



Publications du
Laboratoire DEL Documentation
B.P. 171 - Avenue Jean Rostand
34070 Leucate - Tél. 04 99 67 12 96
Fax 04 99 67 12 96

CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS
(C N E O X)

LA TELEDETECTION DES RADIATIONS INFRAROUGES
APPLIQUEE A L'ETUDE
HYDROLOGIQUE ET HYDRODYNAMIQUE
DE L'ETANG DE LEUCATE
(Roussillon)

Texte Par L. LOUBERSAC

Rapport préparé par le Centre National
pour l'Exploitation des Océans

AVANT PROPOS.

Ce travail a été réalisé dans les laboratoires du Centre d'Etudes et de Recherches Géologiques et Hydrologiques de la Faculté des Sciences de Montpellier. Avant d'en entreprendre l'exposé, je tiens à remercier:

Monsieur le Professeur J. AVIAS, qui m'a accueilli dans ses laboratoires.

Monsieur C. ARMANGAU, Maître-Assistant, qui m'a associé à son groupe de travail sur la télédétection.

Monsieur R. BURKHALTER, membre du laboratoire, pour ses conseils et l'aide qu'il m'a apportée.

Ce travail ne se veut aucunement être une étude complète et approfondie mais une simple contribution personnelle aux travaux de Monsieur BURKHALTER.

INTRODUCTION

Sur le littoral Ouest du Golfe du Lion, à la frontière des départements de l'Aude et des Pyrénées Orientales (Cf. carte C1) l'étang de LEUCATE doit son existence, comme la plus part des étangs du littoral méditerranéen français, à la fermeture d'une anse naturelle par un cordon littoral.

Rien que la région ait été soumise à de nombreuses études géologiques, hydrogéologiques, hydrologiques et hydrodynamiques par les procédés conventionnels ; le Centre d'Etudes et de Recherches Géologiques et Hydrologiques de l'Université de Montpellier II a organisé en 1972 quatre missions prospectives aéroportées afin d'établir les critères qualitatifs et hydrodynamiques des eaux de l'étang par radiométrie infra-rouge à balayage.

La première partie de ce travail traite des paramètres climatologiques, géographiques, morphologiques, hydrologiques, hydrodynamiques et géologiques connus.

La seconde partie consiste en l'analyse descriptive des documents obtenus.

Enfin la troisième partie fait la synthèse, l'analyse critique et comparative des résultats.

L'ETANG DE LEUCATE ET SA

REGION

(cf carte C1)

il suffit de constater l'extention des eaux froides des sources donnant dans l'étang.

-Les 2 graus semblent drainer ~~chaques~~ 2 bassins bien individualisés. Un bassin nord séparé du bassin sud par une ligne Pedros-Ile de Vy ~~est~~ passant par l'Ile de la Rascasse, et drainé dans sa partie sud par le Rec de l'entrée. Un bassin sud drainé par le grau de St Ange. On pourrait considérer que le bassin sud ait une sortie par le Rec de l'entrée, or si l'on observe le petit cordon littoral * planches 1b et 2b il semble que cette sortie n'existe pas ou bien ^{soit} ~~est~~ de très faible débit.

-La dynamique de sortie des eaux de l'étang est visualisée sur la carte C4.

3. Anomalie de l'Agly.

-L'Agly n'inverse pas la température de ses eaux en quelques centaines de mètres. Le phénomène des eaux "sombres" au large est du à la presence dans le scanner d'un compensateur de gain. Cet appareil sert à renforcer les contrastes mais ne donne que des contrastes ^{relatifs} ~~absolus~~, donc des températures relatives. Ainsi dans le lit de l'Agly les eaux sont de couleur claires car elles sont plus chaudes que la terre, au contraire, au large elles sont froides par rapport à la mer et apparaissent sombres.

Mission 3. (Cyclope)

Date: 13/9/1972
 T° mer 23°
 T° étang 20°
 T° sources 18°

| Zone | Axe | N° de bde magnétique | Heure | Durée d'enregist. | Alt. m | V noeuds | Cap |
|---------|-----|-------------------------|-------|----------------------|-----------|-------------|------|
| Leucate | I | 46 | 22h30 | 4'40 | 2000 | 100 | 0°N |
| Leucate | 2 | 46 | 22h43 | 6'34 | " | " | 180° |
| Fitou | 3 | 46 | 22h54 | 3'45 | " | " | 0°N |
| Leucate | 4 | 47 | 23h04 | 7'20 | " | " | 180° |
| Leucate | 6 | 47 | 23h15 | 3'00 | " | " | 195° |
| Leucate | X | 47 | 23h23 | 5'01 | " | " | 50° |

Observations: Dérive d'environ 10°.
 Vent de Nord-Ouest, 4m/s

- . Carte C5
- . Planches 3a,3b,3c,3d Positif.

I. Etude descriptive.

- A, B, C et D (46-5-A) Importante masse d'eaux peu ^{rayonnante} ~~intense~~ correspondant aux sources de Font-Estramar (A), Fontdame (B), au canal de la Salanque (D) et peut-être à une source sous-marine (C). Panaches de Font-Estramar et de Fontdame orientés SE alors que celui de la Salanque est NE. Au nord de D, formation en croissant très sombre protégeant vers le sud une masse d'eaux froides; peut-être haut-fond non détecté sur les clichés des missions précédentes.
- E. (47-4-A) et (47-I-A) Source de la gare de Fitou, direction SE.
- F. (47-4-A) et (47-I-A) Source sous-marine répertoriée ou effluents de l'usine de Fitou
- G. (47-4-A) et (47-I-A) Source sous-marine.
- H. (47-4-A) et (47-5-A) Comme missions précédentes, très vraisemblablement haut-fond avec eaux refroidies à son contact.
- I. (47-4-A) et (47-5-A) idem pour cette trace sombre derrière l'île de la rascasse.
- J. (46-4-A) Zone étirée d'eau froide le long de la Corrège et séparée de celle-ci par un milieu plus émissif. Cette bande se retrouve sur les études précédentes (Cf 25-3-A et 3I-I-A). Sans doute masse d'eau froide au dessus d'un haut-fond amenée par un vent de NO et demeurant à une certaine distance du littoral de la Corrège à cause d'un phénomène de réflexion des ondes dirigées NO sur ce littoral.
- K. (47-I-A), (47-4-A) et (46-4-A) Source sous-marine. Configuration de la masse sombre à rapprocher de G.
- L. (47-I-A) et (46-4-A) Effluents de la station d'épuration de Leucate; n'étaient pas apparus sur les études précédentes.
- M. (47-I-A) et (47-4-A) Mouvement tourbillonnaire crée, dans la petite anse formée par la presqu'île de Pedros, par un vent de NO.
- N. (46-4-A) zone très ^{rayonnante} ~~intense~~ correspondant peut-être au rejet de l'émissaire de Port-Leucate.
- O. (47-5-A) Masse très sombre le long du littoral de la Ramade et n'étant pas apparu sur les clichés précédents. Peut-être haut-fond.
- P. (46-4-A) Eau de mer plus chaude que celle de l'étang pénètre le Rec de l'entrée. On distingue l'eau froide de l'étang non encore chassée des bassins abrités de Port-Leucate et le circuit préférentiel d'entrée le long du littoral Est de la Corrège.
- Q. (46-3-A) Eau de mer plus ^{rayonnante} ~~intense~~ pénétrant le Grau de St Ange.
- R. (46-5-A) et (47-I-A) On distingue très nettement les vallées dans le petit massif calcaire situé à l'O de Pedros. ~~Ce phénomène est dû à la présence de sources d'eau chaude qui se réchauffent pendant la journée et rayonnent en ce début de nuit.~~
- * (46-3-A) Panache froid de l'Agly pénétrant SE en mer puis plaqué vers le sud contre la côte.

phénomène dit "effet de Falaise" dû au fait que les versants calcaires exposés au sud et réchauffés pendant la journée sont en ce début de nuit.

II. Etude analytique.

I. Circulation par les graus.

- Début de circulation dans le sens mer-étang (marée montante)
- Si l'on observe le petit cordon * (comparer à PL Ib et 2b) on le voit maintenant dirigé vers le sud ce qui prouve que le flot pénétrant dans l'étang par le Rec de l'entrée se sépare en 2 cou-

rants, un vers le bassin N, l'autre vers le bassin S précédemment définis, au niveau de l'île artificielle (Cf. carte C5).

- L'"avance" du Rec de l'entrée sur le grau de St Ange se retrouve ici si l'on considère les 2 fronts froids ★ (carte C5, 47-5-A). En effet l'eau pénétrant par le Rec de l'entrée semble être allée plus loin au coeur de l'étang que celle pénétrant par St Ange. Ces fronts correspondent à l'étalement maximum des eaux de surface froides originaires des sources.

2. Dynamique de la circulation dans l'étang.

- Dans le bassin sud, l'eau de mer entrante va repousser vers l'ouest les fronts froids et les eaux froides des sources.

- Dans le bassin nord, le vent de NO fait que l'eau de mer entrante dirigée nord est plus ou moins bloquée au niveau des parcs et s'écoule NE.

- Le bassin nord ne se réalimente en eau de mer que par le Rec de l'entrée, alors que le bassin sud se réalimente par les deux graus.

Mission 4. (Super cyclope).

Date: 25/II/I972.
 T° mer 12°
 T° étang 10°
 T° sources 16,5°

| Zone | Axe | N° de navigation vol | Heure | Altitude m | Vitesse noeuds | Cap |
|---------|-----|---------------------------------|-------|---------------|-------------------|------|
| eucaate | 4 | 8 | 23h37 | 2000 | 110 | 0°N |
| " | 3 | 8 | 23h40 | " | " | 180° |
| " | 2 | 8 | 23h43 | " | " | 0°N |
| " | I | 8 | 23h47 | " | " | 180° |

Observations: Turbulences fort vent de NO.
 Vent de Nord-Ouest assez fort pendant la journée 9m/s, faiblissant un peu la nuit 4m/s.

- . Carte C6
- . Planches 4a,4b,4c Positif.

I. Etude descriptive.

Il y a maintenant inversion entre les températures de l'étang et des sources, l'eau de ces dernières apparaissant de teinte claire car étant chaude par rapport aux eaux de l'étang.

- A. (S8-46-A), (S8-45-A) et (S8-47-A) Source de Font-Estramar, direction SSE.
- B. (S8-47-A) Sources de Fontdame montrant au moins 4 débouchés distincts dans l'étang. Direction SE.
- C. (S8-45-A) Ancien canal de la Salanque débitant le long du littoral direction SSE.
- D. (S8-46-A) Très léger débit d'eau relativement chaude. Très certainement source temporaire non répertoriée.
- E. (S8-46-A) Source de la gare de Fitou montrant 2 débouchés dans l'étang; l'un sud, le plus important, direction SE; l'autre nord.
- F. (S8-46-A) Source temporaire répertoriée (Cf. carte C2)
- G. (S8-46-A) Source temporaire répertoriée (Cf. carte C2). A noter à l'est de G, dans la petite anse formée par les Sidrières, une masse d'eau plus "claire", peut-être source sous-marine déjà rencontrée lors des études précédentes.
- H. (S8-43-A) et (S8-44-A) Masse d'eau froide accumulée sur un haut-fond à l'ouest de l'île artificielle.
- I. (S8-44-A) et (S8-46-A) Idem au SE de l'île de la Rascasse.
- J. (S8-43-A) et (S8-44-A) Idem le long de la Corrège.
- K. (S8-43-A) Emplacement de la source sous-marine déjà étudiée interprétation rendue difficile par le mauvais centrage du cliché.
- L. (S8-44-A) et (S8-46-A) Source sous-marine déjà étudiée apparaissant sous la forme d'une tache claire et diffuse.
- N. (S8-46-A) Taches claires dans les marais correspondant à une source temporaire répertoriée (Cf. carte C2) mais ne paraissant pas avoir de débouchés dans l'étang.
- M. (S8-44-A) et (S8-46-A) Peut-être rejet de l'émissaire de Port-Leucate.
- O. (S8-43-A) et (S8-44-A) L'eau de mer chaude pénètre par le Rec de l'entrée et se scinde en 2 courants au niveau de l'île artificielle. (Phénomène analogue à la mission 3)
- P. (S8-42-A) et (S8-44-A) L'eau de mer pénètre le grau de St Ange et manifestement ne fait que commencer à le pénétrer.
- * (S8-42-A) L'Agly ne débite pas en mer, son embouchure étant obstruée par un cordon littoral. (Comparer à 3I-2-A planche 2B et à 46-4-A planche 3b).

II. Etude analytique.

I. Circulation par les graus.

- De même que pour la mission 3, nous sommes en présence d'un début de circulation de sens mer-étang (marée montante).
- De même que précédemment, le petit cordon * est dirigé vers le sud, prouvant que le flot d'entrée contourne par le nord et par le sud l'île artificielle.
- On retrouve le phénomène "d'avance" du Rec de l'entrée sur le grau de St Ange puisque les eaux du grau nord on déjà pénétré l'étang (O), alors qu'au sud l'eau de mer est encore dans le chenal (P).

