

Etude effectuée à la demande de
l'Agence de Bassin Seine - Normandie
et de la Cellule Anti - Pollution de Dieppe
(Direction Départementale de l'Equipement
de la Seine - Maritime).

FLUX de POLLUTION
au LITTORAL CAUCHOIS

1979

Document n° 2

J.P. DUPONT - J.C. PELTIER

Responsable Scientifique : P. HOMMERIL

Laboratoire de Géologie Marine et Biosédimentologie

Laboratoire de Biologie Animale - Ecophysiologie

IFREMER Bibliotheque de BREST



0EL05391

avec la collaboration scientifique de :

J. MOREL, Université de Rouen

J. RUDELLE et Y. DEMARCQ,
Station d'Etude en Baie de Somme

Etude effectuée à la demande de
l'Agence de Bassin Seine - Normandie
et de la Cellule Anti - Pollution de Dieppe
(Direction Départementale de l' Equipement
de la Seine - Maritime).

FLUX de POLLUTION
au LITTORAL CAUCHOIS

1979

Document n° 2

J. P. DUPONT - J. C. PELTIER

Responsable Scientifique : P. HOMMERIL

Laboratoire de Géologie Marine et Biosédimentologie
Laboratoire de Biologie Animale - Ecophysiologie

avec la collaboration scientifique de :

J. MOREL, Université de Rouen

J. RUDELLE et Y. DEMARCQ,
Station d' Etude en Baie de Somme

INTRODUCTION

— Initialement cette étude devait avoir pour but de définir et quantifier les flux polluants pouvant affecter le littoral cauchois. Cet objectif a été partiellement abandonné.

L'optique de ce présent travail est quelque peu différente. Dans une première partie nous abordons le problème de la dispersion des flux polluants afin de tenter de définir les zones les plus sensibles de notre littoral. Pour ce faire, nous avons procédé à des missions aériennes photographiques. Le traitement des images obtenues révèle le devenir des flux continentaux au flot et au jusant. —

Dans une seconde partie plutôt que de mesurer les flux polluants, nous avons abordé le problème de l'état actuel du littoral. Compte-tenu de la fréquence des gisements de moules tout au long du littoral cauchois et de leur cueillette par les pêcheurs professionnels et occasionnels, nous avons choisi ce mollusque filtrant (moule) pour marquer de l'état du littoral. Conformément à la décision prise avec Messieurs LESOUEF (Agence de Bassin), CADIOU (Agence de Bassin) et DESFOSSEZ (Cellule Anti-Pollution du littoral), nous nous sommes limités à deux types de paramètre :

- les métaux lourds,
- les pesticides.

Les premiers devant servir à définir l'influence des flux polluants sur le littoral.

Les seconds constituant un aspect encore peu abordé sur notre littoral et susceptible de donner de meilleures indications quant au domaine de la pollution agricole.

Il s'agit là d'un domaine dans lequel il n'existait pas de données régionales significatives.

DIFFICULTES RENCONTREES

1°) - L'étude de dispersion des flux polluants nécessite une météo favorable (temps clair et dégagé pour prendre des photographies aériennes). L'année 1978 fut particulièrement défavorable - Qui plus est, la variabilité et l'instabilité de la météo ne nous permettaient pas de retenir l'avion - Certaines missions se sont soldées par un échec du fait d'une petite brume estompant tous les contrastes. Pour cette même raison, il nous a été impossible de monter au-dessus de 700 pieds ; les clichés sont donc très obliques.

2°) - La modification du programme d'analyse et plus particulièrement l'introduction d'analyses de pesticides nous a obligé à mettre au point des techniques que nous ne maîtrisions pas parfaitement auparavant. A ce propos, nous devons remercier vivement Monsieur J. Morel (Docteur-ès-Sciences en Chimie Organique à l' Université de Rouen) qui nous a guidé dans nos travaux. La détection avec capture d'électron sur chromatographie en phase gazeuse permet d'arriver à une extrême sensibilité (allant jusqu'à quelques picogrammes) dans le domaine des organochlorés, mais ce dispositif est également très très fragile ; les solutions trop concentrées saturent le dispositif et il faut alors procéder au nettoyage complet de l'appareillage. Ces problèmes peuvent être évités en travaillant à des sensibilités moindres, mais on risque alors de passer à côté des problèmes.

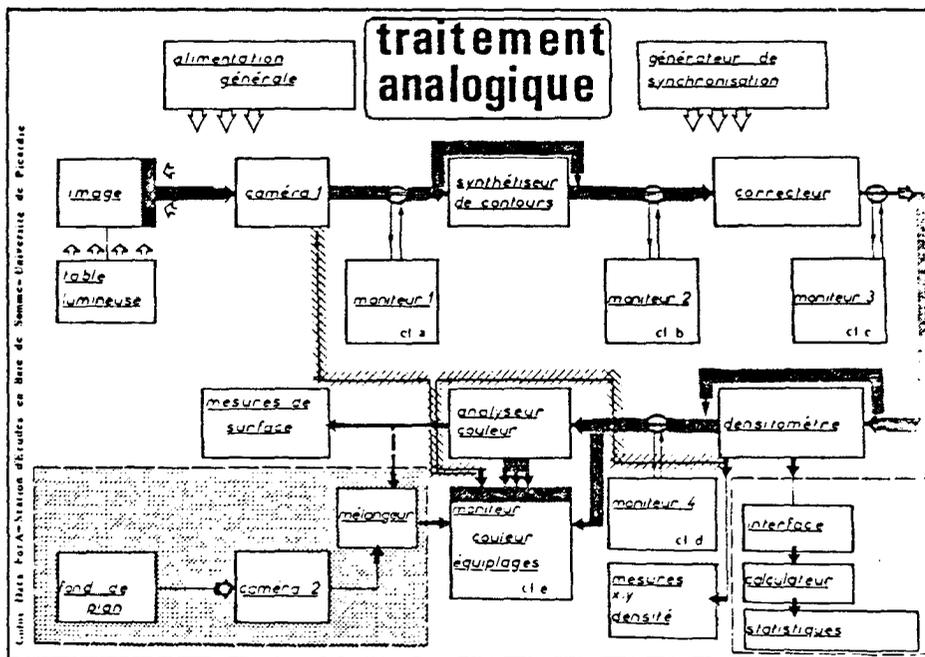


Fig. 4 : Analyse d'images : chaîne de traitement.

I - DISPERSION des FLUX POLLUANTS

A - SYSTEME d'ANALYSE COLOR DATA FOR A.

(Etude réalisée à la Station d'Etudes en Baie de Somme, grâce au concours de J. Rudelle et Y. Demarcq).

Le schéma de la figure * présente l'organigramme de la chaîne de traitement analogiques ; le document initial est placé sur une table lumineuse et le document traité est visualisé sur un moniteur de télévision couleur en fin de chaîne. Le principe d'analyse repose sur un procédé de lecture par une caméra de télévision.

