



Application de la télédétection
à l'étude des milieux littoraux
Utilisation des capteurs thermiques

Y.M. Le Nindre*, A. Berthiaux* et L. Minoux*

avec la collaboration de

J.M. Bouchet** et P.J. Labourg**

Mai 1989

89 SGN 410 GEO TED

* BRGM - BP 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX

** Institut Universitaire de Biologie Marine - 2, rue Prof. Jolyet
33120 ARCACHON

Résumé

Par des travaux antérieurs, nous avons montré, sur l'exemple du Bassin d'Arcachon (Aquitaine, France), les possibilités qu'offrait le capteur Thematic Mapper du satellite Landsat pour l'étude des environnements littoraux.

Dans le but de mieux comprendre les échanges entre Bassin et océan, le Comité des Utilisateurs de la Télédétection (C.U.T.) a financé un complément de travaux portant sur des données non traitées jusqu'alors et concernant principalement le domaine de l'infra-rouge thermique.

L'exploitation de ces données et leur corrélation avec les renseignements obtenus à partir des autres canaux du même capteur ont permis de caractériser des masses d'eau à deux saisons différentes, dans un cas à marée descendante (avril 1984) et dans l'autre cas à marée basse (septembre 1984). Les images données par le canal 2 (vert) et le canal 6 (infra-rouge thermique) sont cohérentes entre elles et interprétables à partir des connaissances acquises au sol depuis 1968.

La zonation des eaux néritiques, le domaine d'influence du Bassin au cours d'un cycle de marée, des corrélations entre la température de surface, la turbidité et les différents environnements, le rôle de la saison, sont mis en évidence.

Sommaire

1 - CADRE DE L'ETUDE	5
2 - RAPPEL DES RESULTATS PRECEDENTS	6
2.1 - Résultats de l'analyse multispectrale	6
2.2 - Résultats de l'étude multitemporelle	7
3 - MATERIEL ET METHODES	8
3.1 - Préparation des données	8
3.2 - Documents produits à partir des deux scènes	8
4 - RESULTATS OBTENUS	10
4.1 - Images de marée haute	10
4.2 - Images de marée basse	14
CONCLUSION	20
BIBLIOGRAPHIE	21

Liste des figures

Fig. 1 - Carte de localisation extraite de la carte n° 110, série rouge 1/250 000, Bordelais-Périgord. IGN (1985)

Fig. 2 - Bassin d'Arcachon - Landsat T.M. - Marée haute -
Interprétation de l'image du canal 2 (vert) : turbidité

Fig. 3 - Bassin d'Arcachon - Landsat T.M. - Marée basse -
Interprétation de l'image du canal 2 (vert) : chenaux, bancs,
turbidité

.
.
.

Planche 1 - Bassin d'Arcachon - Landsat T.M. du 12/09/84 - Marée basse -
Canaux 1, 2, 3

Planche 2 - Bassin d'Arcachon - Landsat T.M. du 21/04/84 - Marée haute -
Canal 2, vert : turbidité

Planche 3 - Bassin d'Arcachon - Landsat T.M. du 21/04/84 - Marée haute -
Canal 6 - infrarouge thermique : Température des eaux de
surface

Planche 4 - Bassin d'Arcachon - Landsat T.M. du 21/04/84 - Marée haute -
Composition colorée des canaux 2, 3, 6 : turbidité (en bleu
et vert) et température de surface (en rouge)

Planche 5 - Bassin d'Arcachon - Landsat T.M. du 12/09/84 - Marée basse -
Canal 2, vert : chenaux, bancs, turbidité

Planche 6 - Bassin d'Arcachon - Landsat T.M. du 12/09/84 - Marée basse -
Canal 6 : température des eaux de surface

Planche 7 - Bassin d'Arcachon - Landsat T.M. du 12/09/84 - Marée basse -
Composition colorée des canaux 2 (en vert), 3 (en bleu)
et 6 (en rouge)

Planche 8 - Bassin d'Arcachon - Landsat T.M. du 12/09/84 - Marée basse -
Dérivée oblique canal 2 : la lagune

Planche 9 - Bassin d'Arcachon - Landsat T.M. du 12/09/84 - Marée basse -
Dérivée oblique canal 2 : les passes

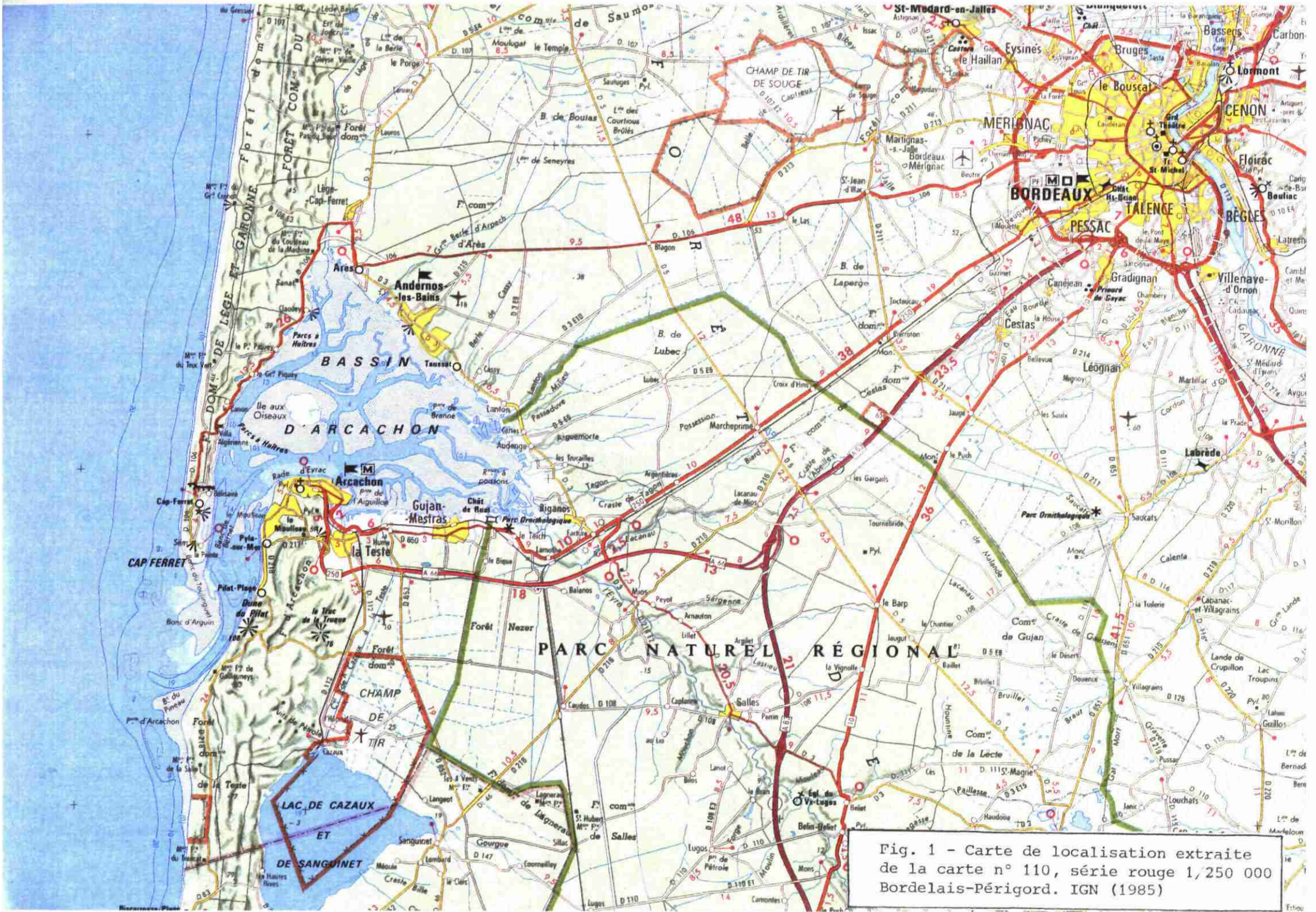


Fig. 1 - Carte de localisation extraite de la carte n° 110, série rouge 1,250 000 Bordelais-Périgord. IGN (1985)

1 - Cadre de l'étude

Au cours d'une première phase de travaux (Le Nindre et Dutartre, 1988) nous avons montré les possibilités qu'offrait le capteur Thematic Mapper du satellite Landsat pour la reconnaissance et l'étude de l'évolution spatio-temporelle des environnements littoraux.