2. Dynamique de la circulation dans l'étang.

- Si la carte C6 visualisant le début du phénomène d'entrée du flot maréchal montre un certain statisme (comparer à C4), nous devons noter les phénomènes suivants:

- Tout le littoral ouest de l'étang est frangé d'une eau de teinte sombre, donc plus froide que le milieu, montrant un déplacement manifeste vers le SE comme l'eau chaude des sources. Ce phénomène peut s'expliquer par l'existence d'un fort vent de NO balayant la terre froide celle-ci faisant "ombre" sur le littoral ouest.

- Presque tout le littoral Est est lui aussi frangé d'eau froide d'origine éolienne également. Le vent de NO, balayant la surface de l'étang la refroidit et accumule cette eau froide superficielle le long du littoral Est.

- L'influence de ce vent violent se retrouve au niveau de l'entrée du flot maréchal dans le bassin Nord. En effet, ce flot entrant, chaud, repousse la frange froide superficielle qui, sous l'influence du vent change sa direction de Nord à Nord-Est.

SYNTHESE

L'étude comparative et de synthèse entre les 4 missions permet d'avancer les considérations suivantes.

I. Apports d'eau douce à l'étang.

- Sont apparus sur les 4 séquences:

- Font-Estramar
- Fontdame
- Source de la gare de Fitou
- Source sous-marine au nord des Sidrières
- Source sous-marine à l'est de Pedros
- Source sous-marine au sud de Courbatière et Dèvés
- Apports du canal de la Salanque

- Ne sont apparus que sur quelques séquences:

- Apports des petits canaux de marais situés au nord du canal de la Salanque (Missions 1, 2 et 3). Les débits de ces canaux dépendent du niveau de l'étang.
- Peut-être source sous-marine temporaire à l'est de ces canaux (Mission 3, C)
- Source temporaire (Mission 4, N)
- Source temporaire des Cabanes de Fitou (Mission 4, F)
- Source temporaire (Mission 4, D)
- Source temporaire de l'usine de Fitou (Mission 4, G)

II. Dynamique de la circulation dans les graus et l'étang.

I. Entrée. (Carte C7).

. Sur les 2 missions 3 et 4 le Rec de l'entrée montre une avance du flot par rapport à St Ange.

Ce phénomène peut s'interpréter par les faits:

- Le Rec de l'entrée, récemment dragué est plus profond et plus large que St Ange et montre donc un débit supérieur.

- Sur l'étang les vents dominants sont de Nord-Ouest, (Cas des missions 3 et 4), or St Ange est orienté NO et par conséquent, dans ce grau, le flot entrant a à lutter contre le vent alors que le Rec de l'entrée est orienté SSO.

- Dans le golfe du Lion, les courants marins littoraux sont orientés N-S (ceci explique la formation des cordons sédimentaires individualisant les étangs.)

. L'eau pénétrant par St Ange se répartit dans la partie sud de l'étang en remontant vers le NO.

. L'eau pénétrant par le Rec de l'entrée se répartit en deux directions dues au dédoublement du courant principal d'entrée au niveau de l'île artificielle:

- Un courant dirigé sud emplissant la partie N du bassin sud
- Un courant dirigé nord emplissant le bassin N.

2. Sortie. (Carte C8).

. Sur les 2 missions 1 et 2 le Rec de l'entrée montre également une avance du flot par rapport à St Ange.

Ce phénomène peut s'interpréter par les faits:

- Le Rec de l'entrée a un débit supérieur.

- Lors des missions 1 et 2 le vent était très faible.

- Surtout, l'onde de marée tournant toujours dans le même sens et atteignant le Rec de l'entrée avant St Ange fait qu'il doit exister un très léger décalage temporaire (quel-

ques minutes) entre les graus.

. La partie sud de l'étang (bassin sud) se vide essentiellement par St Ange.

. La partie nord de l'étang (bassin nord) se vide essentiellement par le Rec de l'entrée. On peut admettre qu'une très faible partie de l'eau du bassin sud sort par le Rec de l'entrée.

. Ces considérations introduisent l'étude des phénomènes de sédimentation dans les graus et dans l'étang.

III. Sédimentation.

1. Dans l'étang due aux courants.

Puisque le courant d'entrée se sépare en 2 courants au niveau de l'île artificielle, celle-ci ayant de plus une légère forme en croissant, coté convexe face au canal entrée-sortie, il semble évident qu'une sédimentation intense doive s'effectuer du coté concave. On note en effet un haut-fond joignant Pedros à l'île artificielle en passant par l'île de la Rascasse et individualisant nettement 2 bassins N et S que nous avons déjà évoqués. Du coté convexe on remarque l'existence d'un petit cordon sableux instable noté * dans les études précédentes.

2. Dans l'étang due aux vents.

Les vents induisent des phénomènes tourbillonnaires dans certaines anses. Ceci est particulièrement évident:

- Dans les 2 anses est et ouest des Sidrières
- Dans l'anse nord de Pedros.

La sédimentation due aux vents se retrouve également dans toute la zone NE du bassin Nord.

Les zones de sédimentation active sont soulignées sur les cartes C7 et C8 en traits hachurés rouges.

3. Dans les graus.

Cf. cartes C7 et C8.

IV. Interprétation des cartes C7 et C8. Ech. 1/50.000

- — — — . Limites entre bassin N et bassin S
- ● ● ● ● . Limites entre eaux de St Ange et eaux du Rec de l'entrée

Des cartes C7 et C8 nous pouvons déduire:

- Que le bassin sud, alimenté par les 2 graus en entrée et par un seul en sortie, voit ses eaux bien mieux renouvelées que celles du bassin nord dont l'entrée et la sortie est la même. Or le bassin nord est le siège de conchyliculture (huîtres et moules) bivalves qui ont besoin d'un renouvellement intense et fréquent en eau.

- Que l'émissaire de la station d'épuration de la ville de Leucate tombe dans la petite anse nord (le long de la D 327, carte C2) à proximité des parcs et de plus dans une zone abritée et peu profonde où les effluents auront tendance à stagner.

- Que l'émissaire de Port-Leucate, placé à l'extrémité ouest du canal du Rec de l'entrée, envoie ses effluents vers les parcs lors de la marée montante.

Donc:

- Double source de pollution.

- Renouvellement médiocre des eaux du bassin Nord.

L'éventualité du dragage du grau de Leucate aurait plusieurs effets bénéfiques:

- D'une part, il améliorerait le renouvellement des eaux du bassin nord en créant un double circuit.

- D'autre part, il permettrait aux effluents de l'émissaire de Leucate de s'évacuer plus aisément.

- Enfin il limiterait la sédimentation de la partie orientale du bassin nord et très vraisemblablement celle de la zone Pedros-ile de la Rascasse-ile artificielle.

D'autre part, une étude sur le terrain a montré:

- Que l'usine de Fitou est désaffectée; par conséquent les anomalies de température dans la petite anse au NO des Sidrières (lettre F missions 1,2 et 3 , lettre G mission 4) dénotent la présence d'une source sous-marine.

- Que le grau de St Ange montre un état relatif d'abandon (berges non stabilisées) par rapport au Rec de l'entrée.

- Que des hauts fonds, visibles de la D 627 existent dans la partie orientale du Bassin nord.

- Que le grau de Leucate est en cours de dragage en vue d'un refonctionnement.

BIBLIOGRAPHIE.

- SOLAGES S. 1970 - Atlas hydrogéologique du Languedoc-Roussillon, feuilles de Narbonne et de Leucate. C.E.R.H. Montpellier.
- Anonyme. - Etude géologique de la région Feuillea-Fitou.
- Anonyme. - Étude hydrogéologique de la région de la Salanque.
- SALVAYRE H. - Arguments en faveur de l'existence d'un karst noyé sur la bordure Est des Corbières. Extrait de Spelunca - Mémoires N°7 -.
- CAZAL A., MOUSSIE B., SALVAYRE H. 1971 - Application de la radiométrie infrarouge à l'étude des écoulements des eaux superficielles et souterraines dans l'étang de Salses-Leucate. Extrait des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Séance du 14 juin 1971.
- Centre National d'Etudes Spatiales. - 1971 - La télédétection des ressources naturelles. Journées d'études-conférences, Paris 26-27 octobre 1971.
- Centre National d'Etudes Spatiales. 1973 - La télédétection des ressources terrestres au C.N.E.S. La recherche spatiale I° et 2° partie. Fascicules N° 4 et 5 vol. XII.
- LAVENU F. 1972 - La télédétection des radiations infrarouges appliquée à l'étude hydrologique des étang côtiers et plus particulièrement à celle des étangs de Thau (Languedoc). Thèse de Docteur en spécialité de géologie appliquée Académie de Montpellier.
- MAIRS R.L., CLARK D.K. 1973 - Remote sensing of estuarine circulation dynamics. Photogrammetric engineering vol. XXXIX N°9.
- BURKHALTER R. 1973 - Application de la télédétection à l'étude de la dynamique de la dispersion des rejets en mer. CERGA Montpellier.
- BURKHALTER R. 1973 - Influence de l'appareillage sur l'aspect des images thermographiques de zones côtières (non publié).
- NICHOLS M., KELLY M. 1972 - The sensing and analysis of coastal waters (sequential photographs). Extrait du 8ème symposium international sur la télédétection. Ann Arbor Michigan, tome 1.
- BORGESSE D. 1972 - Isothermal mapping of temperature pattern from thermal discharges in Italian coastal waters. Extrait du 8ème symposium international sur la télédétection. Ann Arbor Michigan, tome 2.

CONCLUSION

Le Docteur Murray Felsher, de l'Environmental Protection Agency, a énoncé dans son discours intitulé "Use of Remote Sensing in enforcement activities : present and future", au 8ième symposium internationale sur la télédétection d'Ann Arbor (Michigan 2-6 oct. 1972) :

"En ce qui concerne la télédétection, nous sommes dans la position non enviable de regarder des choses dont nous ne sommes pas sûrs avec des instruments dont la précision est incertaine et dont la reproductibilité est certainement questionable".

Nous pouvons illustrer cette opinion par les constatations suivantes :

Nous avons déjà évoqué dans le cas de l'anomalie de l'Agly, le fait que la présence dans l'appareil d'un contrôleur de gain en réglage automatique entraînait des "sauts de contraste".

Ce phénomène se retrouve :

- Planche 2a. 32.1.A. où le passage du noir au blanc dans la visualisation des eaux de l'étang par rapport à la terre (partie centrale de la photographie) n'a aucune signification thermique précise mais correspond au fait que le rapport sujet terre sur sujet eau varie brusquement sur chaque ligne. En effet, pendant le survol de la surface terrestre, le C.V.M. (Cf. § 3.5.2. 1ère partie) a défini une valeur moyenne pour le domaine thermique analysé (température au sol de l'ordre de 18°). Parallèlement le C.A.G. a défini une valeur d'amplification optimale du signal en fonction des écarts thermiques perçus autour de la valeur moyenne. La présence pendant plusieurs lignes de balayage d'une zone grandissante de température plus élevée (température de l'étang : 27°) provoque une modification de la valeur moyenne donc du niveau d'énergie représenté par le gris moyen. Par rapport à cette nouvelle valeur moyenne la terre paraît plus froide que sur la partie supérieure du document et l'eau de l'étang chaude. De plus, l'écart important entre les températures analysées sur une ligne de balayage provoque une diminution de l'amplification du signal qui se traduit par une perte de contraste de l'image. La disparition progressive du domaine thermique aquatique entraîne un nouveau changement de la valeur moyenne et de la valeur d'amplification du signal qui s'ajustent uniquement au domaine thermique terrestre. A partir de ce réglage, l'image redevient satisfaisante ; (partie inférieure du document).

- Même phénomène planche 4a. S8.46.A au niveau de la source de Font-Estramar et planche 4c. S8.45.A. Mais les "sauts de contraste" sont moins accentués.

Il faut en effet rappeler que sur le supercyclope il est possible de bloquer les dispositifs de réglage (C.V.M. et C.A.G.). L'opérateur fixe le C.A.G. et le C.V.M. sur des valeurs déterminées pendant le survol du milieu donc adaptées au domaine thermique de ce milieu. Cette technique d'enregistrement permet d'obtenir en plein jour malgré des contrastes thermiques très élevés (plus de 30°) des documents exploitables sur des zones littorales malgré la présence constante dans le champ d'analyse de l'appareil (axe de vol parallèle à la côte) de zones terrestres.

Par contre, l'obtention de documents utilisables avec le cyclope est impossible à moins de choisir par des mesures thermiques préalables l'heure précise où les températures terrestres, variables dans un cycle de 24h, sont peu différentes de celles du milieu aquatique. C'est le cas de la mission de septembre (planchés 3) en début de nuit (température de l'étang 20°, de la mer 19°). On considèrera donc que la mission 3, en qualité "absolue" d'image et pour le même appareil, est supérieure aux missions 1 et 2.

Cette critique étant faite nous pouvons déduire de notre étude les caractéristiques suivantes sur la télé-détection :

1/. Gain appréciable du facteur temporel (cette technique permet d'obtenir en quelques heures des renseignements que des équipes au sol, travaillant de façon traditionnelle, mettraient plusieurs semaines à établir).

2/. Gain appréciable du facteur spatial (visualisation de phénomènes à des échelles variables en théorie dans un large intervalle). L'extrême sélectivité de l'analyse alliée au potentiel de synthèse qu'apporte la petite échelle fournit, bien que cela puisse paraître incompatible, une expression graphique ne dénaturant pas la finesse des détails.

3/. Obtention simultanée de plusieurs signatures spectrales d'une même réalité au sol.