Le document initial à analyser se présente sous la forme d'un film positif couleur infra-rouge. La caméra de télévision, de haute résolution, fournit à la chaîne électronique le signal qui sera traité avant la visualisation. Nous ne donnerons pas ici le détail complet du traitement électronique réalisé, mais le principe en est simple = chaque gris de l'image est traduit en couleur sur l'écran - l'électronique offre, dans ce procédé, une souplesse inégalée = l'opérateur choisit dans l'image originale une couleur claire (ici un bleu très clair), qui sera "vu" blanc, et une couleur foncée (un bleu foncé) pour la partie marine qui nous intéresse qui sera restitué en noir. La chaîne d'analyse permet alors de "découper" et de visualiser sur l'écran de télévision final 10 couleurs relatives à des gris différents situés entre les extrêmes choisis. Le mode de décomposition peut suivre une loi linéaire ou logarithmique ; et sur l'écran 6 gammes de 10 couleurs sont disponibles afin de mettre en évidence les données courantologiques relatives.

B - PRISE des CLICHES et EXPLOITATION

Les photographies ont été réalisées à 700 pieds d'altitude avec un objectif normal de 55 mm à partir d'un CESSNA 4 places à ailes hautes. Nous avons utilisé du film positif couleur infra-rouge et du film infra-rouge négatif noir et blanc. C'est la première série de clichés qui donne les meilleurs résultats et put être analysée au Color Data For A.

Nous avons opté pour les émulsions infra-rouge caractérisées par de bons contrastes et capables de faire partiellement abstraction du léger voile de brume que nous n'avons jamais pu éviter.

Tout au long de la côte du Pays de Caux, on constate une bande d'eaux turbides carbonatées dont les éléments proviennent notamment des nombreux éboulis de falaise. Ces eaux apparaissent en bleu clair (laiteux) sur les clichés et correspondront au blanc de l'échelle Color Data.

En revanche, les eaux du large apparaîtront en bleu foncé et seront choisies comme extrême de la gamme. Les eaux des rivières peu chargées en M. E. S. se placeront au milieu de la gamme, tandis que celles plus chargées se confondront avec les eaux turbides carbonatées du littoral cauchois (exemple : les eaux du Dun).

Nous étudierons deux séries de clichés :

- la première prise deux heures avant la pleine mer (P M - 2) correspond au maximum de courant de flot, c'est-à-dire un courant violent remontant le long du littoral cauchois d'Antifer au Tréport comme le rappelle la figure extraite du précédent rapport.

- la seconde prise deux heures après la pleine mer (P M + 2) correspond au courant de jusant inverse du premier ; il ne s'agit en fait que du début du jusant et il eut fallu plutôt choisir P M + 5 pour avoir le maximum du jusant, mais il était intéressant de faire le flot et le jusant le même jour avec les mêmes conditions de houle d'où ce choix de deux prises de vues à quatre heures d'intervalle plutôt que sept heures (problème d'éclairage).

C - ETUDES des SITES

Les sites choisis l'ont été soit parce qu'ils étaient le siège d'un rejet dans le milieu naturel, soit parce qu'ils se trouvaient au débouché d'une rivière. Pour une meilleure connaissance de flux polluants émanant il faut se reporter au document n°1 édité en 1977 qui faisait le point sur la question.

Pour chaque site, les prises de vue ont été réalisées à PM - 2 - P.M. et P.M+2. Ce sont les photographies prises au flot et au jusant qui ont été retenues ici. Elles ont généralement fait l'objet d'un traitement au Color Data for A et l'on trouvera soit le cliché original, soit le cliché traité, soit les deux à la fois et les schémas qui peuvent être tirés de l'interprétation des clichés.

DEBOUCHE de la BRESLE (Le TREPORT)

PM - 2 = A marée montante le flux sortant du port du Tréport est relativement faible du fait des vannages.

Les eaux moyennement turbides du port progressent vers la plage de Mers devant laquelle le panache turbide littoral général reste piégé.

Dans ce cas de figure, la plage de Mers ne semble pas devoir subir une grande influence des eaux de l'Yères.

PM+2 = A marée descendante, les eaux sortant du port progressent vers l'Ouest en se mélangeant aux eaux turbides précédemment piégées devant la plage de Mers.

Le panache des eaux de la Bresle concerne donc directement la plage du Tréport au jusant.

BM = A marée basse, le port du Tréport se vidange. Le panache en émanant s'étale largement vers l'Ouest et tranche nettement avec la turbidité générale.

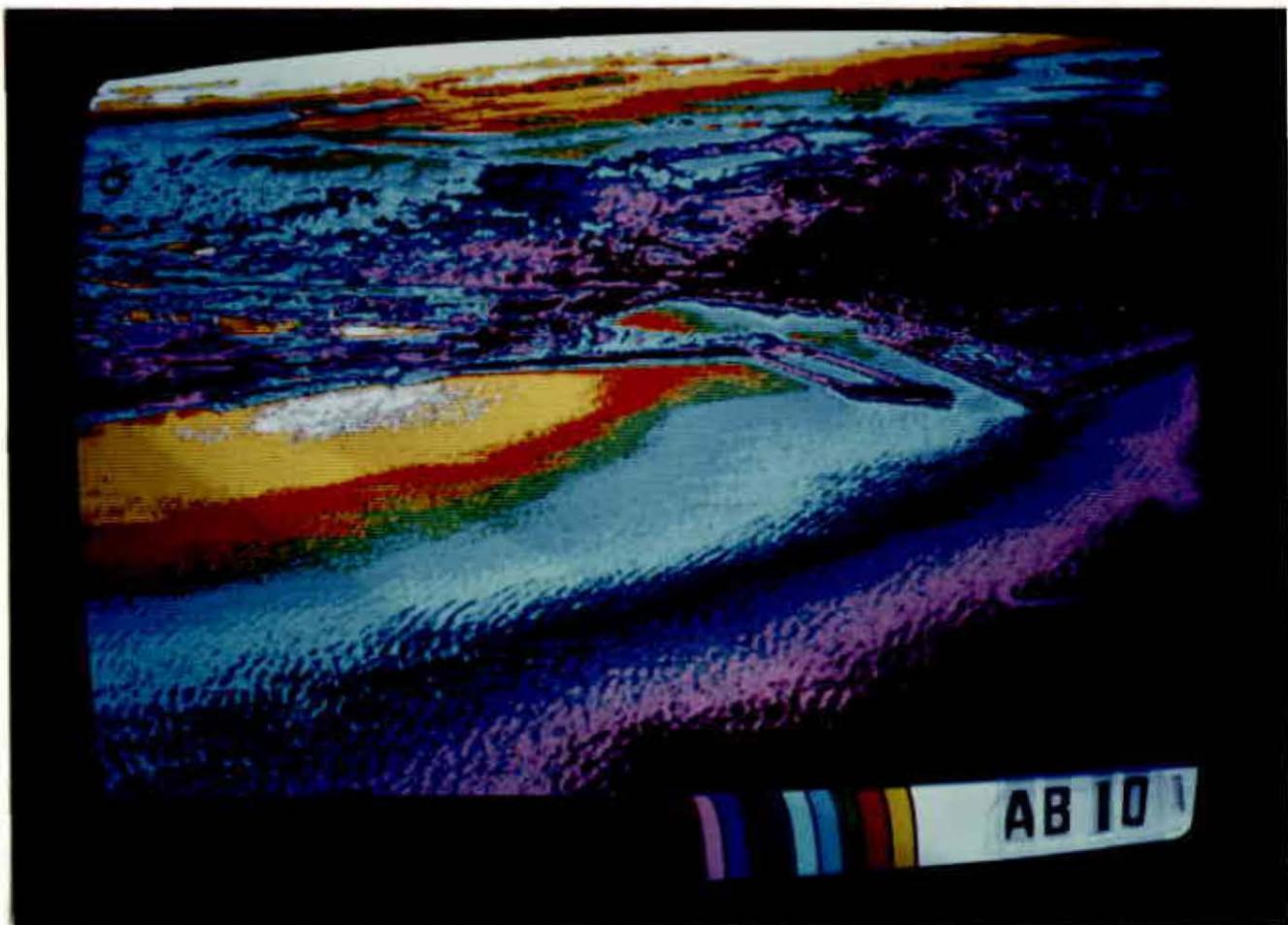
Le cliché montrant la plage du Tréport met en évidence la progression du flux portuaire vers la plage. Il y a donc lieu de s'inquiéter à propos de l'état sanitaire de cette plage du Tréport.