Le Bassin d'Arcachon (fig. 1) avait été choisi comme exemple pour diverses raisons favorables :

- il constitue un excellent modèle sédimentologique et présente un échantillonnage très diversifié d'environnements et de biotopes,
- il a été très étudié ; il est donc bien connu,
- c'est un objet accessible et de petite dimension,
- la lagune ou "bassin" communique avec l'océan par un système de passes très mouvant.

Les données numériques réparties sur deux quarts de scène ont été acquises pour deux dates : 21 avril (marée haute) et 12 septembre (marée basse) 1984. Les canaux 1 (bleu), 2 (vert), 3 (rouge) et 4 (proche infra-rouge) ont été exploités.

L'objectif consiste à replacer le Bassin dans le cadre plus large du plateau continental et à examiner les anomalies induites par le fonctionnement de la lagune. Celles-ci concernent aussi bien les processus d'érosion et de sédimentation que la qualité des eaux. Ce concept s'exprime ici en termes de température et turbidité. Le transit des masses d'eau a une importance fondamentale dans la vie des baies et des lagunes à forte productivité biologique qui assurent vis à vis des espèces de l'océan un rôle de nursery.

La présente étude propose d'aborder la question des échanges entre Bassin et Océan en complétant l'information existante par l'exploitation des données thermiques disponibles sur le capteur T.M. (canal 6, infra-rouge thermique). Des corrélations avec les images des autres canaux ont été faites. L'intérêt de l'usage des dérivées a été testé sur différents faciès.

2-Rappel des résultats précédents

L'étude des différents environnements marins et continentaux du Bassin d'Arcachon et de ses annexes océaniques a été réalisée par deux approches complémentaires :

- analyse multispectrale, pour la caractérisation et la cartographie des différents faciès ;
- étude des transformations morphologiques de la côte, des bancs et des passes d'entrée du Bassin, de l'évolution des aménagements à terre au cours du temps.

2.1 - Résultats de l'analyse multispectrale

L'utilisation des canaux 1 et 2, combinée avec une coloration des images en fonction du niveau de gris, a permis de mettre en évidence de manière remarquable les sédiments sous faible tranche d'eau et les transits de particules en suspension sous l'effet des courants de houle et de marées dans la zone proximale du plateau continental.

La combinaison 1, 2, 3 avec le canal rouge apporte des informations d'ordre morphologique et complète l'image par une bonne restitution du couvert végétal.

Le proche infra-rouge (4) donne des résultats d'une grande précision et apporte un luxe de détails dans la cartographie des plans d'eau (bâines, chenaux de marée et esteys, rivières, marais, lacs de tonnes). Il permet des distinctions tranchées entre sédiments émergés et sous faible tranche d'eau ainsi que des interprétations plus subtiles au niveau de la typologie des faciès de transition (slikke, haute slikke, schorre). Enfin, les morphologies et les différentes générations de systèmes dunaires apparaissent avec une grande clarté.

La combinaison 2, 3, 4 donne une image moins fouillée que 1, 2, 3, dans le domaine marin, mais fournit plus d'informations sur la côte, le replat de marée et le domaine continental. Des zonations dans les herbiers de zostères liées à l'état de végétation de ces phanérogames marines apparaissent. La distinction entre les zones vierges et les zones aménagées en parcs à huîtres du replat de marée peut être facilement effectuée.

2.2 - Résultats de l'étude multitemporelle

Des résultats clairs ont été obtenus par comparaison d'images prises à différents états de la marée ou à des dates espacées dans le temps.

Evolution des passes depuis 1976

La comparaison d'images Landsat MSS de 1976 et 1979, Landsat TM de 1984 (avril et septembre) et Spot de 1986 montre une évolution rapide et importante des passe d'entrée du Bassin, spécialement visible dans l'évolution morphologique du Banc d'Arguin et l'engraissement d'un banc situé plus au Sud. Ces documents viennent compléter les cartographies effectuées et les études faites à partir des photos aériennes.

Transits sédimentaires, courants de houle et de marée

La comparaison entre marée haute et marée basse (au début ou à la fin du reflux) par l'utilisation du canal bleu (1) ou vert (2) T.M. montre des images très différentes, spécialement dues au fonctionnement des lobes du delta de jusant mis en évidence par le transit des sédiments en suspension et à l'existence de zones de forte réflectance sur le plateau continental, au Nord des passes, au début du reflux.

Autres aménagements

Par la même méthode et en utilisant des compositions colorées incluant plusieurs dates, l'évolution du parcellaire et du réseau routier peut être constatée.

3 - Matériel et méthodes

Les scènes utilisées sont celles du 21 avril et 12 septembre 1984 à 12 h 20 mn, heure locale. Les conditions d'acquisition ont été décrites en détail dans l'étude antérieure.

3.1. Préparation des données

Le domaine sélectionné s'inscrit dans un rectangle de 40 km de haut et 34 km de large. Il s'étend environ 18 km au Nord, 22 km au Sud, 17 km à l'Ouest et 17 km à l'Est de la ville d'Arcachon et concerne le plateau continental sur une bande de 7 à 14 km de large (pl. 1).

Le choix de cette fenêtre a nécessité l'assemblage de deux quarts de scène dans le sens Nord-Sud, la limite entre les deux passant à hauteur de la Vigne (presqu'île du Cap-Ferret). Les corrections géométriques d'usage, d'après la carte topographique I.G.N. au 1/50 000 "Arcachon", et le délignage des différents canaux par filtrage passe-bas ont ensuite été opérés.

