles étaient situées à moins de 50 m de la ligne de rivage. A cet endroit, le trait de côte a reculé de près de 50m entre 1962 et 1996.

Dans le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu, les constructions à proximité et sur le littoral, se sont fortement développées entre 1962 et 1981 ("Marina d'Erba Rossa", "Marina d'Oru" et "Marina du Caprone") au détriment des zones humides. Entre 1981 et 1990, de nouvelles constructions apparaissent à "Marina d'Oru" en bordure du Marais d'Erba Rossa et au lieu-dit "Vigo du Vignale". Il apparaît également une zone de remblai importante de la bordure nord-est du Marais d'Erba Rossa, jouxtant l'urbanisation "Marina d'Erba Rossa". Sur celle-ci, certaines constructions étaient, en 1990, à moins de 25 m de la ligne de rivage dans le secteur qui présentait de 1962 à 1990 une tendance constante à l'érosion. De 1990 à 1996, le bâti ne connaît pas de modification perceptible à l'échelle des prises de vue aériennes. L'extrémité sud du marais d'Erba Rossa (planche 1 du rapport R38922) est retirée au domaine "zone humide" du marais : un nouveau chemin longe le canal de drainage, parallèlement au chemin de desserte de la Marina d'Oru, existant en 1990.

6. Conclusion

Ce travail complémentaire à l'étude réalisée en avril 1996 a permis d'intégrer la position du trait de côte de 1996 au sud de l'étang d'Urbino et de porter à connaissance les évolutions récentes enregistrées depuis 1990 sur ce secteur. Les secteurs sur lesquels une tendance d'érosion persiste ont été identifiés:

- secteur de l'embouchure du Tavignano (sur 1.5 km au nord et 2 km au sud)
- secteur nord du Grau de l'étang d'Urbino (sur 2 km)

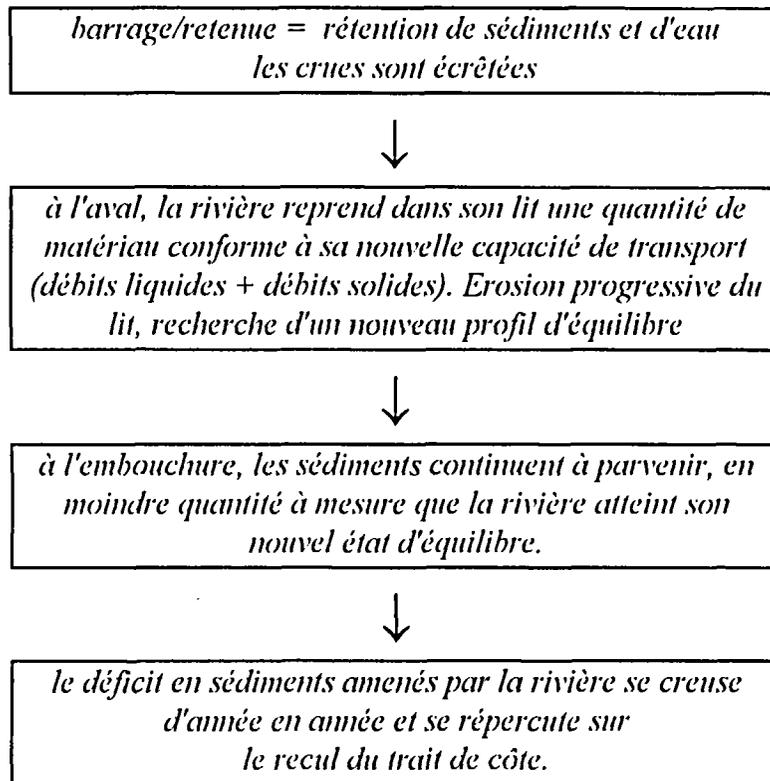
Certains secteurs présentent des constructions à proximité immédiate de la ligne de rivage, souvent à moins de 50m :

- 5 constructions sur la plage au lieu dit "Ferme de Padulone" et quelques bungalows de la "Marine d'Aléria", au nord de l'embouchure du Tavignano
- au lotissement "Marina d'Erba Rossa", au nord de l'embouchure du Fium'Orbu, quelques constructions étaient à moins de 25 m de la ligne de rivage en 1990 mais on n'observe plus de nouvelles constructions entre 1990 et 1996 à proximité de la côte.