La plage de Mers est alors épargnée.

BRESLE

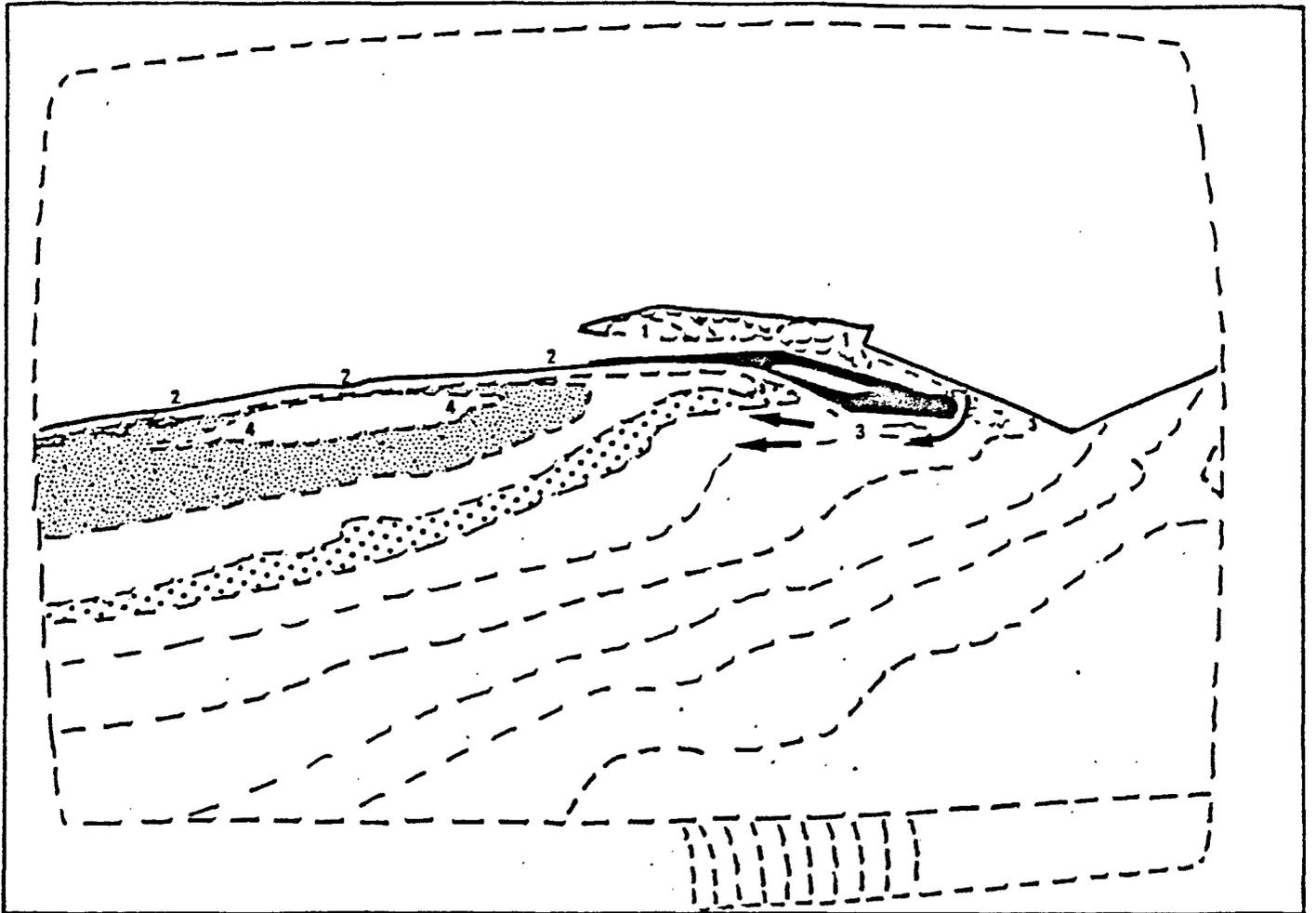


PM - 2 Cliché infra-rouge



PM - 2 Cliché traité

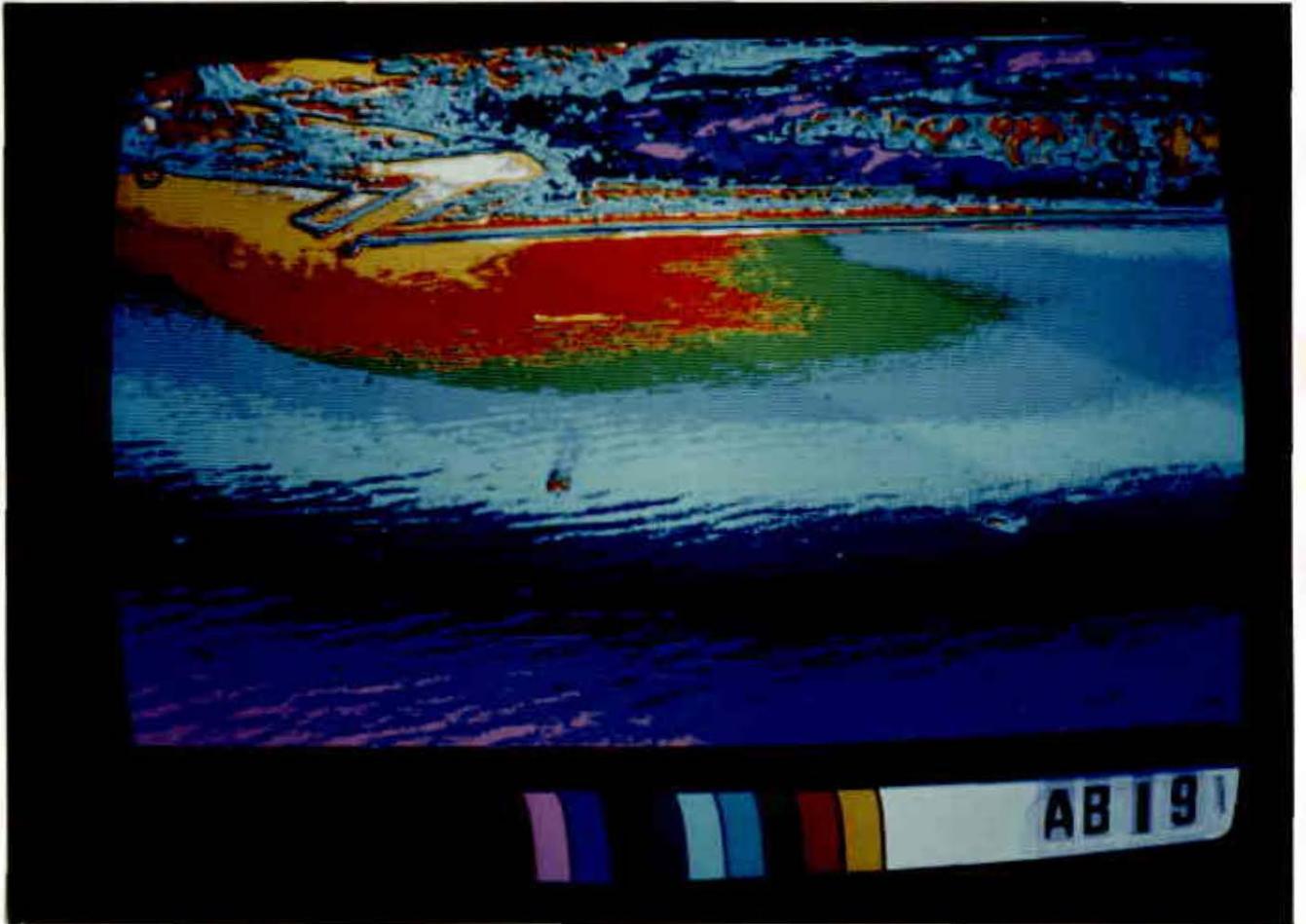
BRESLE



P M - 2 Schéma interprétatif

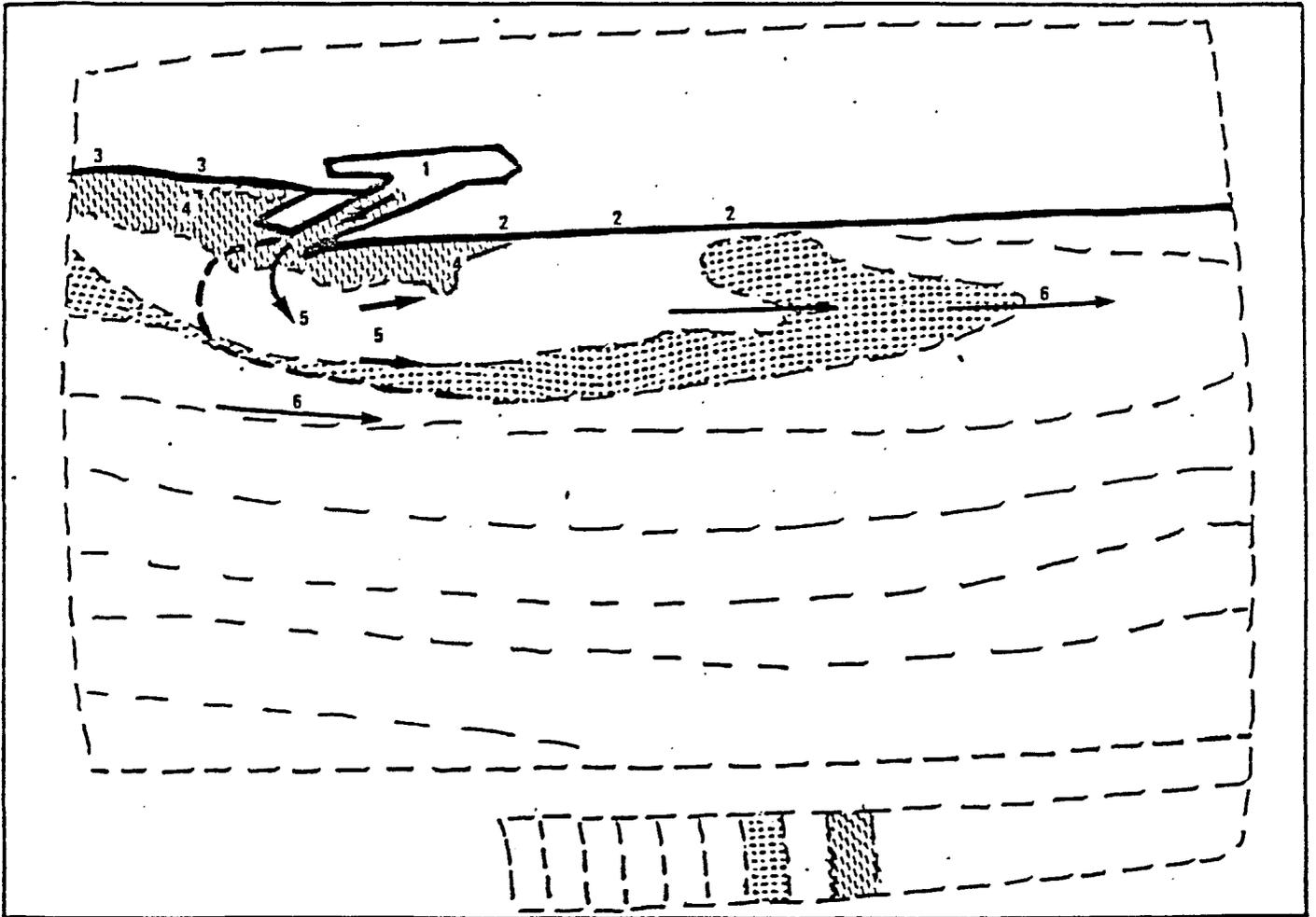
- 1 - Port du Tréport
- 2 - Plage de Mers
- 3 - Panache de la Bresle
- 4 - Bande turbide littorale
- 5 - Eaux de mer peu turbides
- 6 - Courant de flot
- 7 - Plans de vagues perpendiculaires à la houle dominante Nord-Ouest