3.2. Documents produits à partir des deux scènes

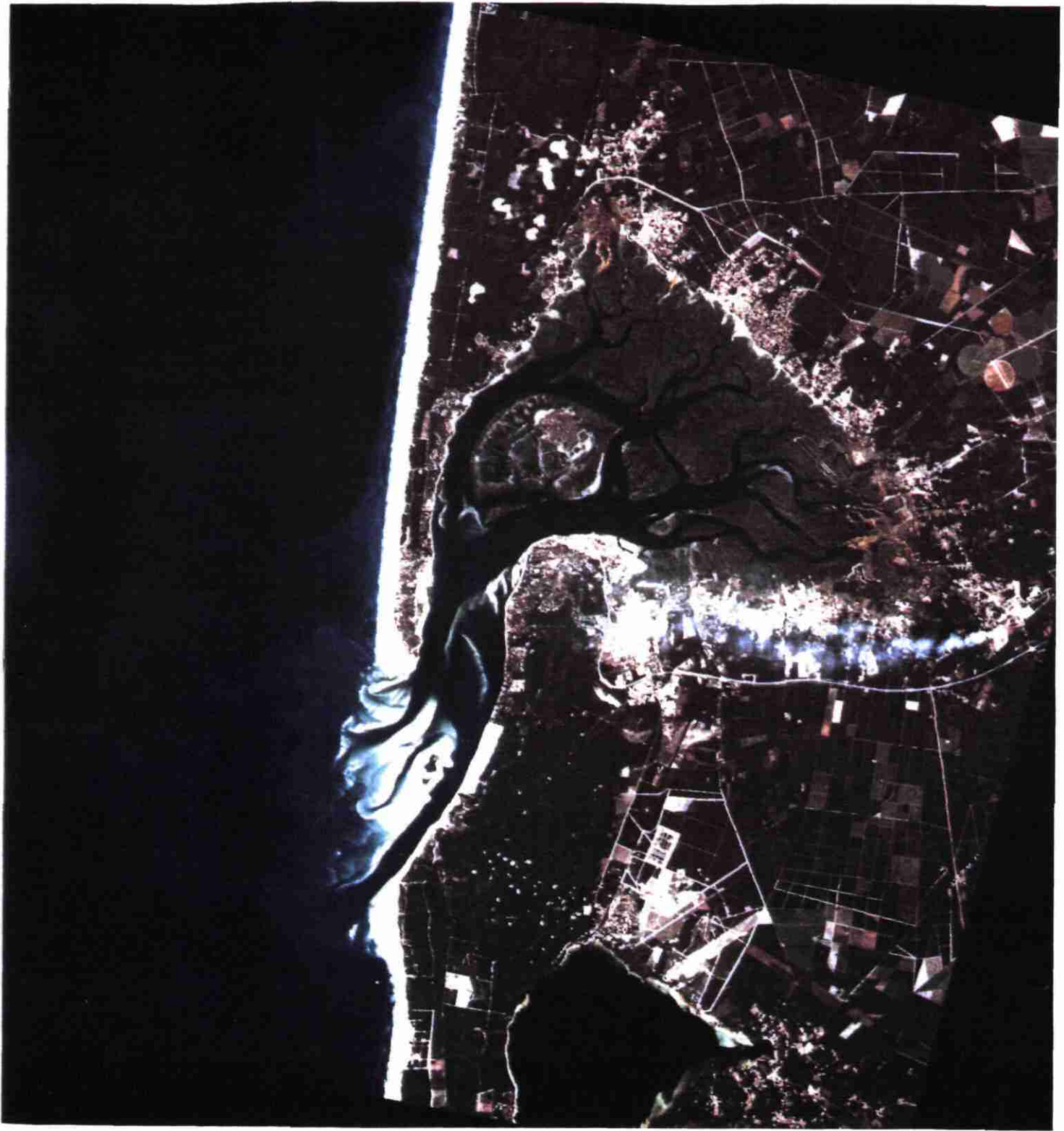
Des restitutions au 1/75 000 et au 1/200 000 (21 x 29,7 cm) ont été réalisées.

Pour chaque date :

- images en noir et blanc des canaux 2, 3, 6. Pour chacun des canaux : 2 (vert), 3 (rouge), 6 (infra-rouge thermique) on a réalisé des étalements de dynamique correspondant à des fonctions de transfert pseudo-logarithmiques (annexe 1) ;

Planche 1 - Bassin d'Arcachon

Marée basse - Landsat T.M. du 12/09/84 : Canaux 1, 2, 3



10 km.

- coloration des images du canal 6 selon une gamme de couleurs allant du rouge au bleu par classes de niveaux de gris (annexe 1).

Les classes les plus élevées, correspondant à la partie continentale de l'image n'ont pas été colorées.

- composition colorée des canaux 6, 2, 3 au travers des filtres rouge, vert, bleu.

Pour la scène de marée basse :

- composition en couleurs naturelles 1, 2, 3, au travers des filtres bleu, vert et rouge, avec un étalement de dynamique linéaire (annexe 1) ;
- dérivées horizontale, verticale et oblique (canal 2, noir et blanc) pour le domaine interne et pour le domaine externe du système tidal. L'étalement de dynamique est de type linéaire standard.

Pour les deux dates :

- composition colorée par superposition des deux images du canal 6 en bleu, avril, en rouge, septembre avec un étalement de dynamique de type sinusoïdal (annexe 1).

4 - Résultats obtenus

Pour chacune des deux scènes, les traitements réalisés nous ont permis de fournir des résultats concernant la caractérisation des masses d'eau à l'intérieur et à l'extérieur du Bassin.

Dans le domaine visible, le canal vert (2) contient l'essentiel de l'information. Le canal 6 sélectionne le rayonnement infra-rouge d'origine thermique. Les images obtenues rendent compte de la température du sol et, dans le domaine marin, de celle de la surface de l'eau. Les dates d'acquisition des données correspondent à des périodes de faible contraste thermique. Les compositions colorées faisant intervenir trois canaux ont été réalisées en incluant le canal rouge (3), choisi de manière empirique au vu des résultats.

Les calculs de dérivées ont été tentés dans le but de juger des résultats de cette méthode pour la détection des aménagements ostréicoles et la mise en valeur des corps sédimentaires.

4.1. Images de marée haute (21 avril 1984).

Canal vert : turbidité

L'image donnée par le canal vert (pl. 2) couvre ici un domaine plus vaste que dans les travaux précédents. Elle contient la majeure partie de l'information, spécialement en mer. Le reflux est amorcé depuis environ deux heures, avec pour conséquence d'assez forts courants de marée, communément 3 noeuds, dans les chenaux et les passes.

Les phénomènes observés sur le plateau ou au niveau du delta de marée sont connus comme transitoires et se distinguent nettement par leur géométrie, des bancs émergés à marée basse. Ces figures, ont été interprétées comme résultant de la présence de matières en suspension : sable, silt, plancton. Le phytoplancton, grâce à ses pigments, se détecte particulièrement bien par sa réponse radiométrique dans les canaux 2 et 3 (520 à 690 nm. Viollier et al., 1985). Nous considérerons donc que le document obtenu nous permet d'apprécier la turbidité des eaux sur une certaine profondeur.

Planche 2 - Bassin d'Arcachon

Marée haute - Landsat T.M. du 21/04/84

Canal 2, vert : turbidité



10 km.

Une interprétation de l'image en noir et blanc a été faite (fig. 2) en distinguant la zone terrestre et les corps sableux émergés en permanence, les corps émergés à marée basse, les corps immergés sous faible tranche d'eau et les matières en suspension. Une classification en neuf zones par domaines de turbidité décroissante a été faite.