4/. Répétitivité possible permettant ainsi de passer d'une interprétation statique classique à une interprétation dynamique par extrapolation (mouvements d'eau) donc de déboucher sur une étude évolutive en photographies séquentielles.

Enfin je conclurai toute cette étude par une autre citation du docteur Murray Felsher :

"Il n'y a pas de passé, il y a un présent prudent, il y aura un futur de grande portée".

LA TELEDETECTION DES RADIATIONS INFRAROUGES
APPLIQUEE A L'ETUDE
HYDROLOGIQUE ET HYDRODYNAMIQUE
DE L'ETANG DE LEUCATE
(Roussillon)
Cartes & Planches Par L.LOUBERSAC

I. Climatologie.

Le climat méditerranéen auquel est soumise cette région est caractérisé par des températures assez douces, une faible pluviosité et un facteur éolien important.

I.1 - Les vents.

On distingue:

- Les vents secs: d'origine continentale, ce sont des vents de N et NO ("Tramontane et Cers"). Ils sont violents (pointes de 20 à 40 m/s) ; leur fréquence est grande (jusqu'à 25 jours par mois et 200 jours par an).

- Les vents humides: - Le "Marin", vent chaud du SO, toujours chargé d'humidité.
- Le "Grec", vent froid et humide venant de l'E.

- Les vents du Sud: ~~de~~^{ou} vents d'Espagne, toujours chauds et humides.

Le maximum de fréquence des vents se situe en hiver de novembre à avril.

I.2 - Les températures.

La température moyenne annuelle est de 15°C

La mer joue un rôle régulateur des températures. Les max. se situent en juil.-août (36° en juillet 1959 à Rivesaltes), les mini. en janvier et février (-4° en janvier 1960 à Rivesaltes).

La durée d'insolation annuelle est de 2500 h environ.

I.3 - Les précipitations.

Moyenne annuelle à Narbonne: 433,7 mm (1941-1961)

Moyenne annuelle à Port-la-Nouvelle: 422 mm (1901-1930)

Année type: 54 j. de pluie par an et hauteur d'eau de 450 mm environ.

Intensité des précipitations forte et de courte durée: jusqu'à 200 mm en 24h.

I.4 - Evapotranspiration.

Plus des 2/3 des eaux météoriques sont repris par évapotranspiration; ETP réelle supérieure à la pluviométrie de mars à septembre.

II. L'Etang de Leucate. Carte C2.

2.1 - Généralités.

- Surface 53 Km² environ
- Plus grande longueur 14,2 Km
- Plus grande largeur 6,5 Km
- Profondeur faible (3 m), mais il existe de nombreuses zones où elle est inférieure à 1 m.
- Séparé de la mer par un cordon littoral important qui peut atteindre 1Km de large (unité touristique de Leucate-Barcarès en

cours d'aménagement).

- Cet étang sert de niveau de base pour les eaux de la région de Salses et, de ce fait, est soumis à des variations de hauteur assez importantes, ce qui a motivé l'aménagement de graus dont 2 fonctionnent actuellement: le Rec de l'entrée et le grau de St Ange.

- On peut distinguer:

- L'étang de Leucate proprement dit limité:

- . à l'E par le cordon littoral (1) (Port-Leucate, Le Lido).
- . au S et au SO par une zone marécageuse (2) (La Ramade, Los Clots, Sagne del Devès, Grandes Sagnes).
- . à l'O et au NO par une zone de calcaires massifs (3) avec petite bordure littorale marécageuse (Sagne d'Opoul, Route nationale N9, Lès Cabanes de Fitou)
- . au N la presqu'île de Leucate (4) (Leucate et Leucate-plage).

- Le Paurel situé dans la partie nord de l'ensemble et séparé du reste par le goulet formé par les Sidrières.

- L'étang est le siège d'un important élevage de moules et d'huitres. La conchyliculture n'est pratiquée que dans la partie NE (parcs). La pollution exerce une grande menace pour ces élevages et la situation des parcs dans cette zone NE peut être discutée et critiquée comme nous le verrons plus loin.

2.2 - Apports d'eau à l'étang. (Carte C2).

- Il convient de distinguer les arrivées d'eau douce et celles d'eau salée, ces dernières étant importantes par rapport aux précédentes. Comme de plus l'étang de Leucate est un bassin fermé, il en résulte que ses eaux ont à peu près la même salinité que l'eau de mer. *On notera que selon les arrivées d'eau douce, importantes en hiver, on constate une certaine différence de salinité entre l'étang et la mer.*

- Apports d'eaux salées: ils se font par les 2 graus de St Ange et du Rec de l'entrée. Le volume d'eau mis en mouvement est considérable et permet de renouveler l'eau de l'étang.

- Apports d'eau douce: Ils se font par 3 vecteurs

- . les ruisseaux et canaux
- . les sources littorales
- . les sources sous-marines.

- Ruisseaux et canaux:

- . Le ruisseau d'Arène (faible débit temporaire)
- . Le ruisseau de Canaveire (idem)
- . Les canaux des marais littoraux (idem)

L'ancien canal de la Salanque joignant l'Agly à l'étang et alimenté au droit de St Hippolyte par un réseau de petites sources.

- Sources littorales: (caractéristiques Cf légende C2)

. La source de la gare de Fitou (1) pérenne et 2 sources temporaires au N et au S. Elles ne sont pas contaminées par l'étang.

. La source de Font-Estramar (2) pérenne, débit important drainant une très vaste région et aux eaux saumâtres.

. Les sources de Fontdame (3) mêmes caractéristiques que Font-Estramar.

- Sources sous-marines:

- . Au NO des Sidrières
- . A l'E de Pedros
- . A l'E des Grandes Sagnes
- . Au N du canal de la Salanque.

2.3 - Eléments connus de la dynamique des eaux.

- Influence de la marée.

Bien que les marées méditerranéennes aient un marnage faible (quelques décimètres), les 2 marées par jour entraînent la

rupture de l'équilibre étang-mer et par conséquent la circulation de l'eau par les graus. Le décalage qui existe entre la marée en mer et celle qui existe dans l'étang provoque un déphasage quasi constant entre les hauteurs d'eau de l'un et de l'autre.

- Influence des vents.

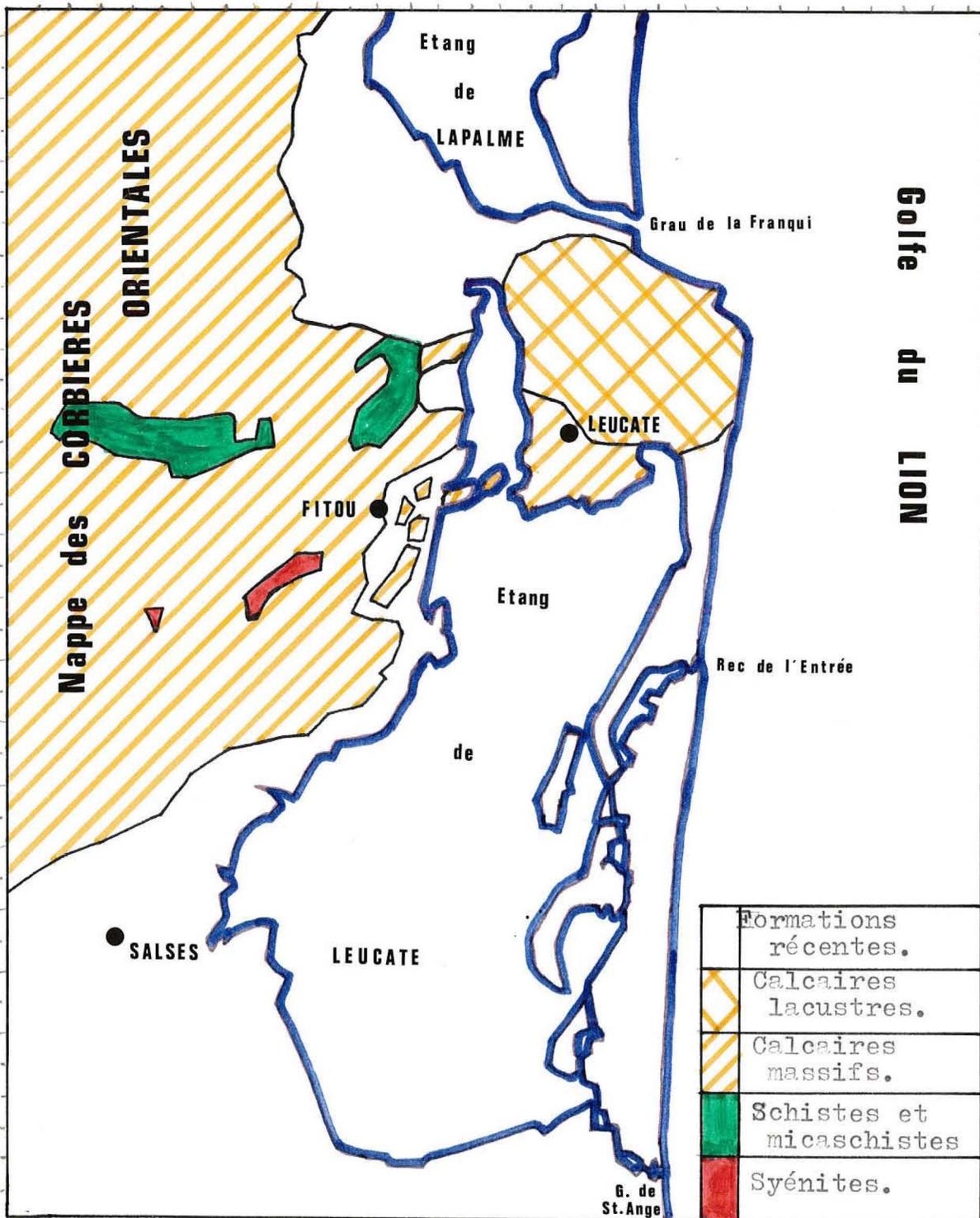
Les vents de terre "tramontane et Cers" provoquent une baisse du niveau de la mer près de la côte et facilitent l'écoulement de l'eau de l'étang vers la mer. Par contre, les vents de mer ("Greb") provoquent une hausse du niveau général et l'eau pénètre largement dans l'étang.

Les différences de niveau peuvent atteindre 50 cm et le volume d'eau ainsi déplacé est d'environ 26 millions de mètres cubes.

Dès que le vent devient important, son influence l'emporte sur celle de la marée. Il peut y avoir pendant plusieurs jours une entrée ou une sortie d'eau interrompue dans l'étang.

III. Géologie sommaire.

Nous la résumerons par une carte complétant la carte C2.



LES MISSIONS

Mission I.

(Cyclope)

Date: 21/7/1972.

T° mer 24°

T° étang 27°

T° sources 18°

| Zone | Axe | N° de bde magnétique | Heure | Durée d'enregist. | Alt. m | V noeuds | Cap |
|--------|-------|-------------------------|-------|----------------------|-----------|-------------|------|
| ucate | I | 25 | 22h57 | 5' | 2000 | 120 | 0°N |
| " | 2 | 25 | 23h05 | 1' | 2000 | " | 180° |
| " | 2' | 25 | 23h06 | 5'37 | " | " | 180° |
| " | 3 | 25 | 23h16 | 3'25 | " | " | 0°N |
| " | 4 | 26 | 23h25 | 5'35 | " | " | 180° |
| " | 5 | 26 | 23h27 | 2'33 | " | " | 0°N |
| " | 5' | 26 | 23h37 | 4'35 | " | " | 180° |
| Bigean | Ouest | 26 | 23h52 | 3'00 | " | " | 0°N |

Vent de Nord-Ouest 320°, 2m/s

. Carte C3

. Planches Ia, Ib, Ic, Id Positif.

I. Etude descriptive.

- A. (26-5-A) Source de Font-Estramar. Teinte foncée due au fait que l'eau de la source est plus froide que celle de l'étang. Direction SEE.
- B. (26-5-A) Sources de Fontdame. Mêmes caractéristiques sauf direction SE , Est précédement.
- C. (26-5-A) Ancien canal de la Salanque qui débite légèrement.
- D. (26-5-A) Léger débit des canaux de marais situés au sud de "Sagnes del Deves".
- E. (26-I-A) Trace de la source de la gare de Fitou dirigée SE.
- F. et G. Sources sous-marines peu apparentes au N des Sidrières (F) et à l'Est de Pedros (G) (26-I-A)
- H. (25-3-A) (25-4-A) (26-2-A) Ile artificielle construite grâce aux sédiments résultants du dragage récent du Rec de l'entrée. À remarquer la masse importante d'eau plus chaude (claire) s'accumulant à l'ouest de l'île et s'écoulant le long de celle-ci par le Nord et le Sud.
- I. (26-2-A) Petite masse d'eau froide à proximité de l'île de la Bascasse dirigée SE. (Haut-fond découvert ? Phénomène d'écran ?)
- J. (25-3-A) Trois masses d'eau froide anormales. Soit sources sous-marines? Soit eaux froides accumulées par le vent en surface?
- K. (26-2-A) Eaux chaudes, le long de "Los Clots", s'écoulent vers le Grau de St Ange.
- L. (26-2-A) Les eaux chaudes de l'étang pénètrent le Grau de St Ange et repoussent les eaux plus froides (~~ne rayonnante~~) de la mer qui s'y étaient accumulées.
- M. (25-4-A) (26-2-A) Correspondant à ce phénomène de marée descendante, donc de sortie des eaux de l'étang; on observe l'écoulement des eaux chaudes des bassins vers les "Dindilles".
- N. (25-I-A) Ici de même on observe les eaux de l'étang sortant par le "Rec de l'entrée" Toutefois on peut noter une "avance" du "Rec de l'entrée" sur le Grau de St Ange puisque en L les eaux de l'étang ne faisaient que pénétrer le Grau alors qu'en N elles arrivent en mer.
- O. (25-I-A) Grau de Leucate ensablé.
- ★ (25-4-A) On observe les eaux plus chaudes de L'Agly . s'écoulant en mer.