BRESLE



PM+2 Cliché traité

BRESLE



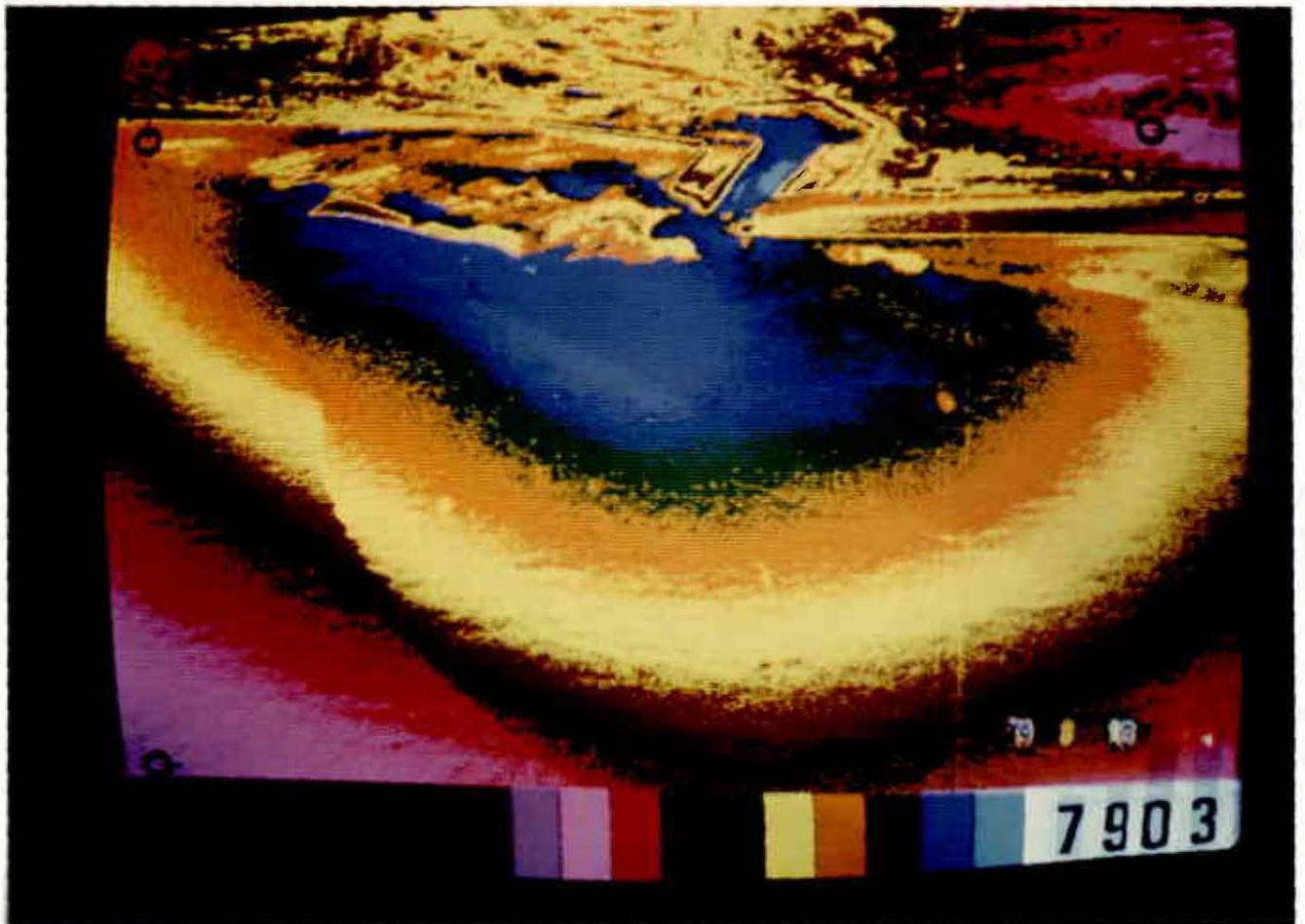
P M + 2 Schéma interprétatif

- 1 - Port du Tréport
- 2 - Plage du Tréport
- 3 - Plage de Mers
- 4 - Bande turbide littorale
- 5 - Panache de la Bresle
- 6 - Courant de jusant