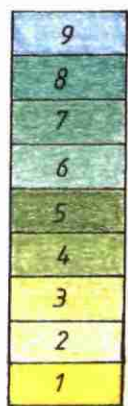
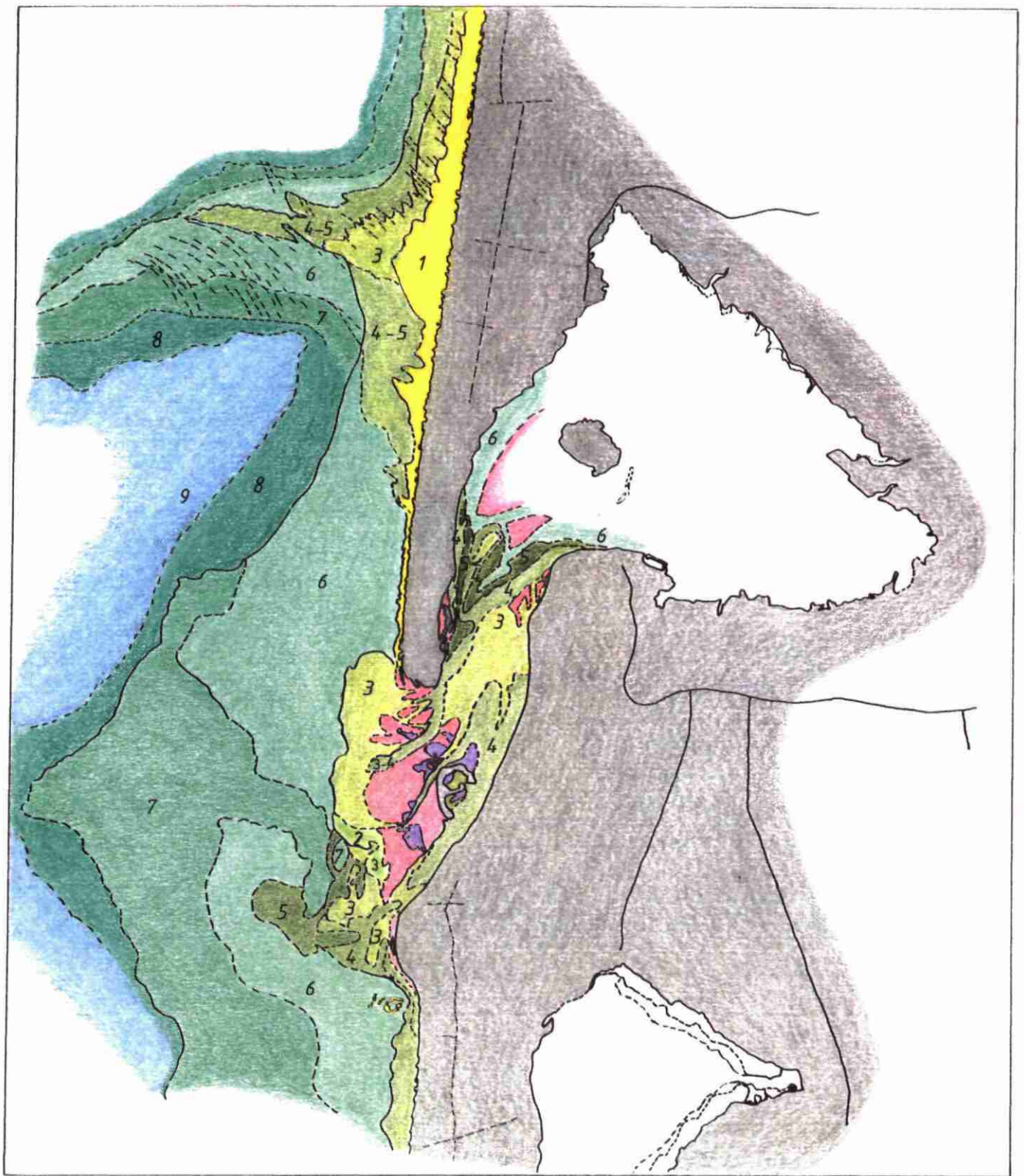
La zone 3 traduit, le long de la côte, une remise en suspension de sédiment visible également sur l'image de 1976. Il y correspond une érosion plus active du littoral par la houle (Lorin et Migniot, 1984). Au débouché du Bassin, elle dessine des lobes de turbidité traduisant le fonctionnement du delta de jusant, principalement actif par ses passes du nord et l'entraînement de sédiment à partir du Banc de Bernet, dit delta de flot, en amont.

La zone 5 dessine en aval de la passe sud un panache visible également à la fin du jusant (voir l'image de marée basse) qui est probablement responsable de l'envasement du plateau dans ce secteur.

La zone 7, en forme de delta, marque d'une manière assez nette la limite de la zone d'influence du Bassin à ce point de vue.

Figure 2 - Bassin d'Arcachon

**Marée haute - Interprétation de l'image du canal 2 (vert) :
Turbidité**



turbidité
décroissante



corps sableux immergés sous faible tranche d'eau



corps émergés à marée basse (estran)



corps émergés en permanence

Canal 6 : température des eaux de surface

L'image a été colorée de manière à mieux distinguer les diverses gammes de température ; les zones les plus chaudes sont en rouge, les plus froides sont en bleu (pl. 3).

La scène a été prise au mois d'avril vers 12 h 20 mn, heure locale ; les eaux du large, plus froides en cette période de l'année, apparaissent en vert et bleu. Une inversion des températures entre le large et le Bassin serait observée à la fin de l'été.

Les eaux du Bassin, réchauffées au cours de la matinée, présentent une zonation qui correspond d'une manière assez rigoureuse à celle qui a été définie par Bouchet (1968) :

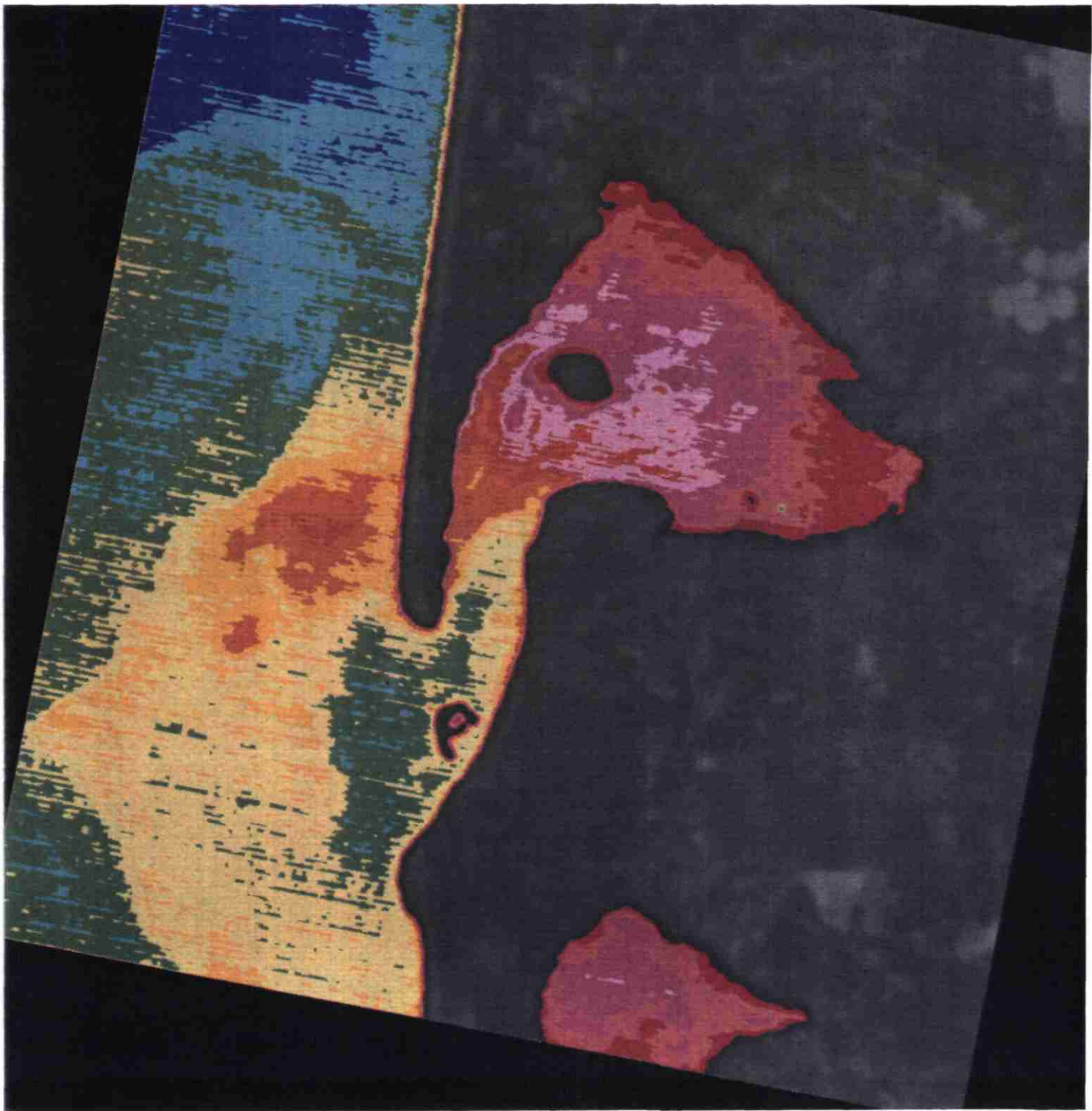
- les eaux néritiques internes, en rouge
- les eaux néritiques moyennes, en violet
- les eaux néritiques externes, en orange.