II. Etude analytique.

I. Circulation par les graus.

- Ne fonctionnent que 2 graus sur 3. (G. de Leucate ensablé).
- Début de marée descendante.
- Décalage dans le temps entre les graus. Rec de l'entrée en "avance" sur St Ange.

2. Dynamique de la circulation dans l'étang.

- Les lignes de courant autour de l'île artificielle semblent montrer dès à présent (carte C3) que l'écoulement par le nord pénètre le Rec de l'entrée, mais que l'écoulement par le sud est bloqué. On peut donc prévoir l'existence de 2 bassins drainés chacun par un grau. (Cf. etude analytique de

la mission 2.).

- Les eaux douces et relativement "froides" des sources s'écoulent légèrement en surface, direction E à SE. Faible action d'un vent de NO et tout début de l'établissement de l'échange étang-mer.

Mission 2. (Cyclope)

Date: 22/7/1972.

T° mer 24°

T° étang 27°

T° sources 18°

| Zone | Axe | N° de bde magnétique | Heure | Durée d'enregist. | Alt. m | V noeuds | Cap |
|---------|-------|----------------------|-------|-------------------|--------|----------|------|
| Leucate | 2 | 31 | 4h00 | 5'40 | 2000 | 120 | 180° |
| " | I | 31 | 4h07 | 5'00 | " | " | 0°N |
| " | 4 | 31 | 4h15 | 3'40 | " | " | 180° |
| " | 5 | 32 | 4h25 | 3'35 | " | " | 0°N |
| " | 3 | 32 | 4h30 | 2'20 | " | " | 180° |
| Palme | Ouest | 32 | 4h37 | 7'07 | " | " | 0°N |
| Sigean | Ouest | 32 | 4h46 | 3'00 | " | " | 180° |

Vent constant de Nord-Ouest ne variant qu'après 4h du matin pour passer à un régime Sud de façon temporaire.

- . Carte C4
- . Planches 2a,2b,2c Positif.

I. Etude descriptive.

- A et B (32-I-A) Eaux froides des sources de Font-Estramar(A) et de Fontdame (B) se sont considérablement étendues en surface pendant la nuit. Direction générale E.
- C et D (32-I-A) Même remarque pour les panaches d'eau froide de l'ancien canal de la Salanque (C) et des canaux de marais (D). Comparer avec 26-5-A planche Ic.
- E. Même remarque pour la source de la gare de Fitou (3I-6-A) direction SE. Comparer avec (26-I-A) planche Ia.
- F. (3I-6-A) Source sous marine ou bien effluent de l'usine de Fitou?
- G. (3I-6-A) Zone peu ~~émissive~~ ^{rayonnante} en surface devant correspondre à une source sous-marine.
- H, I et J. (3I-I-A) et (3I-6-A) Masses d'eaux froides rabattues par le vent ou hauts fonds. Ces 2 phénomènes pouvant être liés.
- K. (3I-I-A) et (3I-6-A) Très vraisemblablement source sous-marine; un haut-fond étant ici peu probable vu la sédimentation peu active dans cette zone.
- L. (3I-2-A) Petite masse d'eau froide restée dans les canaux s'écoulant maintenant vers la mer.
- M. (3I-2-A) L'eau chaude de l'étang a maintenant complètement chassé du Grau de St Ange l'eau froide de la mer qui y demeurerait en début de nuit. Comparer avec (26-2-A) planche Ib. Les eaux de l'étang s'écoulent en mer en formant un petit panache de direction N.
- N. (3I-4-A) Le "Rec de l'entrée débite maintenant à plein. Comparer avec (25-I-A) planche Id. Il est à noter qu'ici le panache est beaucoup plus important en dimensions que celui du Grau de St Ange.
- O. (3I-4-A) Grau de Leucate ne fonctionnant pas.
- P. (32-I-A) Très nette distinction en fin de nuit, comparer avec (26-5-A) planche Ic, entre les marais à l'E de la nationale 9 de teinte sombre (froids) et les terrains de l'autre côté de la nationale constitués de calcaires massifs et de brèches karstifiées beaucoup plus émissifs.
- * (3I-2-A) Panache de l'Agly, direction E. On remarquera que les eaux de cette rivière arrivent de couleur claire puis sont ourlées au large de panaches sombres. Ce phénomène sera explicité dans l'étude analytique.

II. Etude analytique.

I. Circulation par les graus.

- Ne fonctionnent que 2 graus sur 3, Rec de l'entrée et grau de St Ange, le troisième, grau de Leucate étant ensablé.
- La circulation est maintenant totalement établie dans le sens étang vers la mer (marée descendante).
- La différence entre les panaches de sortie semble montrer:
 - . Que le Rec de l'entrée fonctionne avant St Ange
 - . Que le débit par le Rec de l'entrée est plus important, celui-ci ayant été récemment dragué lors de la construction de la nouvelle station balnéaire de Port-Leucate.
- L'opposition entre les directions d'écoulement, N pour les graus, E pour l'Agly montre que le vent devait être faible ce jour-là

2. Dynamique de la circulation dans l'étang.

- Le phénomène de "suction" des eaux en surface est très évident,

Légende: Cartes C2, C3, C4, C5, C6. Echelle 1/50.000.

- Source permanente
- Source temporaire
- Source dont les eaux sont salées
- ★ Source sous-marine connue
- ▼ Emissaire répertorié

| | | | |
|---|-----------------------------|---------|--------------|
| 1 | Source de la gare de Fitou. | -crue | Q = 500 l/s |
| | | -étiage | Q = 2 l/s |
| | | | T = 15 à 19° |
| 2 | Source de Font-Estramar | -crue | Q = 8000 l/s |
| | | -étiage | Q = 800 l/s |
| | | | T = 18 à 20° |
| 3 | Sources de Fontdame | -crue | Q = 6000 l/s |
| | | -étiage | Q = 300 l/s |
| | | | T = 18 à 20° |

4 Ancien canal de la Salanque. (Relie l'étang de Leucate à l'Agly)

▼ Station d'épuration

→ Direction des vents dominants

→ Courants d'eaux froides, relativement par rapport au milieu

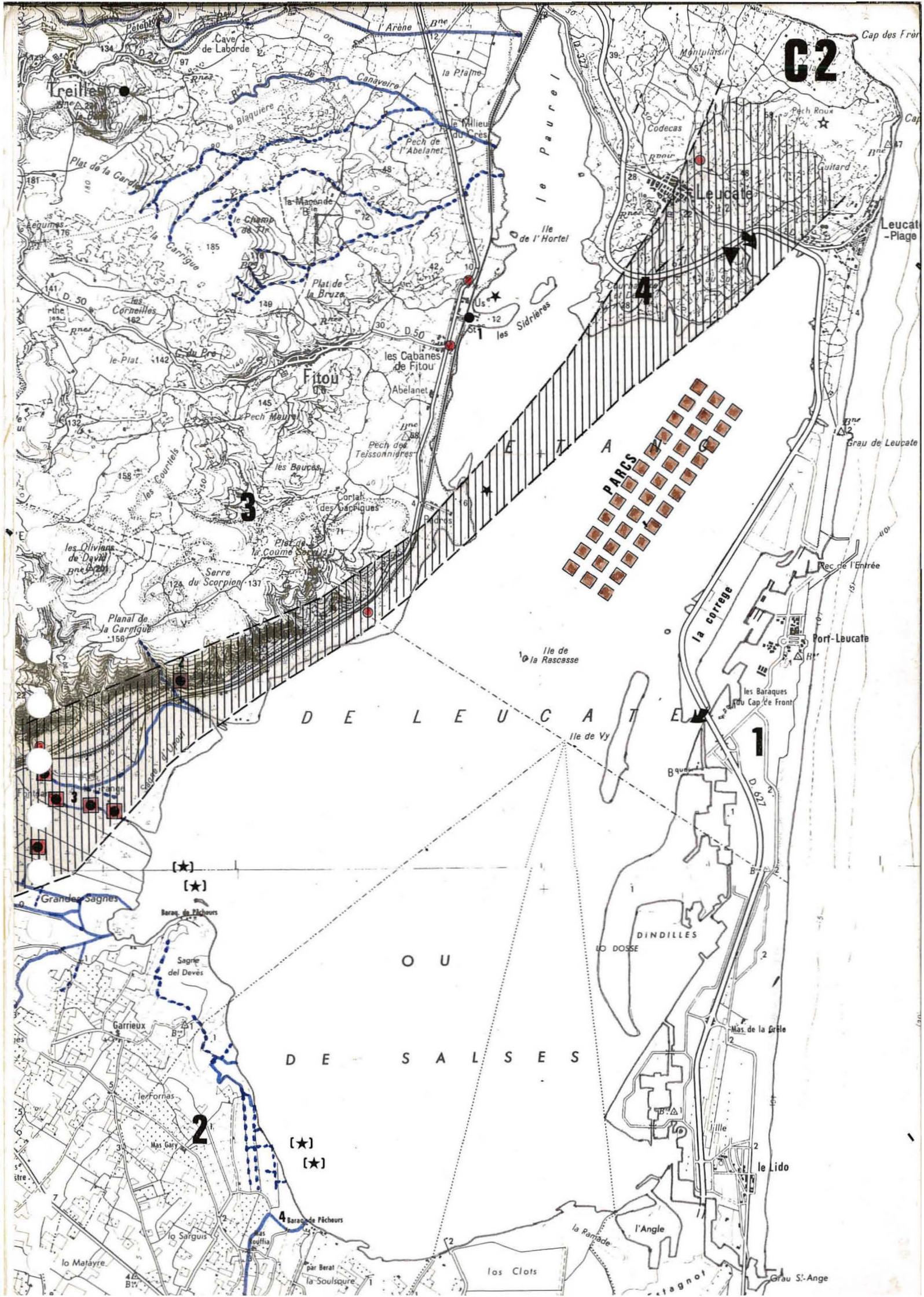
→ Courants d'eaux chaudes, " " " " "

 Milieu aqueux peu émissif

 Milieu aqueux très émissif

(★) Source sous-marine d'après CAZAL, MOUSSIE et SALVAYRE.

 Karst noyé d'après CAZAL, MOUSSIE et SALVAYRE.