BRESLE

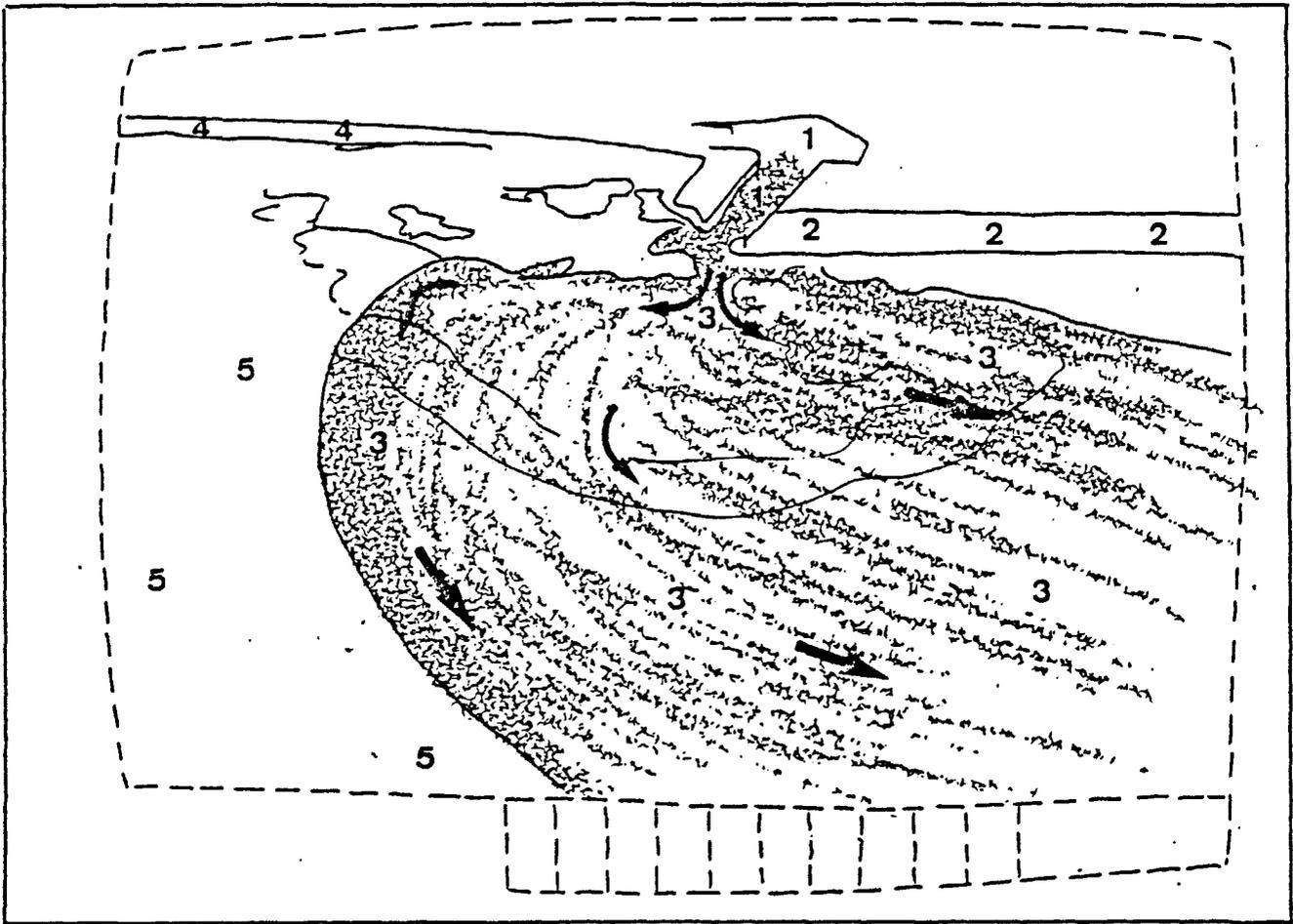


BM Cliché couleur



BM Cliché traité

BRESLE



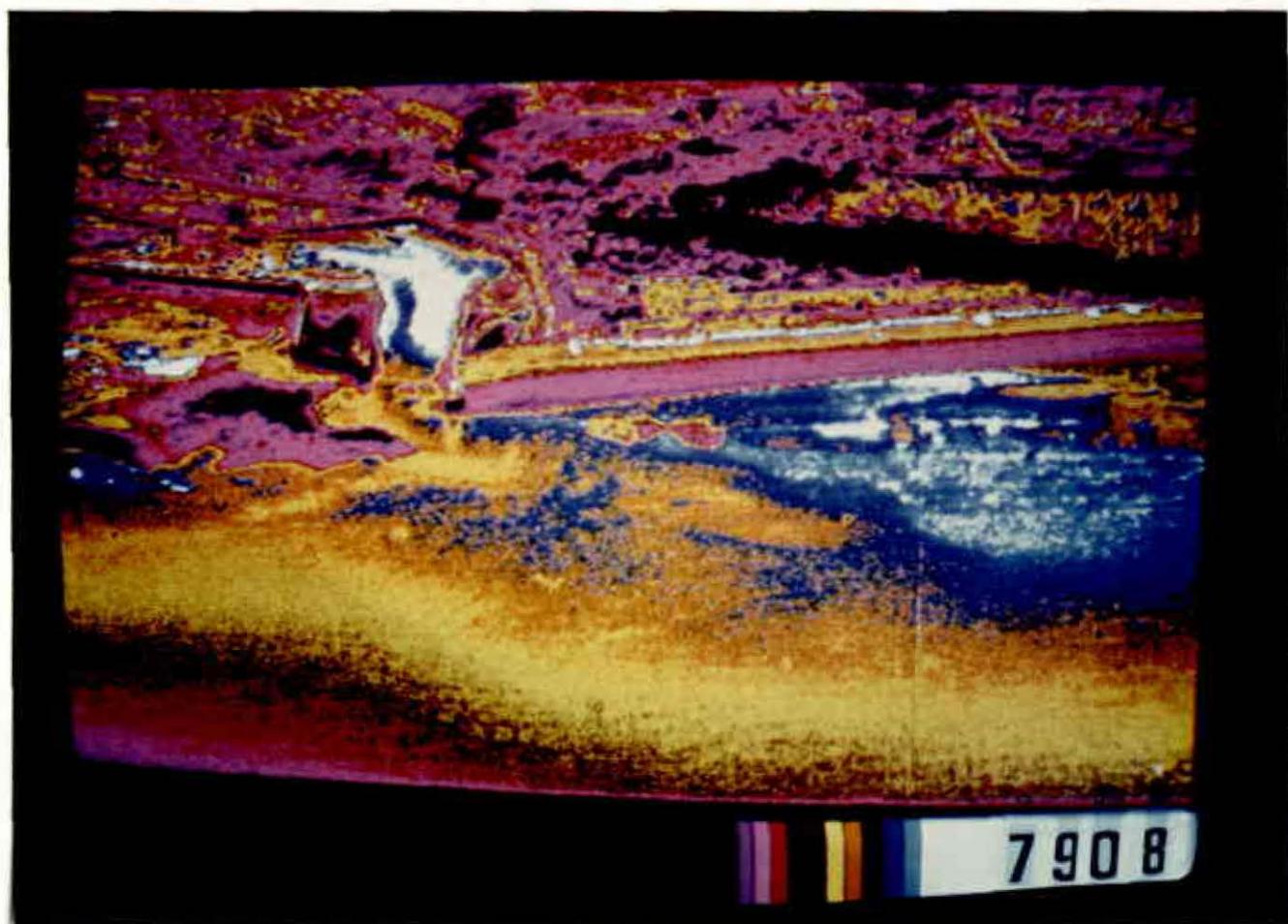
B M Schéma interprétatif

- 1 - Port du Tréport
- 2 - Plage du Tréport
- 3 - Panache sortant du Tréport
- 4 - Plage de Mers
- 5 - Eau de mer