A l'Ouest du Cap-Ferret, la tache orange de même aspect que les eaux néritiques externes, montre la présence d'eaux plus chaudes issues du Bassin au jusant ; elle se situe à l'aplomb d'une région plus envasée du plateau et matérialise donc une zone de calme relatif où s'effectue un stockage des eaux et des sédiments.

Cette disposition semble montrer le rôle privilégié joué par la passe nord pour l'évacuation des eaux de surface à ce moment du jusant. Dans ce contexte, la partie interne de la pointe du Cap-Ferret paraît particulièrement exposée aux processus d'érosion.

Le delta de marée apparaît en vert et cyan ; les eaux qui s'écoulent sur les bancs sont plus froides et apparentées aux eaux profondes du Bassin. Cet aspect résulte d'une stratification des eaux en fonction de leur température.

Planche 3 - Bassin d'Arcachon
Marée haute - Landsat T.M. du 21/04/84
Canal 6 - infrarouge thermique :
Température des eaux de surface



10 km.

Le couple turbidité-température

On remarque globalement une assez bonne corrélation entre l'image de la température des eaux de surface et celle de la turbidité qui permet d'identifier les différentes masses d'eau. La surface colorée en jaune (pl. 3, canal 6) se superpose étroitement au nuage turbide mis en évidence par le canal vert (pl. 2, canal 2, zone 7). Son extension maximale vers l'Ouest correspond à la limite externe du domaine influencé par le Bassin au cours d'un cycle de marée.

L'ensemble de ces observations est résumé visuellement par la composition colorée des canaux 2, 3, 6 (pl. 4) dans laquelle la turbidité apparaît en bleu-vert et la température en rouge. Plus les couleurs sont intenses et plus l'un ou l'autre de ces paramètres est dominant.

Planche 4 - Bassin d'Arcachon

Marée haute - Landsat T.M. du 21/04/84

Composition colorée des canaux 2, 3, 6

Turbidité (en bleu-vert) et température de surface (en rouge)



10 km.

4.2. Images de marée basse (12 septembre 1984).

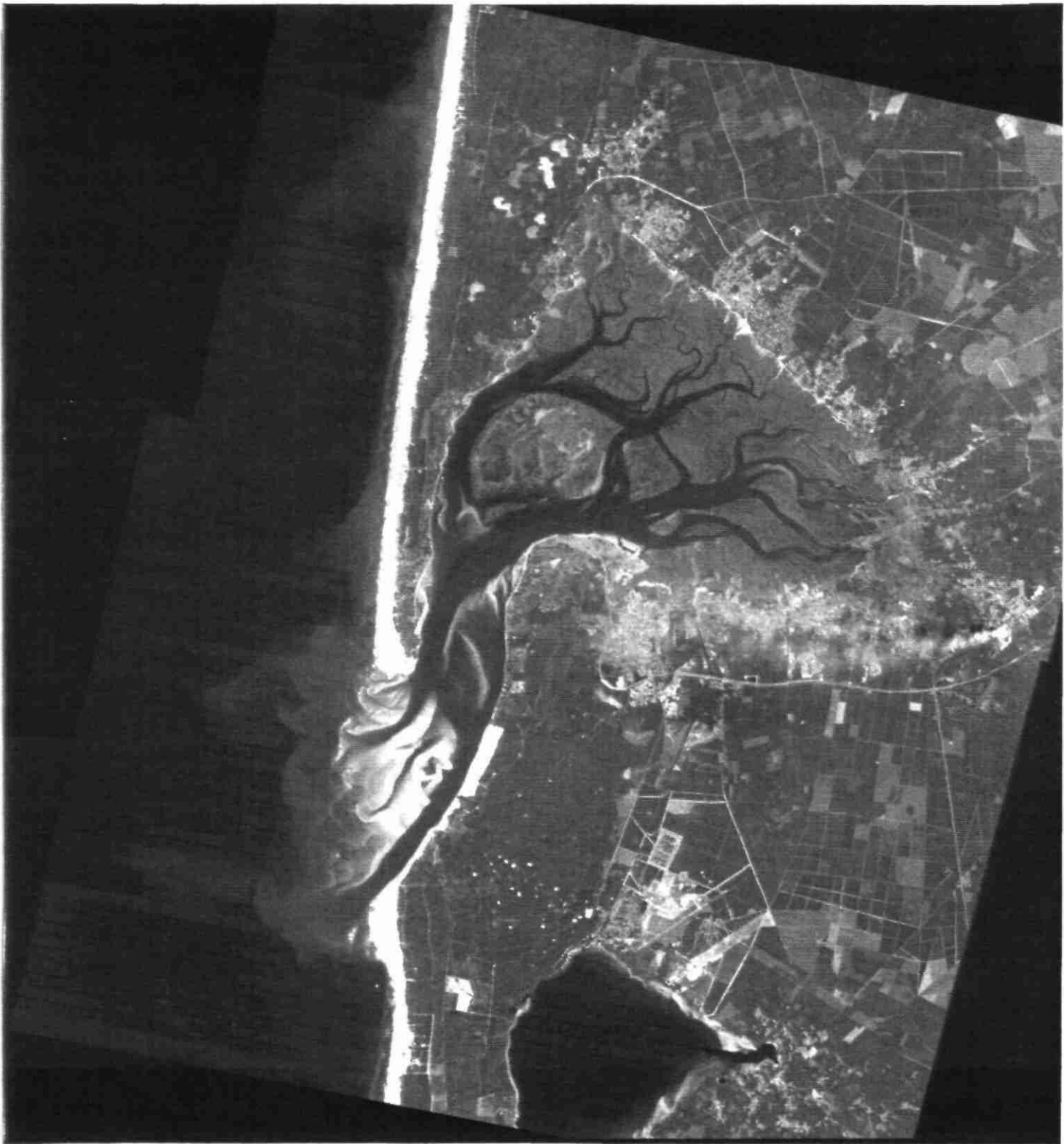
Canal 2 : chenaux, bancs, turbidité

Le canal vert donne une image assez complète et classique du Bassin à marée base (pl. 5), excepté pour les champs de dunes qui ne sont réellement valorisés que par le proche infra-rouge. Les chenaux et les esteys sont bien dessinés, les faciès sableux, mis en valeur. Le système de baïnes qui découpe la côte en festons est visible. La morphologie des bancs apparait à ce stade de la marée telle qu'on la connaît par la photo aérienne.

Contrairement au cas précédent, la turbidité sur le plateau et dans les chenaux est faible. Des panaches peu actifs, enroulés dans le sens des aiguilles d'une montre sous l'effet des forces de Coriolis se dessinent en aval du delta de jusant. L'un d'entre eux marque le débouché de la passe sud et correspond à une aire de décantation sur le plateau (cf. 4.1.)

L'image a été interprétée de la même manière que celle de marée haute (fig. 3). La classification en zones de turbidité décroissante a été faite sensiblement par rapport aux mêmes valeurs de niveau de gris que dans l'image de marée descendante. Le phénomène concerne à peu près les mêmes secteurs mais son extension est plus limitée et son intensité moindre. La zone 6 correspond à l'emprise du delta de marée, la zone 7, aux chenaux et aux panaches les plus distaux.