C2

PARCS

DE LEUCATE

OU

DE SALSES

1

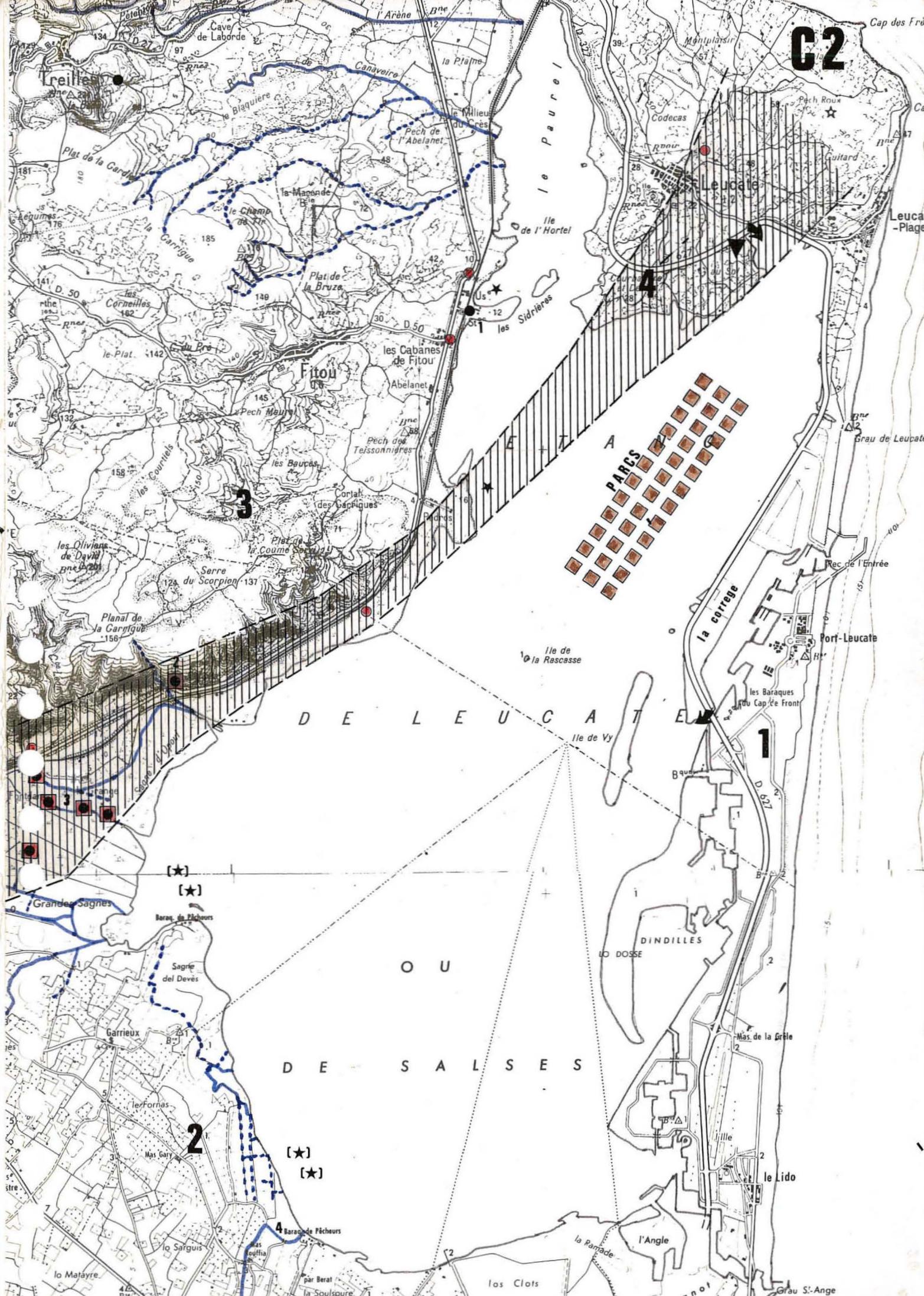
2

3

4

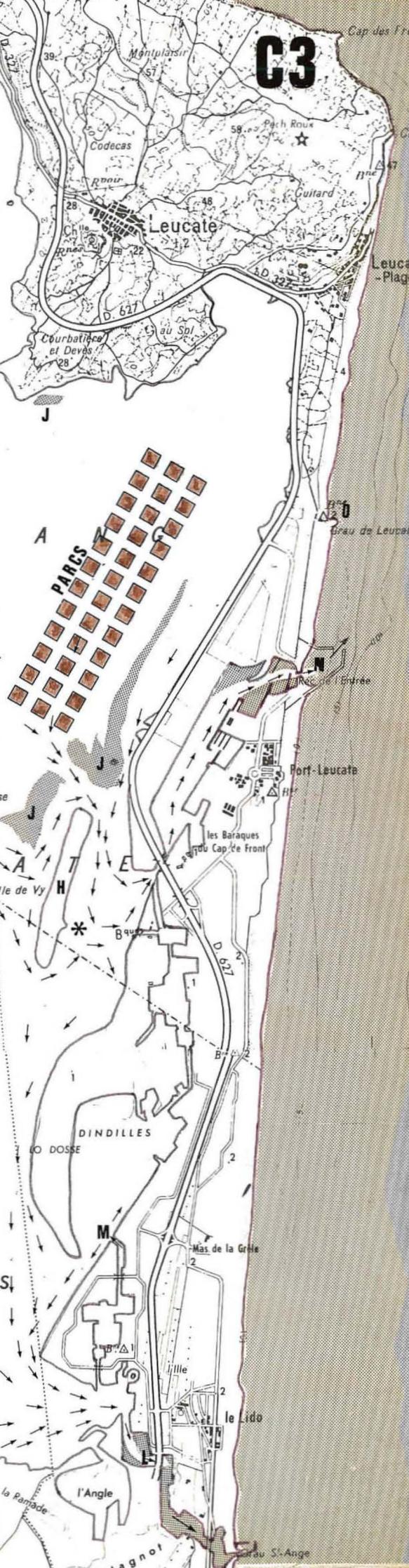
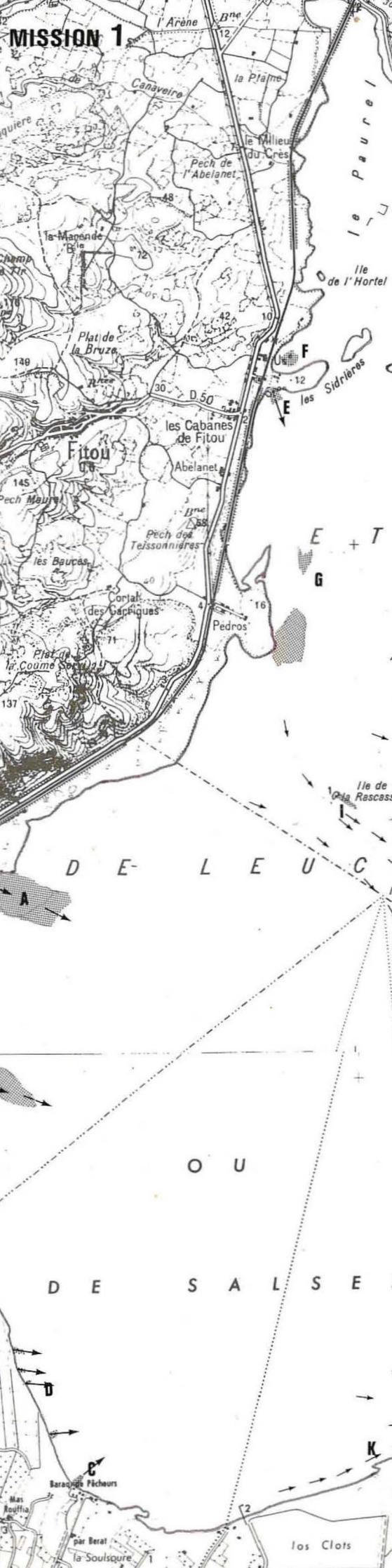
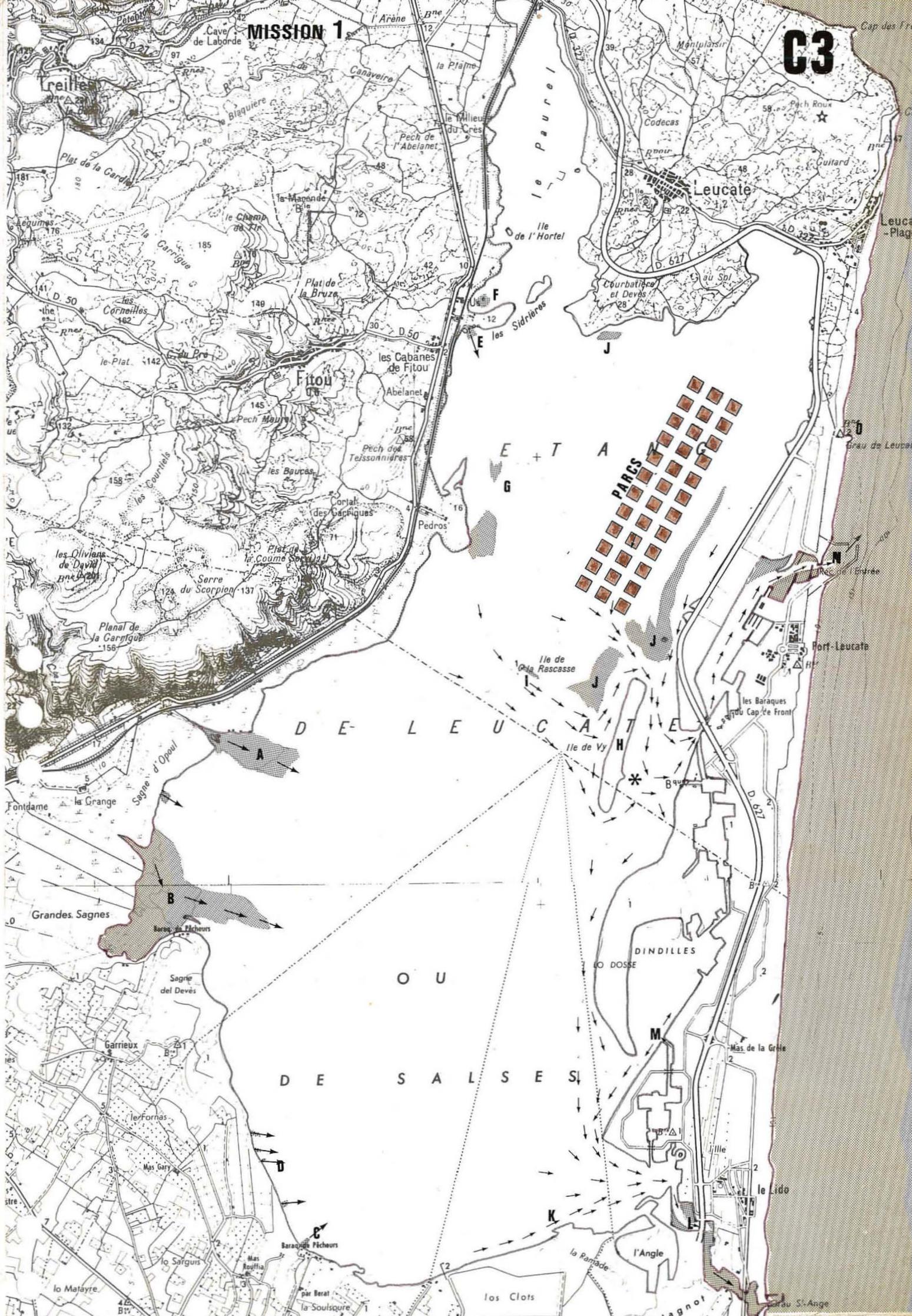
[★]
[★]

[★]
[★]