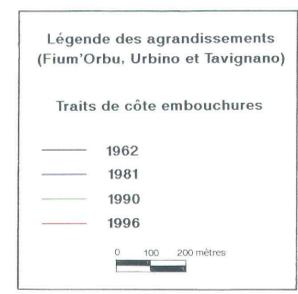
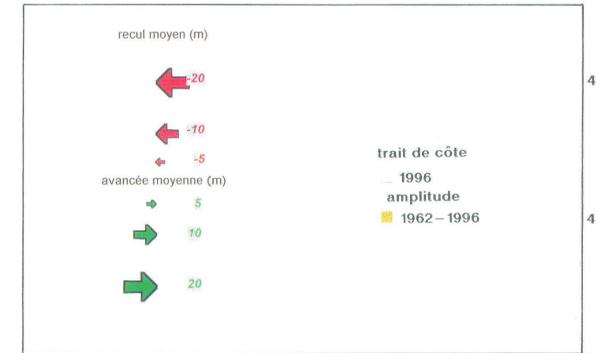
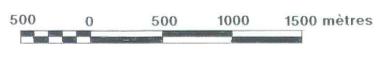
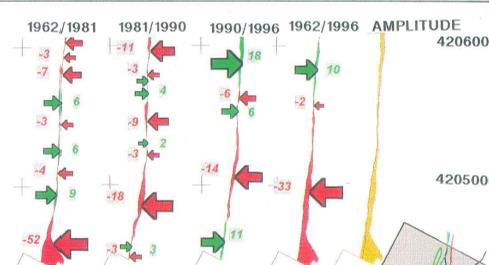
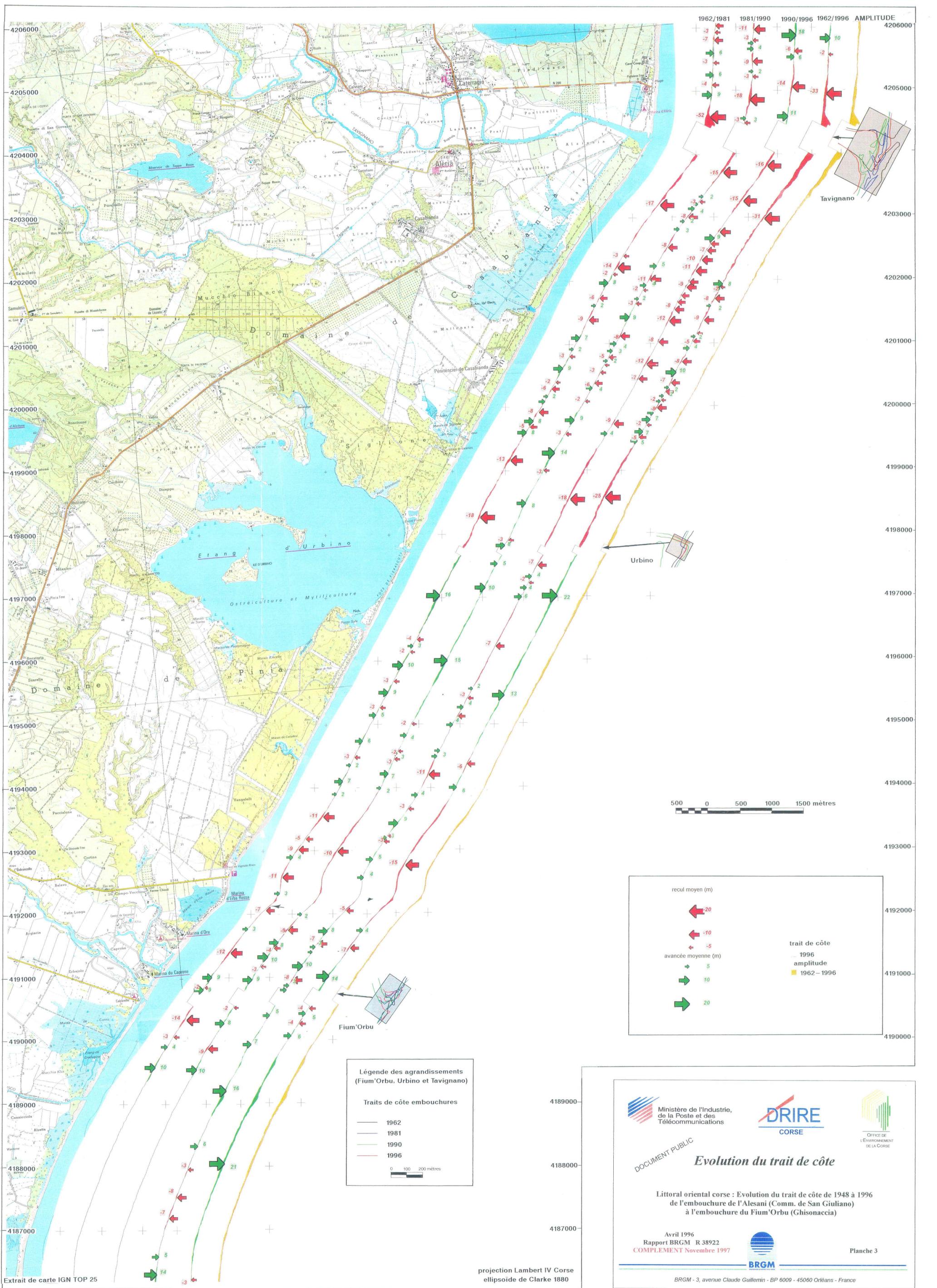
Par ailleurs, le marais d'Erba Rossa continue d'être "raboté" à ses périphéries (évolution observée entre 1990 et 1996).