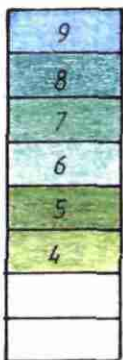
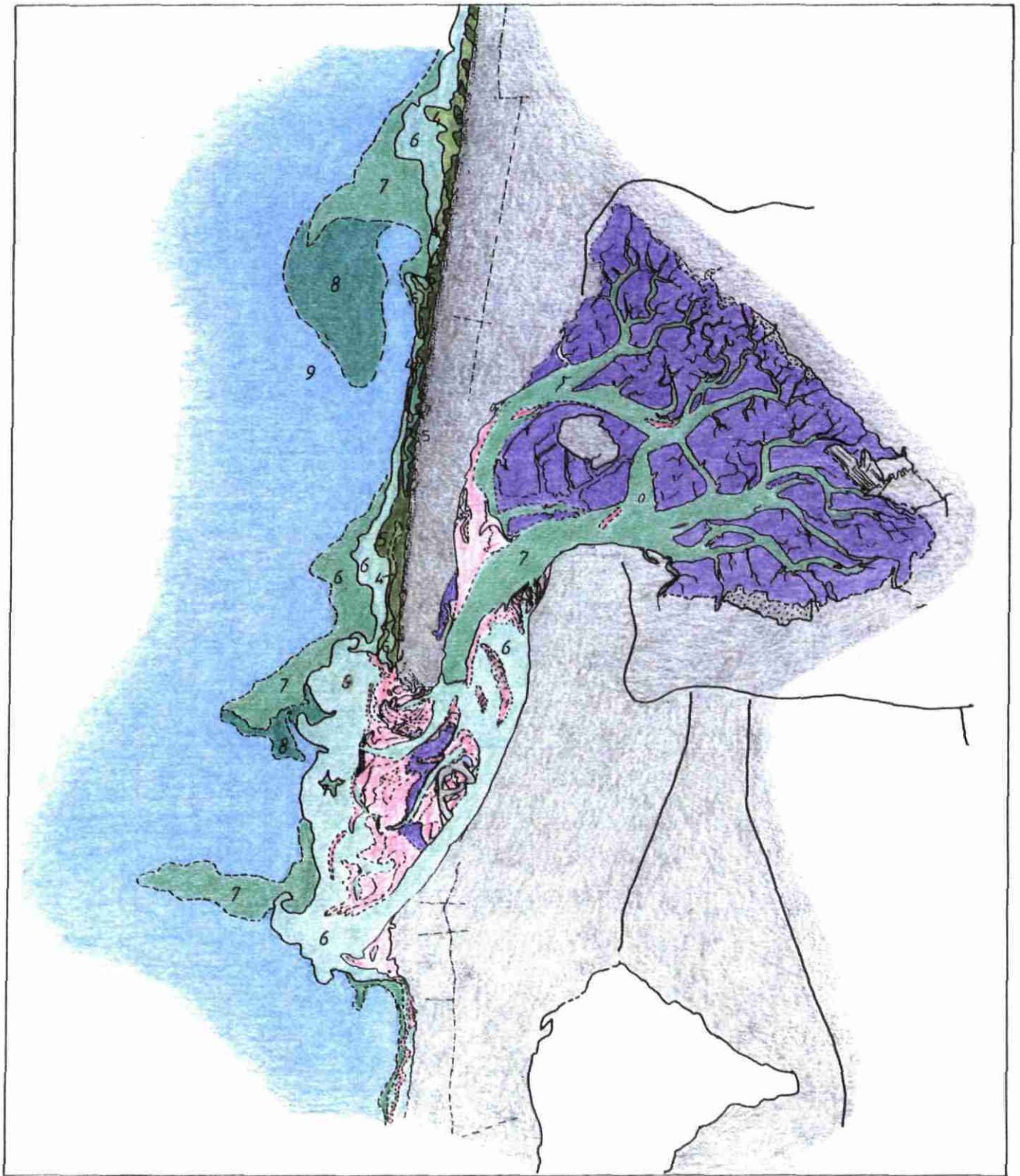
Planche 5 - Bassin d'Arcachon
Marée basse - Landsat T.M. du 12/09/84
Canal 2, vert : chenaux, bancs, turbidité



10 km.

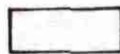
Fig. 3 - Bassin d'Arcachon

**Marée basse - Interprétation de l'image du canal 2 (vert) :
chenaux, bancs, turbidité**



turbidité

décroissante



corps sableux immergés sous faible tranche d'eau



corps émergés à marée basse (estran)



corps émergés en permanence

Canal 6 : température des eaux de surface

La réponse radiométrique des eaux de surface dans le domaine de l'infra-rouge thermique donne, au mois de septembre, une image assez différente de celle du mois d'avril, et pratiquement inverse quant à la répartition des températures (pl. 6). La conventions de couleur sont les mêmes que précédemment.

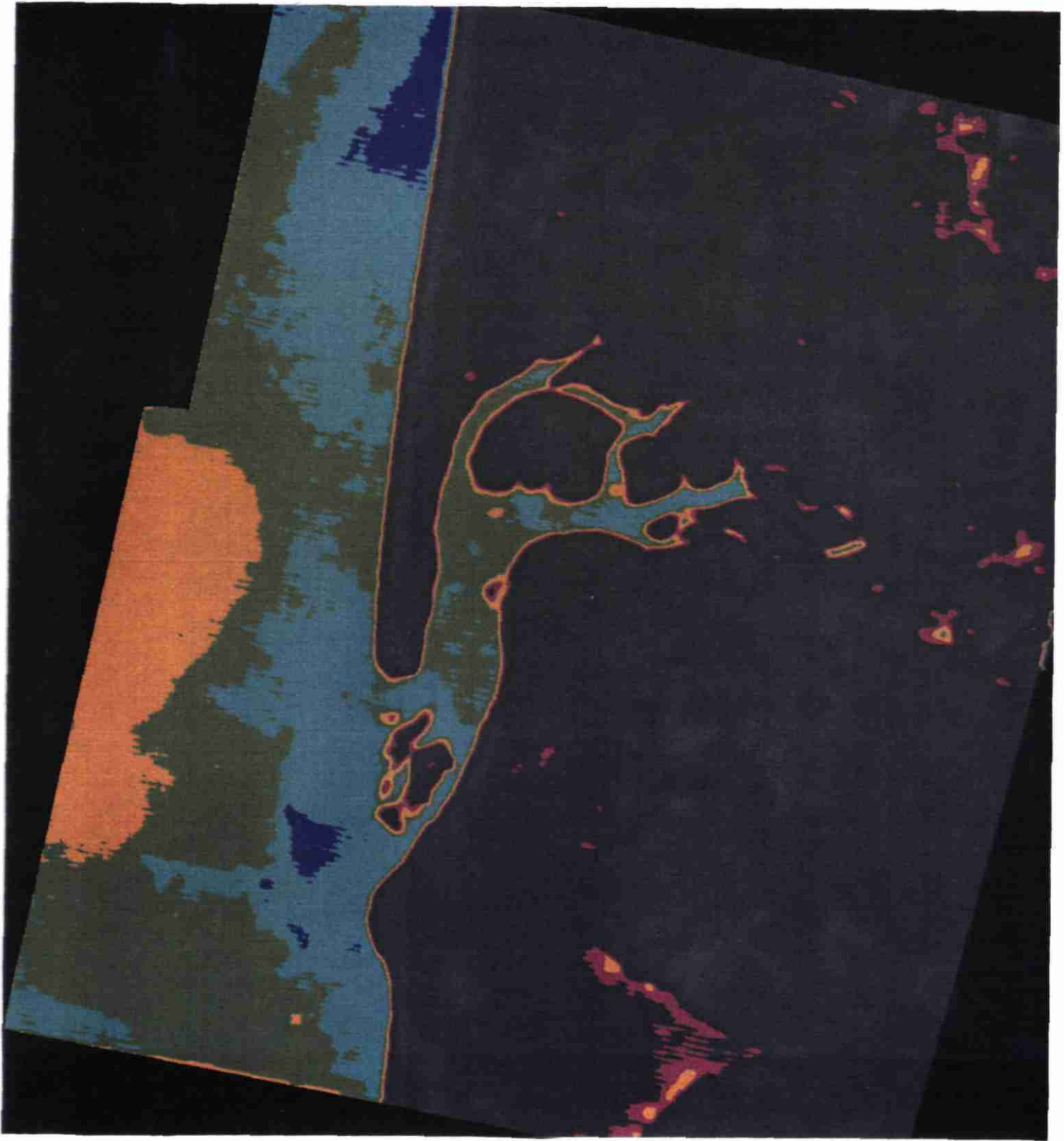
A l'Ouest, en jaune, les eaux du large ont été réchauffées au cours de l'été. Leur inertie thermique plus grande leur permet de subsister un certain temps avant d'être repoussées par les eaux continentales plus froides, en bleu. Cette masse se résorbera progressivement au cours de l'hiver.