BRESLE

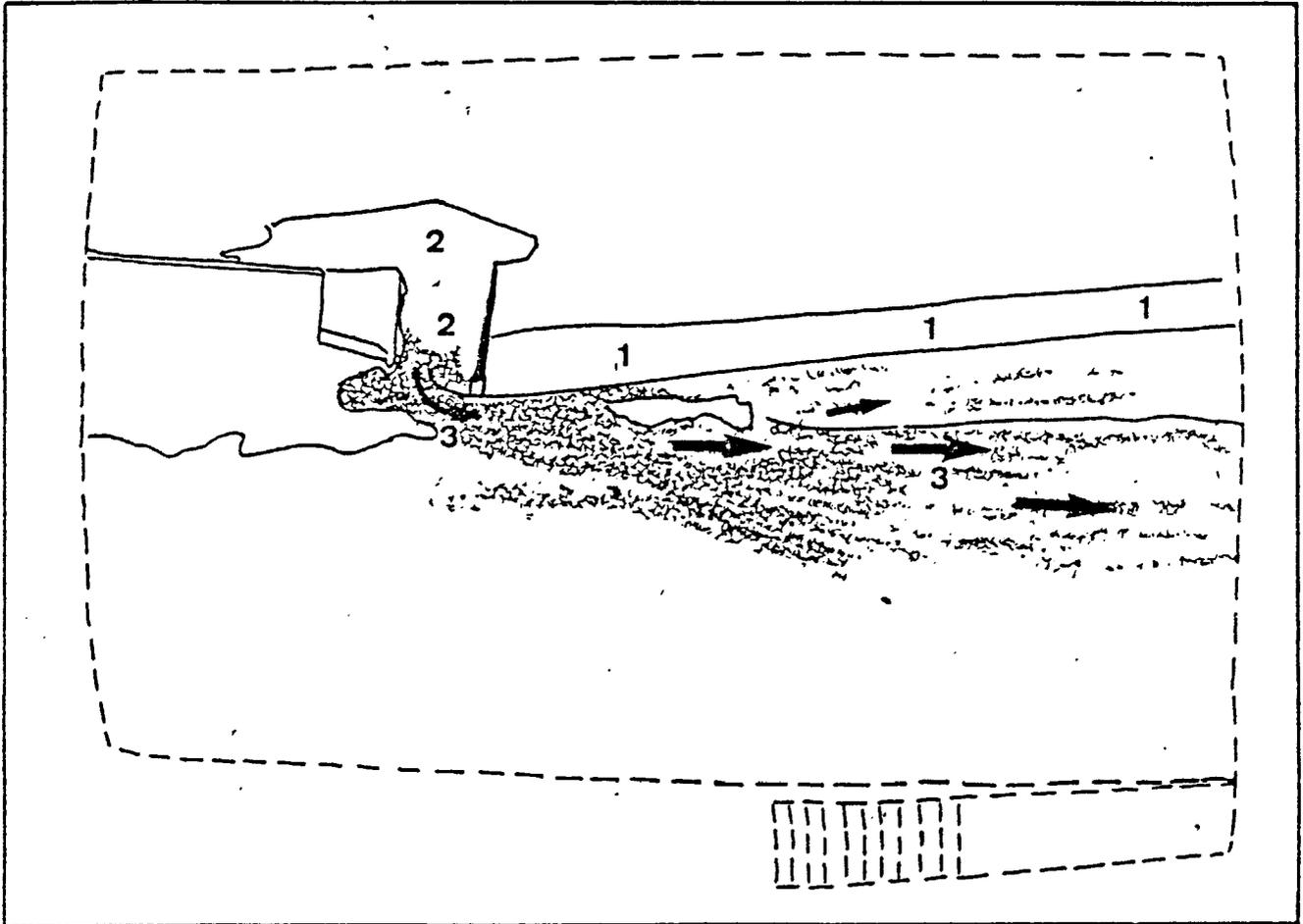


B.M. Cliché couleur



B.M. Cliché traité

BRESLE



BM

Schéma interprétatif

1 - Plage du Tréport

2 - Port du Tréport

3 - Progression du flux portuaire

DEBOUCHE de l' YERES (Criel)

P M - 2 = A maré montante sortant de l'épi-buse de l' Yères (couleur rouge) est entraîné vers l' Est avant de se mélanger totalement à l'eau de mer.

Le courant et la houle de Nord - Ouest ont tendance à rabattre ces eaux vers la plage de Criel.

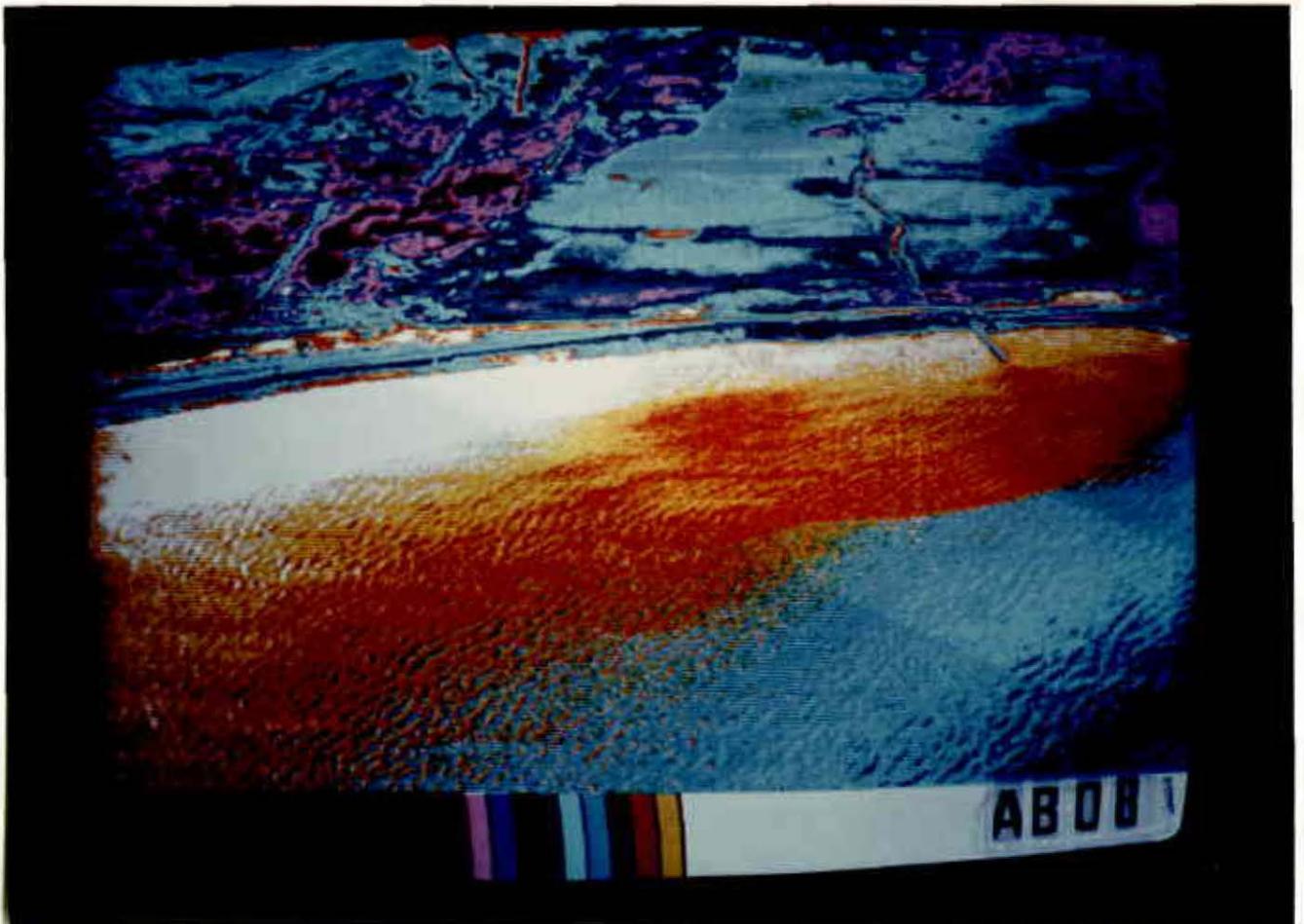
P M + 2 = A marée descendante, le flux émanant de l' Yères est entraîné loin vers l' Ouest et affecte alors l'estran de la valleuse située immédiatement à l' Ouest.

La moulière située à l'exutoire de l' Yères doit être affectée par les eaux de cette rivière durant la marée montante et les étales de haute et basse mer.