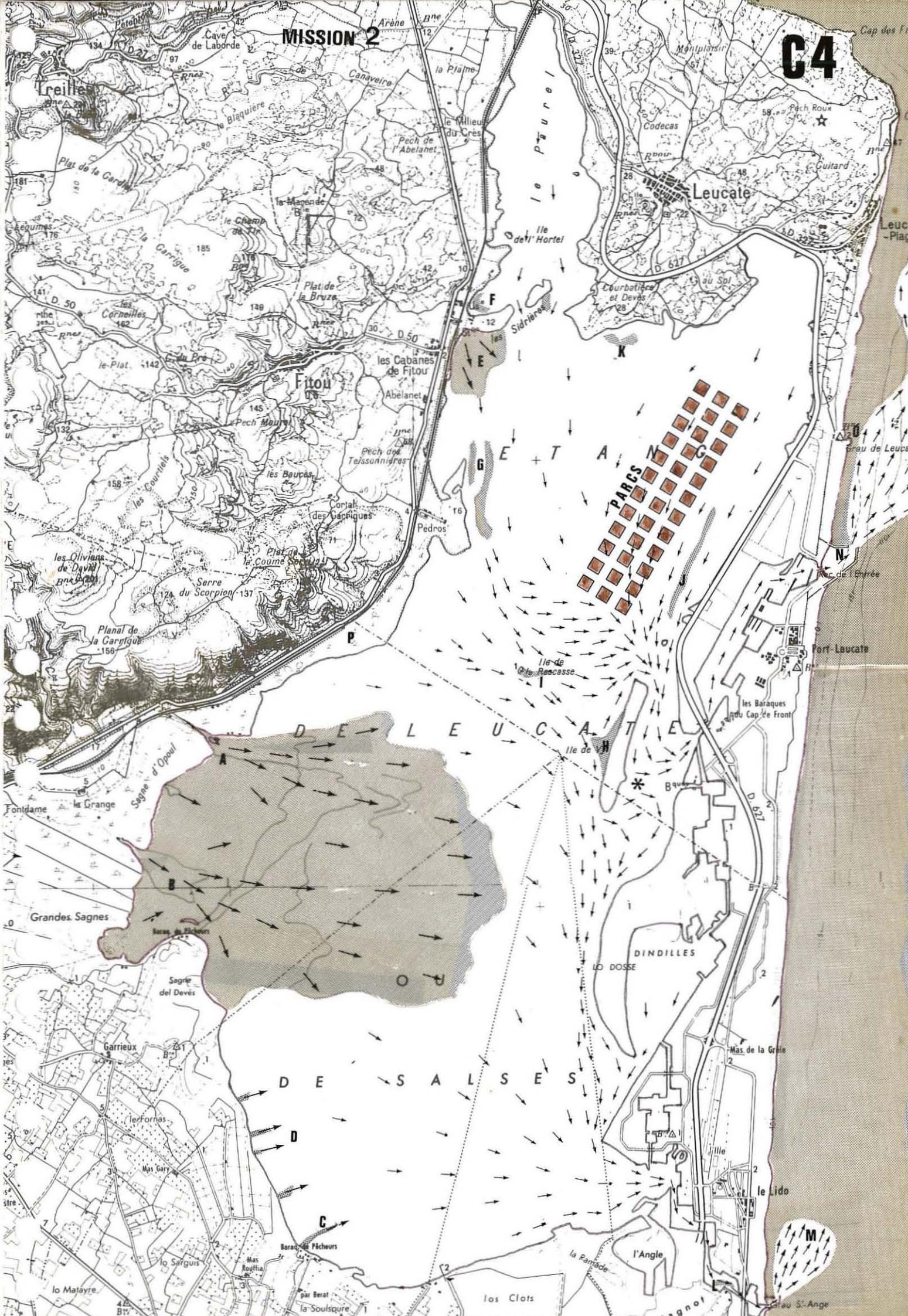
MISSION 1

C3



MISSION 2

C4



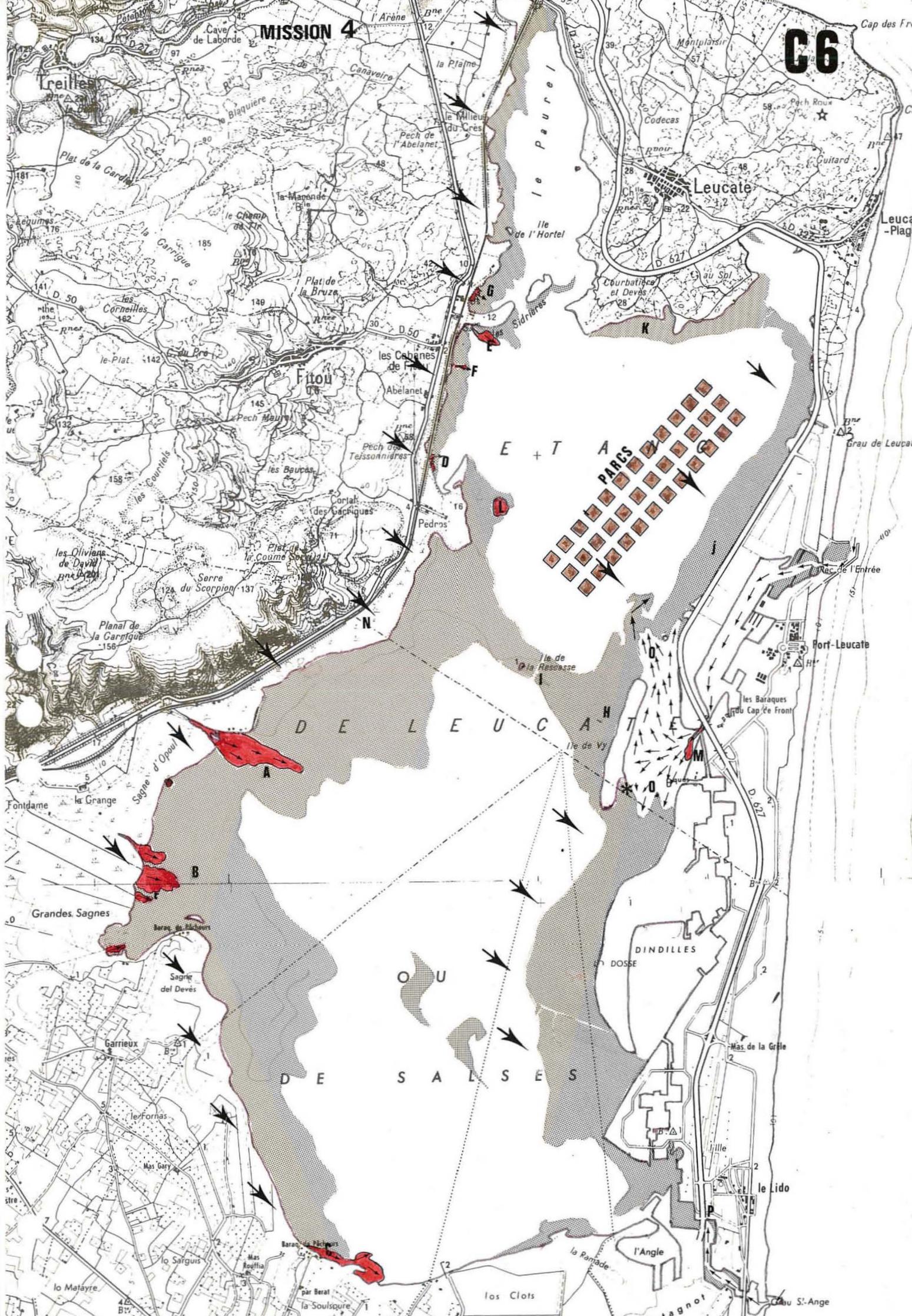
MISSION 3

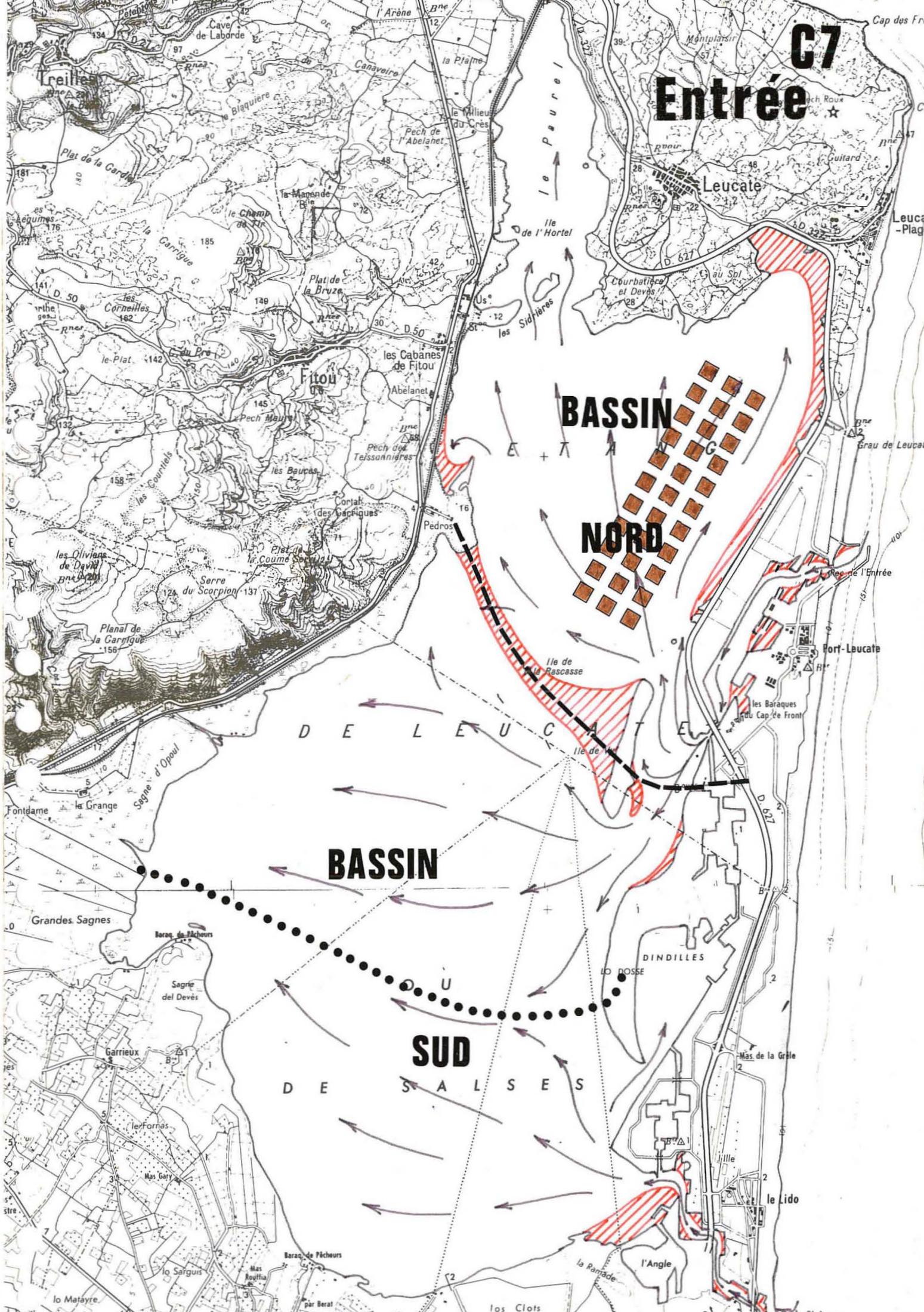
C5



MISSION 4

C6





C7

Entrée

BASSIN

NORD

BASSIN

SUD

D E L E U C A T

D E S A L S E S

Leucate

Fitou

Port-Leucate

Grandes Sagnes

DINDILLES

Garrieux

le Lido

Cap des Frères

Leucate-Plage

Grau de Leucate

Receve l'Entrée

les Baraques du Cap de Front