Les taches bleu-sombre pourraient éventuellement correspondre à la présence d'eaux douces. Celles-ci, moins denses et plus froides resteraient en surface. Elles auraient pour origine l'émissaire de la Salie, au Sud, ou la nappe phréatique, au Nord. En effet, en bien des endroits, l'eau de la nappe de la plaine côtière s'évacue directement en mer, au niveau de la côte.

A la périphérie des bancs et en bordure des chenaux, un liseré jaune et rouge s'individualise. Il correspond à des "sols nus", sable, partie du chenal non recouverte par les eaux, et au "dégoulinant" des crassats, c'est à dire à l'exsudation des platiers couverts par les herbiers, réchauffés à marée basse.

Dans la partie amont du chenal du Teychan et du chenal de Comprian, la température des eaux de surface est influencée par les apports d'eau douce continentale des rivières, spécialement l'Eyre.

Planche 6 - Bassin d'Arcachon
Marée basse - Landsat T.M. du 12/09/84
Canal 6, température des eaux de surface



10 km.

Le couple turbidité - température

L'image de la température des eaux de surface est cohérente avec celle de la turbidité. L'emprise des zones à plus forte turbidité correspond sensiblement le long de la côte, au Nord (grand Crohot) et à la périphérie du delta de jusant, à une zone plus froide, en bleu. Il y a presque superposition entre les deux images dans les panaches turbides situés les plus en aval (canal 2 - zone 7). La composition colorée des canaux 2, 3, 6 (pl. 7) résume ces observations. On notera que les bancs sous faible tranche d'eau sont inclus dans le même ensemble.

Planche 7 - Bassin d'Arcachon
Marée basse - Landsat T.M. du 12/09/84
Composition colorée des canaux 2 (en vert),
3 (en bleu) et 6 (en rouge)



10 km.

Intérêt de l'usage des dérivées

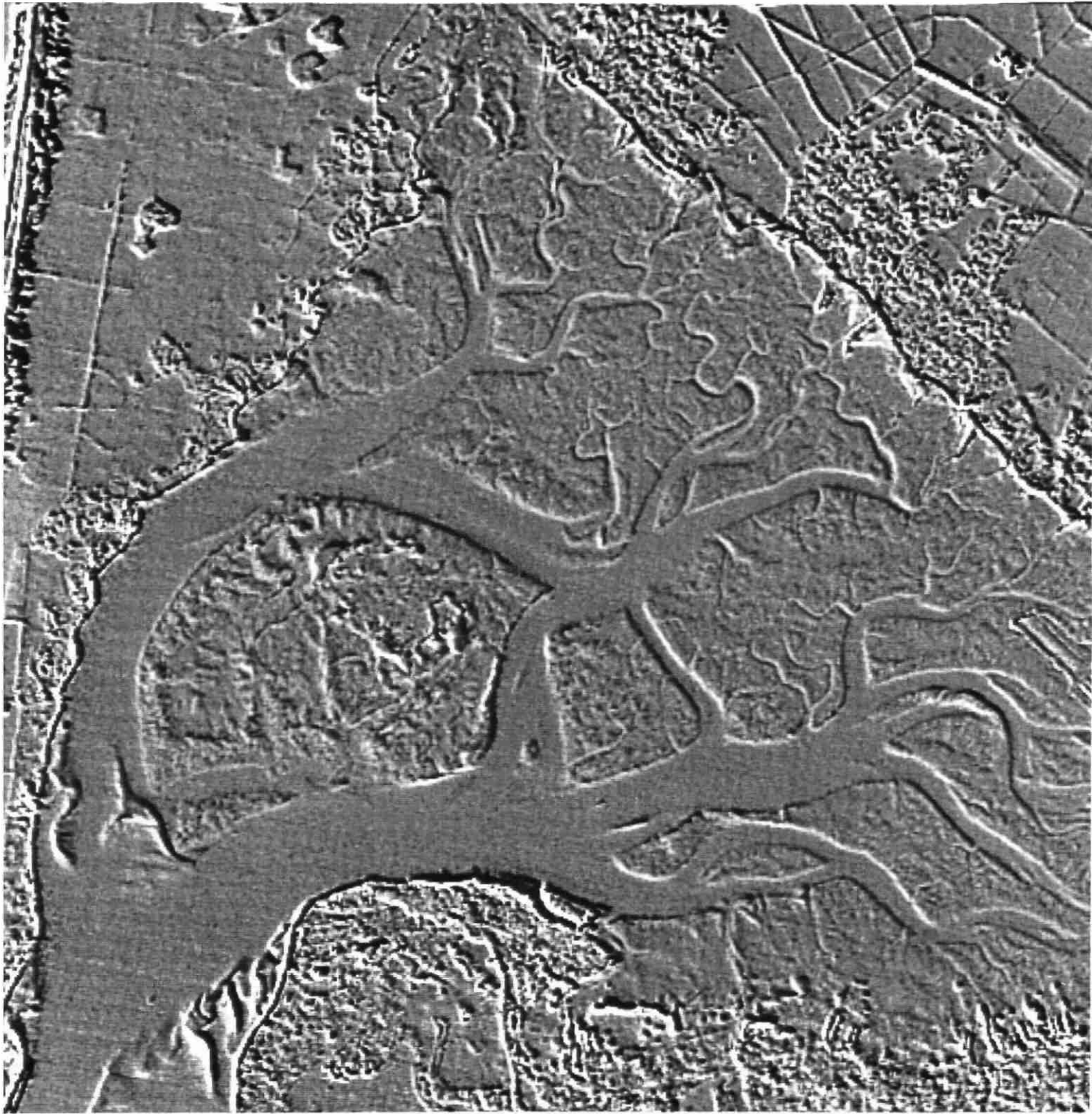
Le calcul des dérivées horizontale, verticale et oblique a été fait sur l'image de marée basse (canal 2). Le premier objectif était de tester l'utilité de ce procédé pour le repérage d'objets particulier du domaine littoral.

- Dans la partie interne du Bassin (lagune, pl. 8) la dérivée oblique n'apporte pas d'information particulière par rapport aux autres méthodes sur la répartition des parcs à huitres, ou le dessin des chenaux de marée. Les parcs sont mieux individualisés par la combinaison 2, 3, 4, ; les chenaux montrent un tracé plus précis avec le canal 4 (proche infra-rouge). Au contraire les chenaux d'accès aux petits ports, entretenus par dragage à la périphérie du Bassin sont mis en valeur.
- Dans la partie externe (passes, pl. 9) la morphologie des bancs est accusée par la dérivée oblique. Les rides tidales, les sand-waves, les baïnes, les dunes littorales sont littéralement disséquées. Le contour des panaches turbides est net. On pourrait compléter ces observations par les vues horizontales et obliques.