L'évolution récente (1990-1996) du trait de côte dans le secteur de l'embouchure du Fium'Orbu a pu être examinée sur la base des positions géo-référencées occupées par le trait de côte lors des missions de photographie aériennes de 1962, 1981, 1990 et 1996. Ce secteur connaît des modifications interannuelles modérées. Il n'a pas été mis en évidence une tendance établie à l'avancée ou au recul. Au cours de la période 1990-96, le solde des évolutions montre une nette stabilité du trait de côte avec quelques reculs ou avancées ponctuels et alternés de faible ampleur. Le débouché même du Fium'Orbu est stable ; les flèches de sable édifiées à ses extrémités sont même légèrement à l'avant de celles photographiées en 1962, 1981 et 1990. L'étude des mouvements du trait de côte de 1962 à 1990 et de 1990 à 1996 (après la construction du barrage sur le Fium'Orbu) a montré l'absence d'effets perceptibles, tout au moins sur le court terme (4 ans après l'entrée en service de la retenue), sur l'évolution des plages dans le secteur de l'embouchure. Ce constat

n'exclut pas qu'à terme des effets puissent être observés, le système rivière/littoral présentant un potentiel d'adaptation important mais limité illustré par le diagramme de fonctionnement schématique suivant :



Ces mécanismes généraux sont éventuellement altérés par l'occurrence d'événements climatiques particuliers ou peu fréquents (tempêtes, pluies exceptionnelles).



Ministère de l'Industrie, de la Poste et des Télécommunications

DRIRE CORSE

OFFICE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA CORSE

DOCUMENT PUBLIC

Evolution du trait de côte

Littoral oriental corse : Evolution du trait de côte de 1948 à 1996 de l'embouchure de l'Alesani (Comm. de San Giuliano) à l'embouchure du Fium'Orbu (Ghisonaccia)

Avril 1996
Rapport BRGM R 38922
COMPLEMENT Novembre 1997

BRGM

Planche 3

BRGM - 3, avenue Claude Guillemin - BP 6009 - 45060 Orléans - France

projection Lambert IV Corse
ellipsoïde de Clarke 1880

Extrait de carte IGN TOP 25