Fontdame

lo Matayre

los Clots

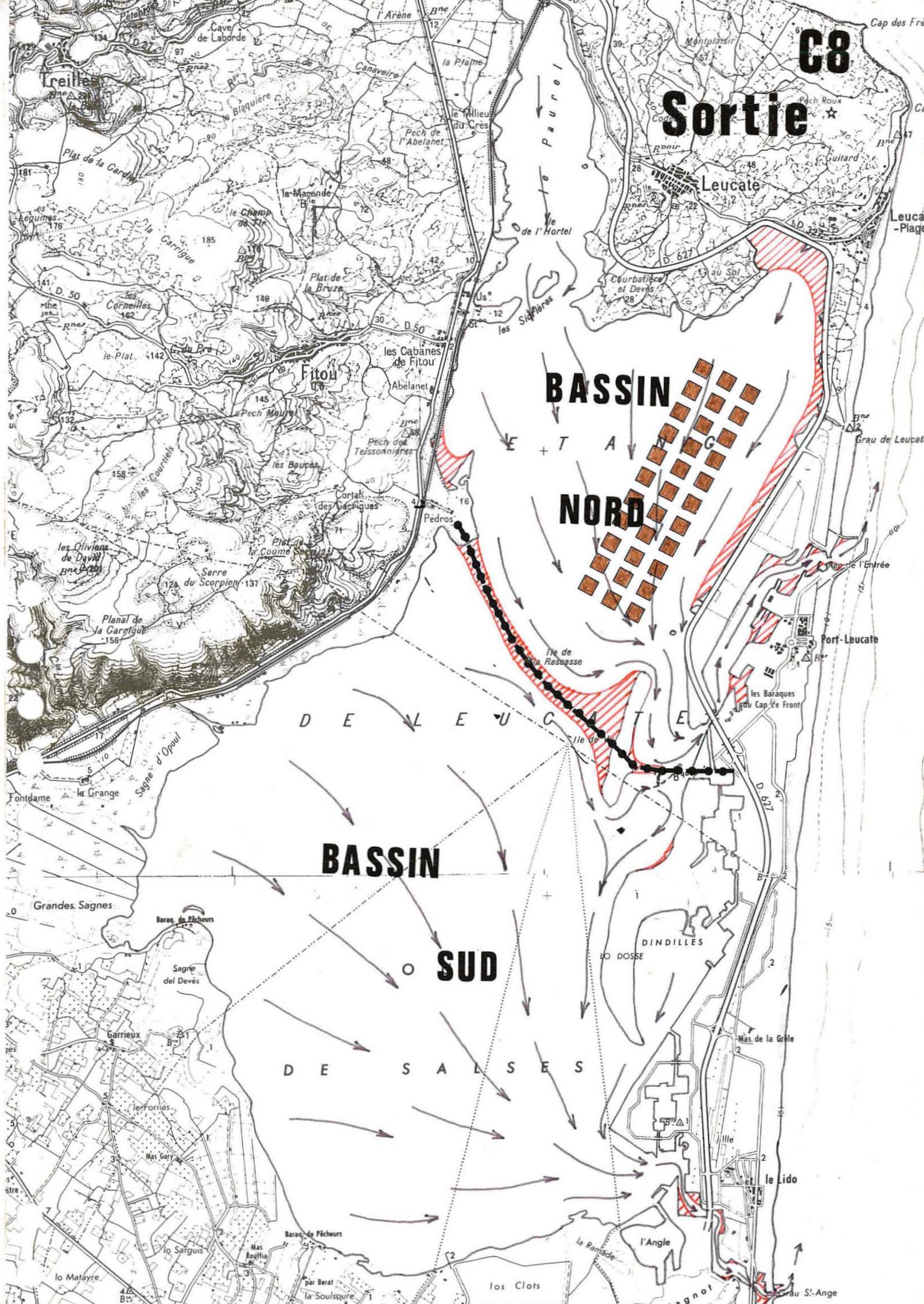
l'Angle

le Lido

le Lido

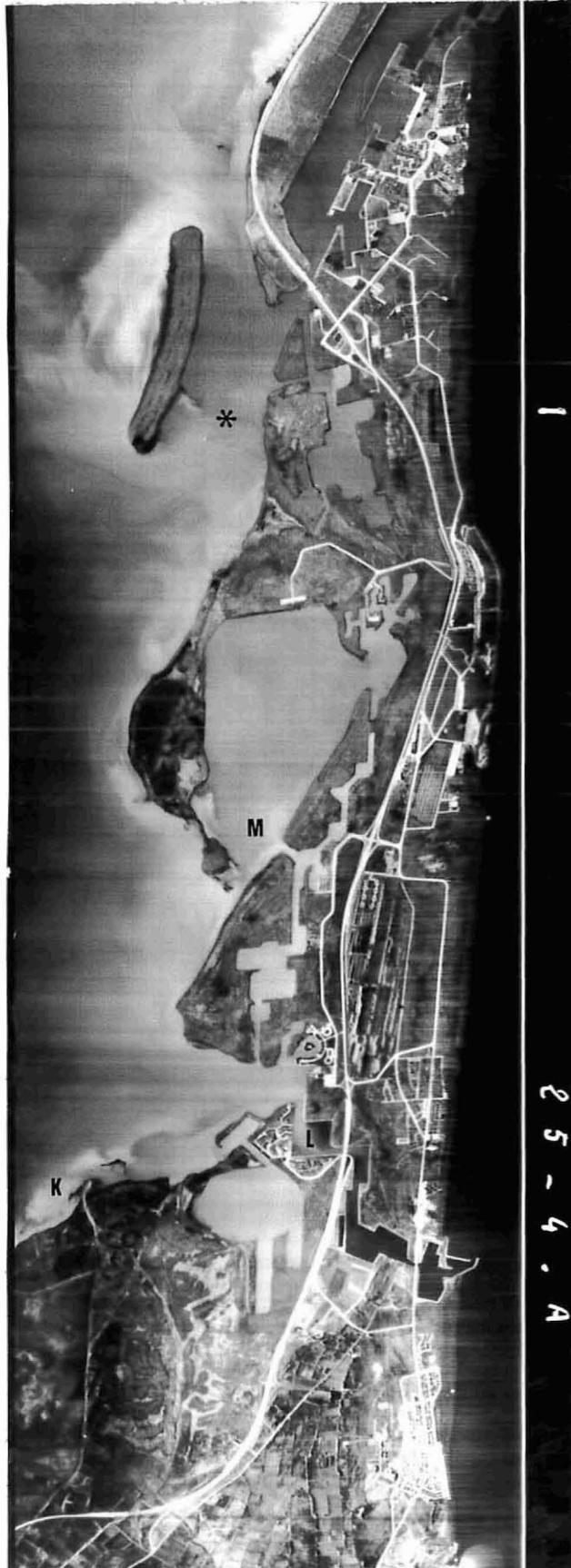
C8

Sortie



21 juillet 1972 - 23 h



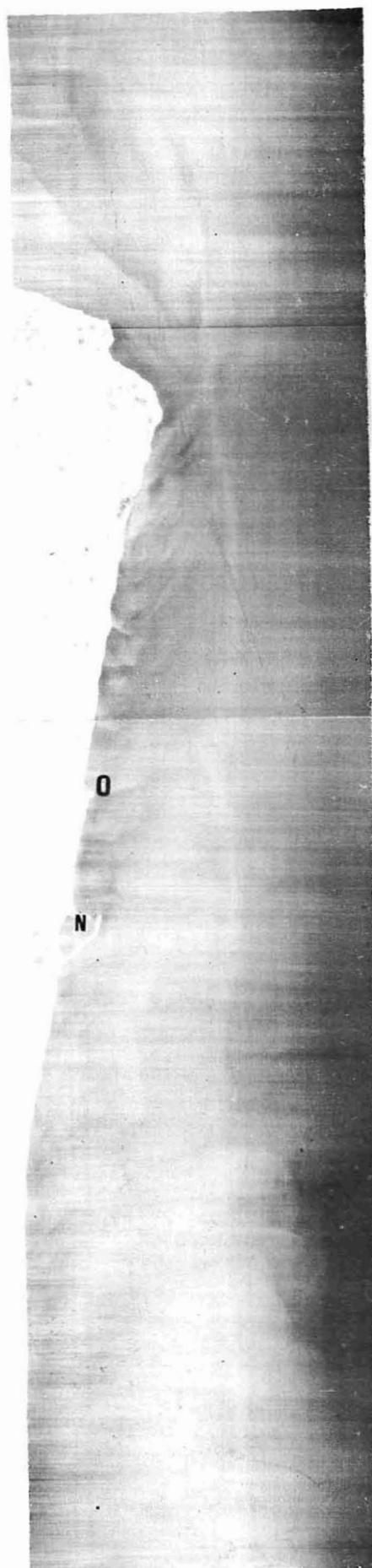


25-4-A

Agly *



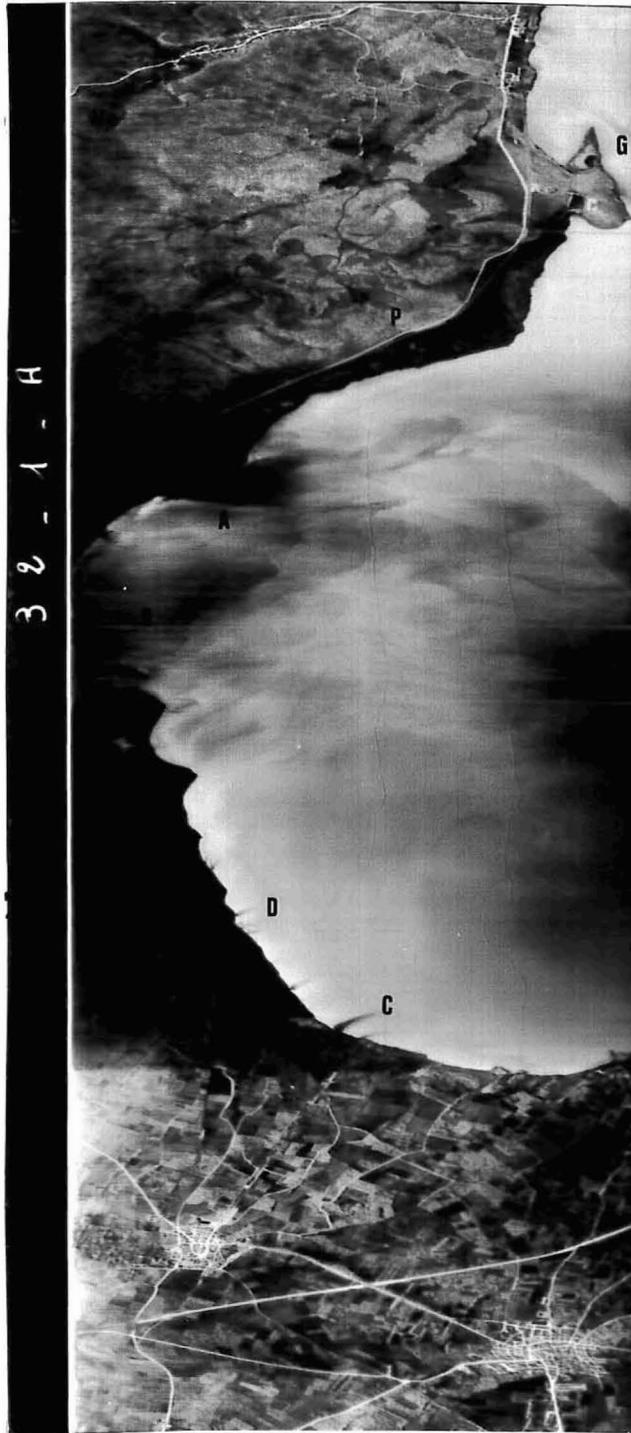
MISSION 1



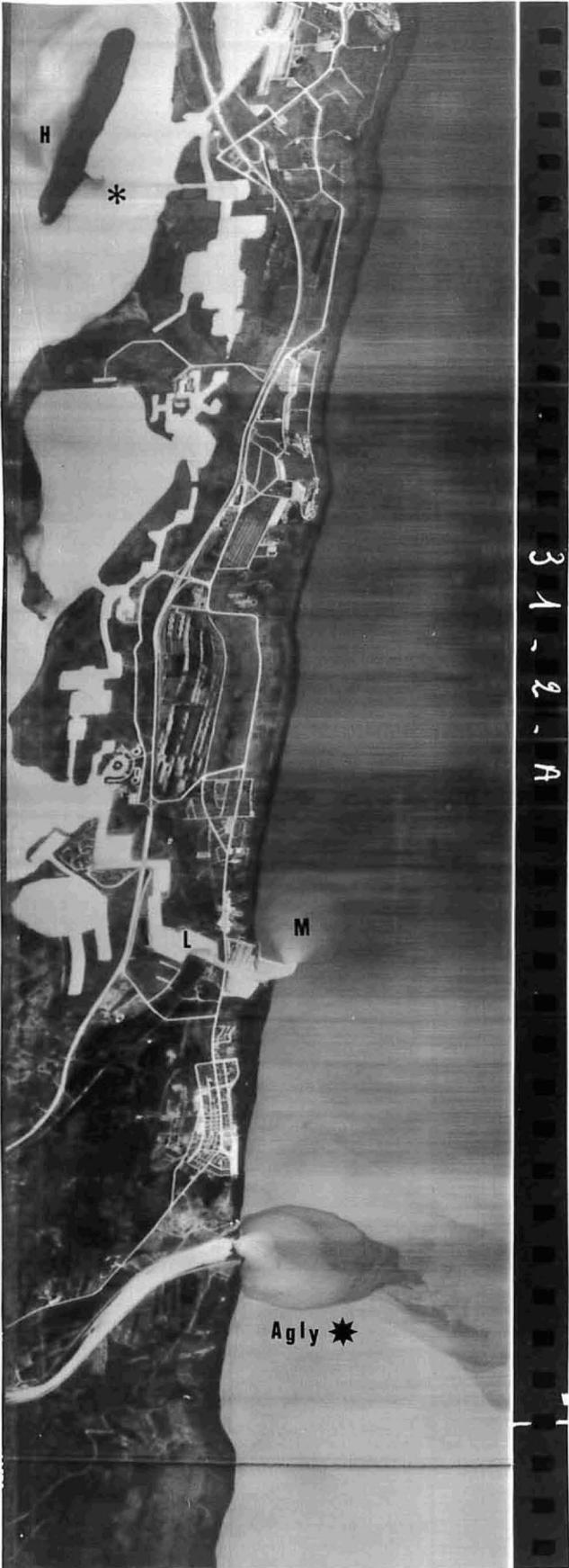
O

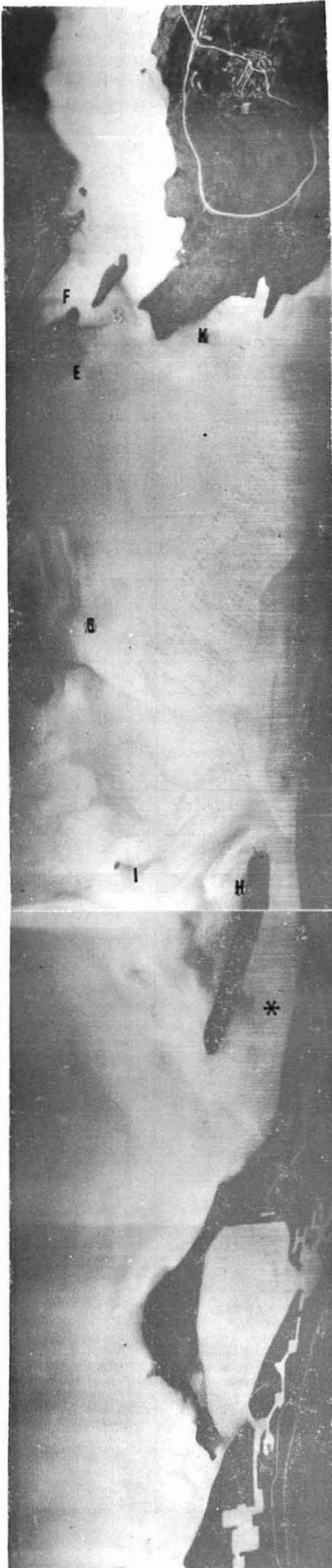
N

22 juillet 1972 - 4 h