Planche 8 - Bassin d'Arcachon

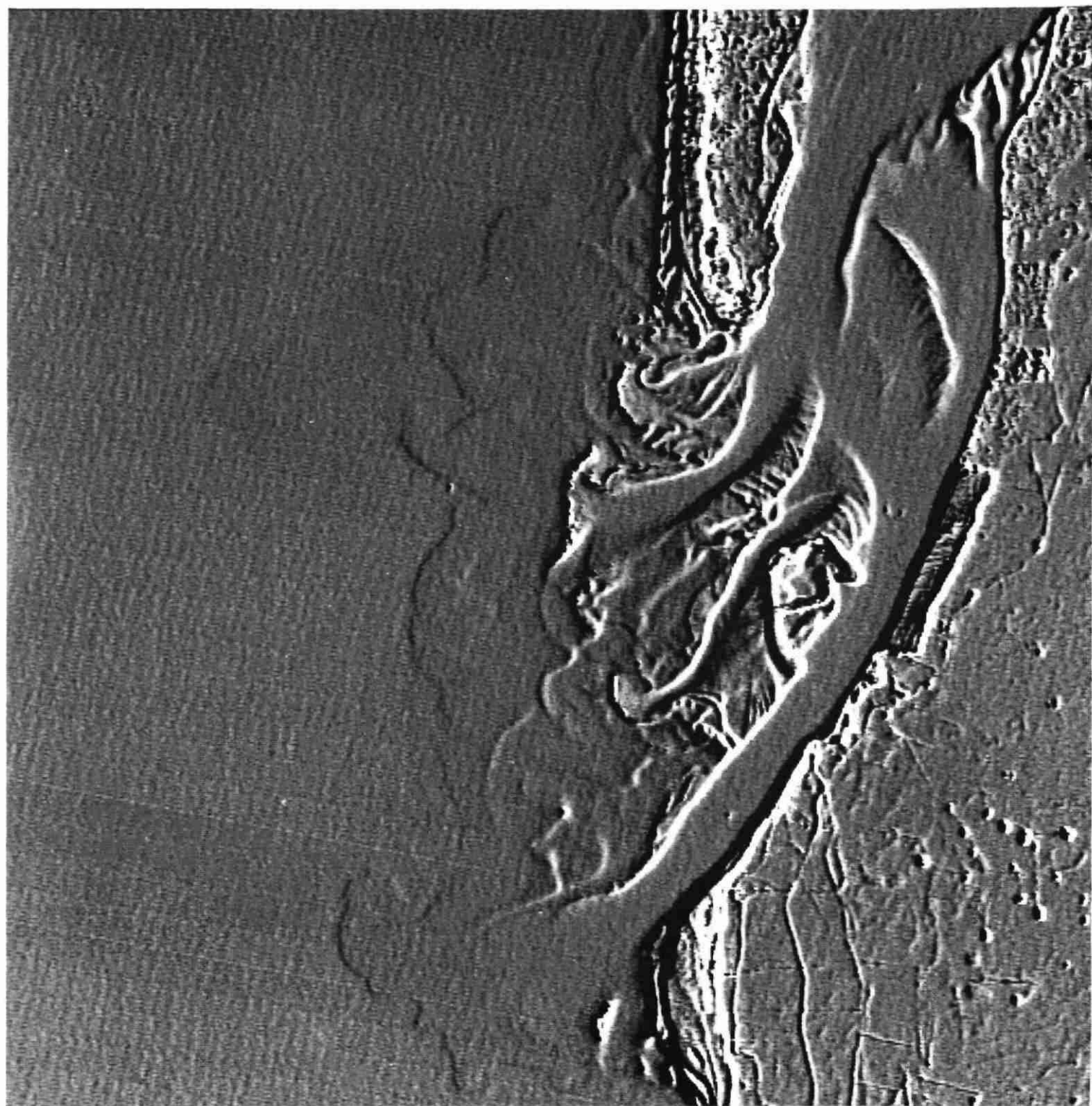
Marée basse - Landsat T.M. du 12/09/84

Dérivée oblique canal 2 - La lagune



5 km.

Planche 9 - Bassin d'Arcachon
Marée basse - Landsat T.M. du 12/09/84
Dérivée oblique canal 2 : Les passes



5 km.

CONCLUSIONS

La caractérisation des masses d'eau dans un système mésotidal comme celui du Bassin d'Arcachon peut être abordée par les méthodes de la télédétection spatiale qui se prête à l'étude d'aires aussi vastes que celles du domaine maritime et permet l'approche de domaines où un travail scientifique continu en mer est impossible un bon nombre de jours par an.

La technique souffre la plupart du temps de l'absence de calage sur des bases numériques. Dans ce cas particulier hormis les estimations faites par diverses équipes (L.C.H.F., Université de Bordeaux) sur les processus d'érosion-sédimentation, des données existent.

Des profils verticaux de salinité, température et densité ont été réalisés entre 1971 à 1986 (Bouchet, comm. orale, sous presse) ; des corrélations entre ces facteurs, la turbidité des eaux et les images devraient être établies. Par confrontation avec le modèle courantométrique du Bassin d'Arcachon préparé par Salomon et Dreno (IFREMER, Arcachon), une interprétation dynamique des échanges entre bassin et océan pourrait être proposée.

BIBLIOGRAPHIE

Une liste complète de références bibliographiques figure dans le rapport B.R.G.M. n° 88 SGN 127 GEO/TED. Ces travaux seront publiés aux éditions du B.R.G.M. dans la série "Découverte géologique".

BOUCHET J.M. (1968) - Etude océanographique des chenaux du Bassin d'Arcachon. *Thèse Sci. Nat.*, Faculté des Sciences de Bordeaux, n° 212, 2 vol., 306 p.

LE NINDRE Y.M. et DUTARTRE P. (1988) - Application de la télédétection à l'étude des environnements littoraux, exemple du Bassin d'Arcachon. *Rapport B.R.G.M. n° 88 SGN 127 GEO/TED.* 99 pp., 19 pl., 21 fig.

LORIN J. et MIGNIOT C. (1984) - Recul du trait de côte le long du littoral aquitain. Notion de sédimentologie prévisionnelle. *Société hydrotechnique de France*, XVIIIe journées de l'Hydraulique. Marseille 11, 12 et 13 sept. 1984, l'hydraulique et la maîtrise du littoral, question n° 11, rapport n° 6, pp 1 à 9, 14 fig., 4 ref. bib.

VIOLLIER M., BELSCHER T. & LOUBERSAC L. (1985) - Signature spectrale des objets du littoral. *Proceedings of the 3rd International Colloquium on Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing*, les Arcs, France, 16-20 Déc. 1985 (ESA SP-247) pp. 253-256, 5 fig., 9 réf. bib.

ANNEXE 1

Paramètres des étalements de dynamique

Canal par canal : fonctions logarithmiques

en avril :

canal 2 : 0,0 21,0 25,62 30,104 35,135 40,159 45,179 50,196
55,210 60,223 65,235 70,245 75,255 255,255
canal 3 : 0,0 14,0 21,101 28,140 35,153 47,172 50,188 57,202
64,215 72,226 74,237 86,241 94,255 255,255
canal 6 : 0,0 100,0 104,76 109,114 114,141 119,164 124,182
129,198 134,212 139,224 144,235 149,245 144,255 255,255

en septembre :

canal 2 : 0,0 14,0 19,76 24,113 29,141 34,164 39,182 45,198
50,212 55,224 60,235 65,245 71,255 255,255
canal 3 : 0,0 9,0 16,76 23,113 30,141 37,164 44,182 51,198
58,212 65,224 72,235 79,245 87,255 255,255
canal 6 : 0,0 114,0 116,76 118,113, 120,141 122,164 124,182
126,198 128,212 130,224 132,235 134,245 136,255 255,255

Composition 3, 2, 1 : fonctions linéaires

canal 3 : 0,0 10,0 37,255
canal 2 : 0,0 15,0 35,255
canal 1 : 0,0 54,0 77,255

Composition des deux dates : fonctions sinusoïdales

rouge : 0,0 115,24 120,130 125,24 131,230 138,24 255,0
bleu : 0,0 100,24 11,230 123,24 139,230 155,24 255,0

Coloration des images du canal 6 : niveaux de gris

bleu, niveau 114 : 1,13,255
bleu, niveau 115 : 1,13,255
vert, niveau 116 : 0,255,54
jaune, niveau 117 : 50,214,2
rose, niveau 118 : 250,98,193
rouge, niveau 119 : 250,1,22

réalisation
service
reprographie
du BRGM