MISSION 2





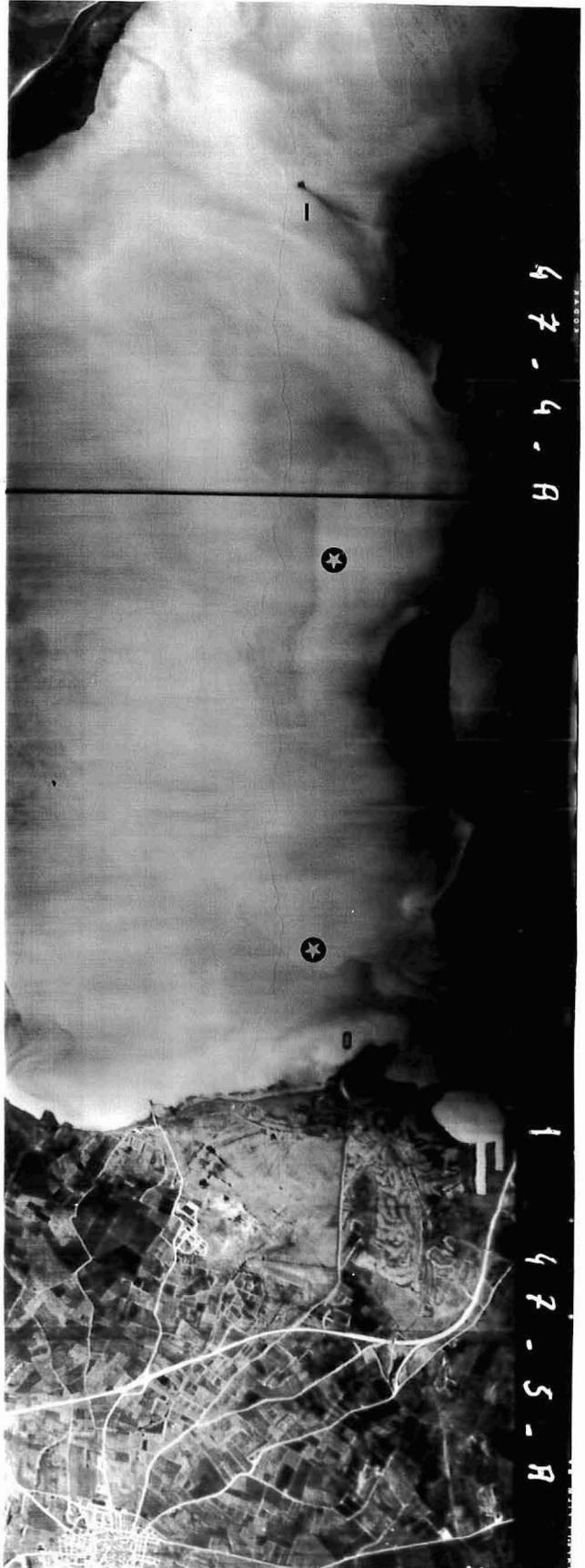
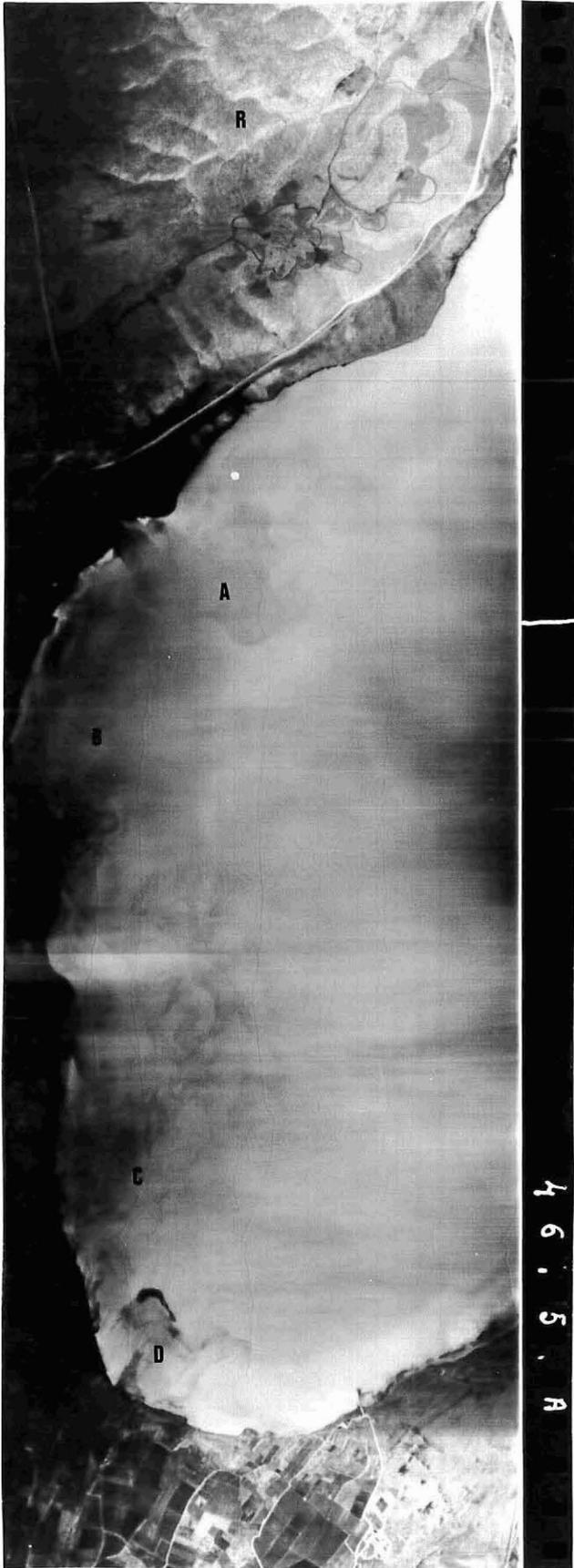
31-6-A

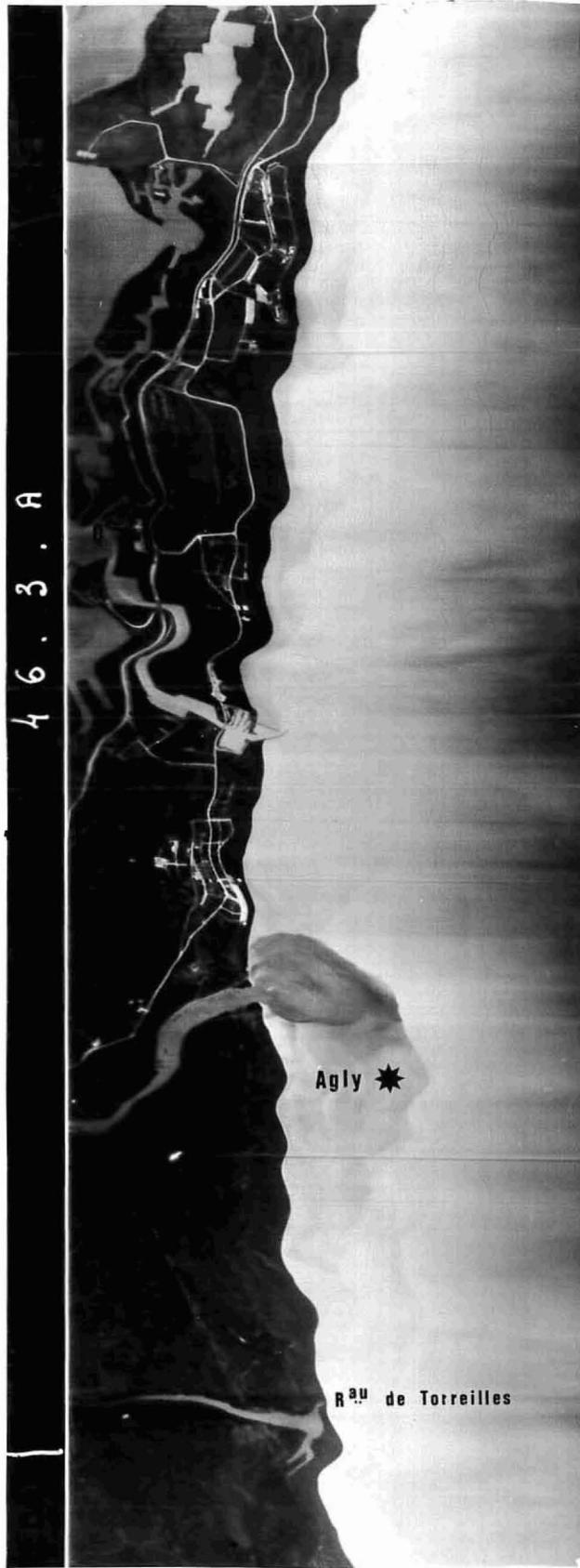


31-4-A

MISSION 3

13 septembre 1972 - 22h







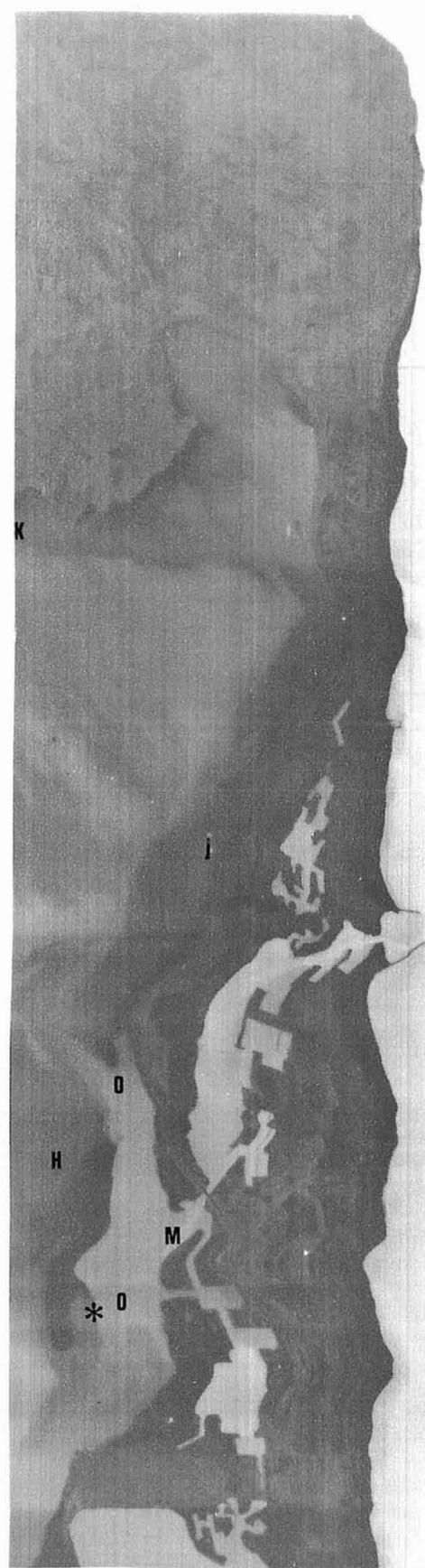


MISSION 4

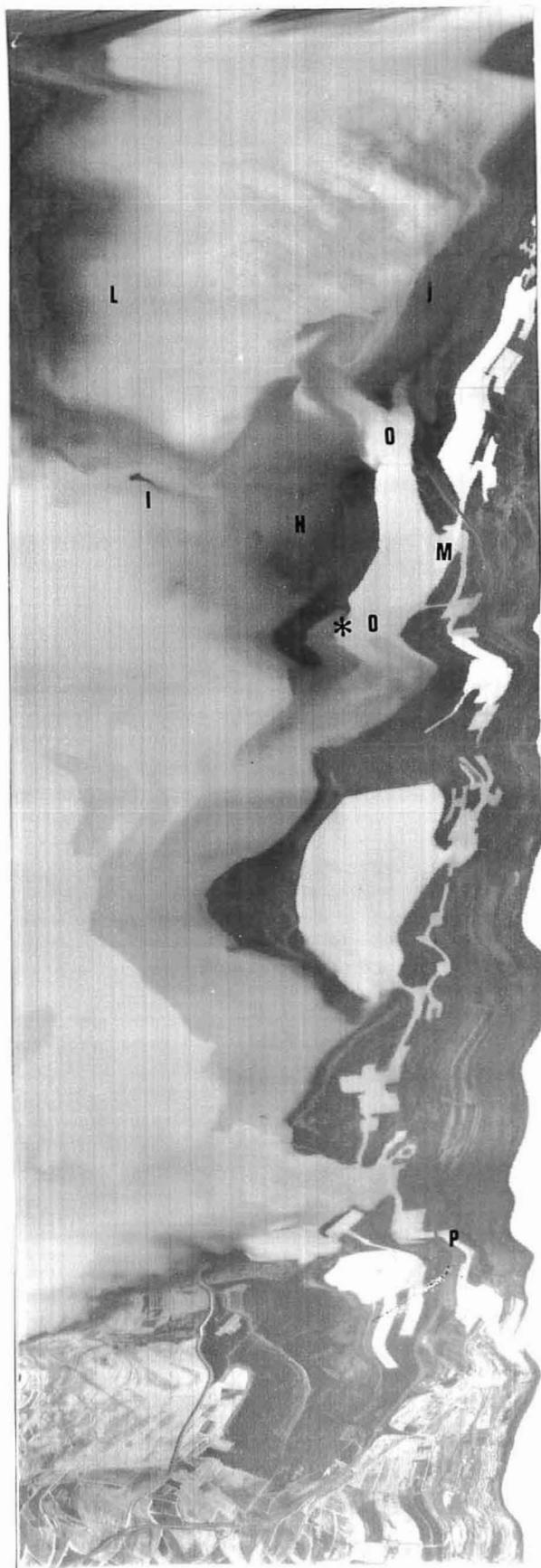
25 novembre 1972 - 0 h



S8-46-A



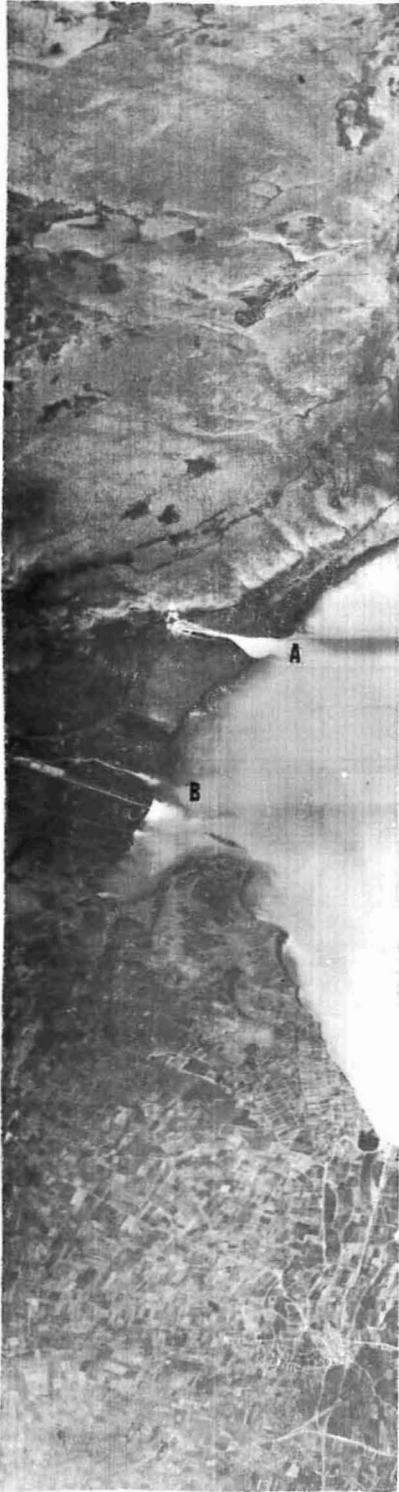
S8-43-A



SB-44-A



SB-42-A



S8-47-A



S8-45-A