YERES

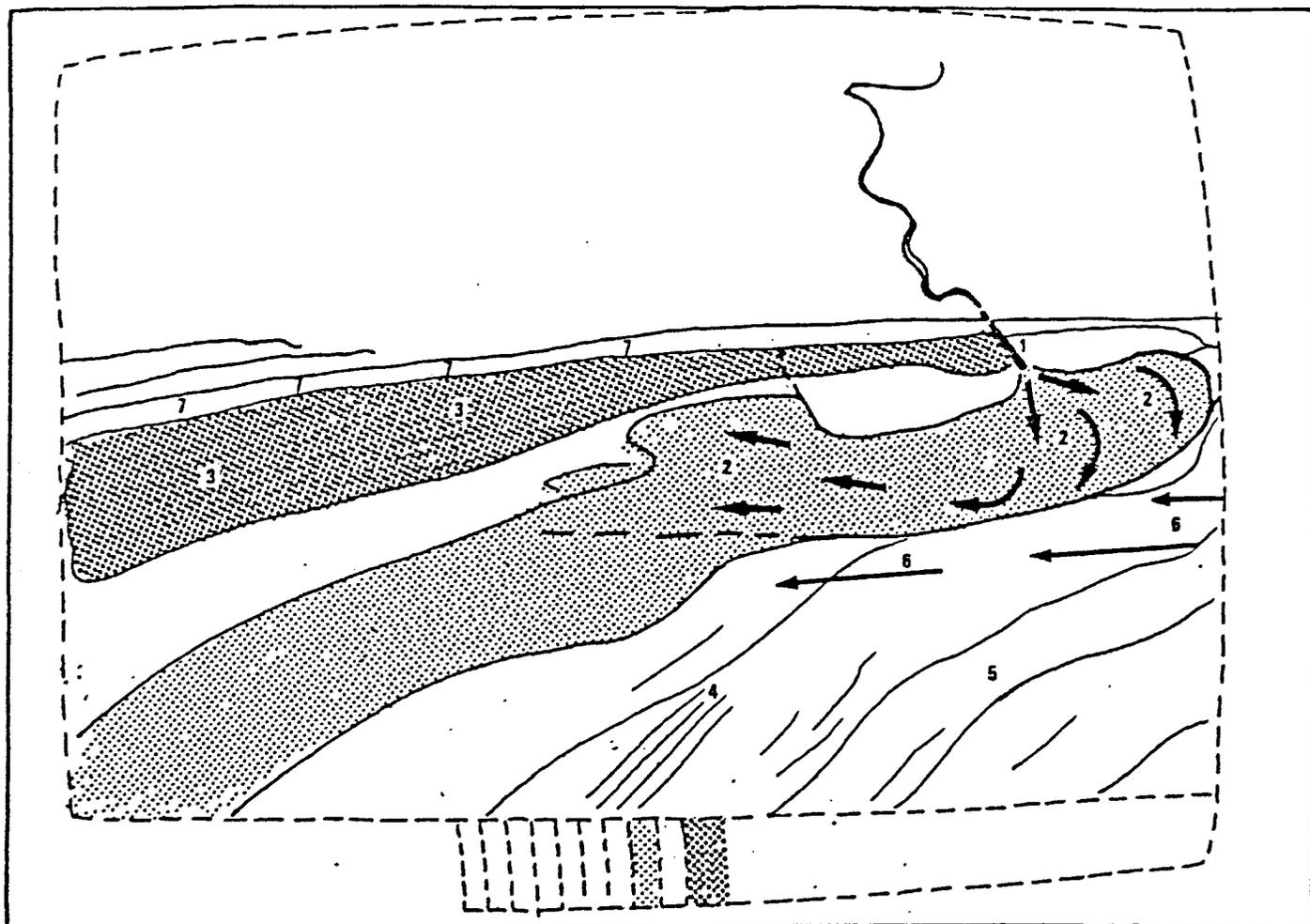


P M - 2 Cliché infra-rouge



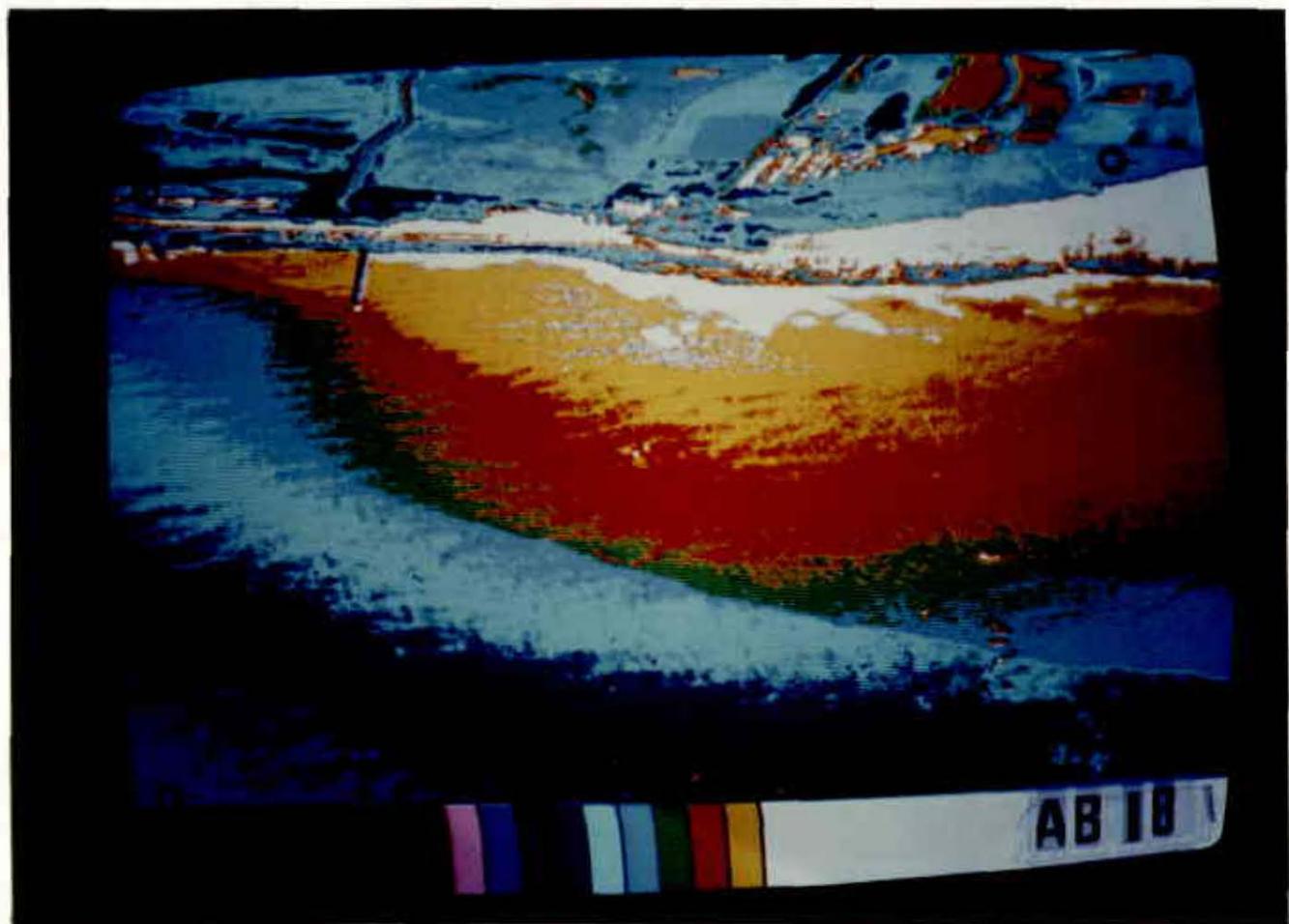
P M - 2 Cliché traité

YERES



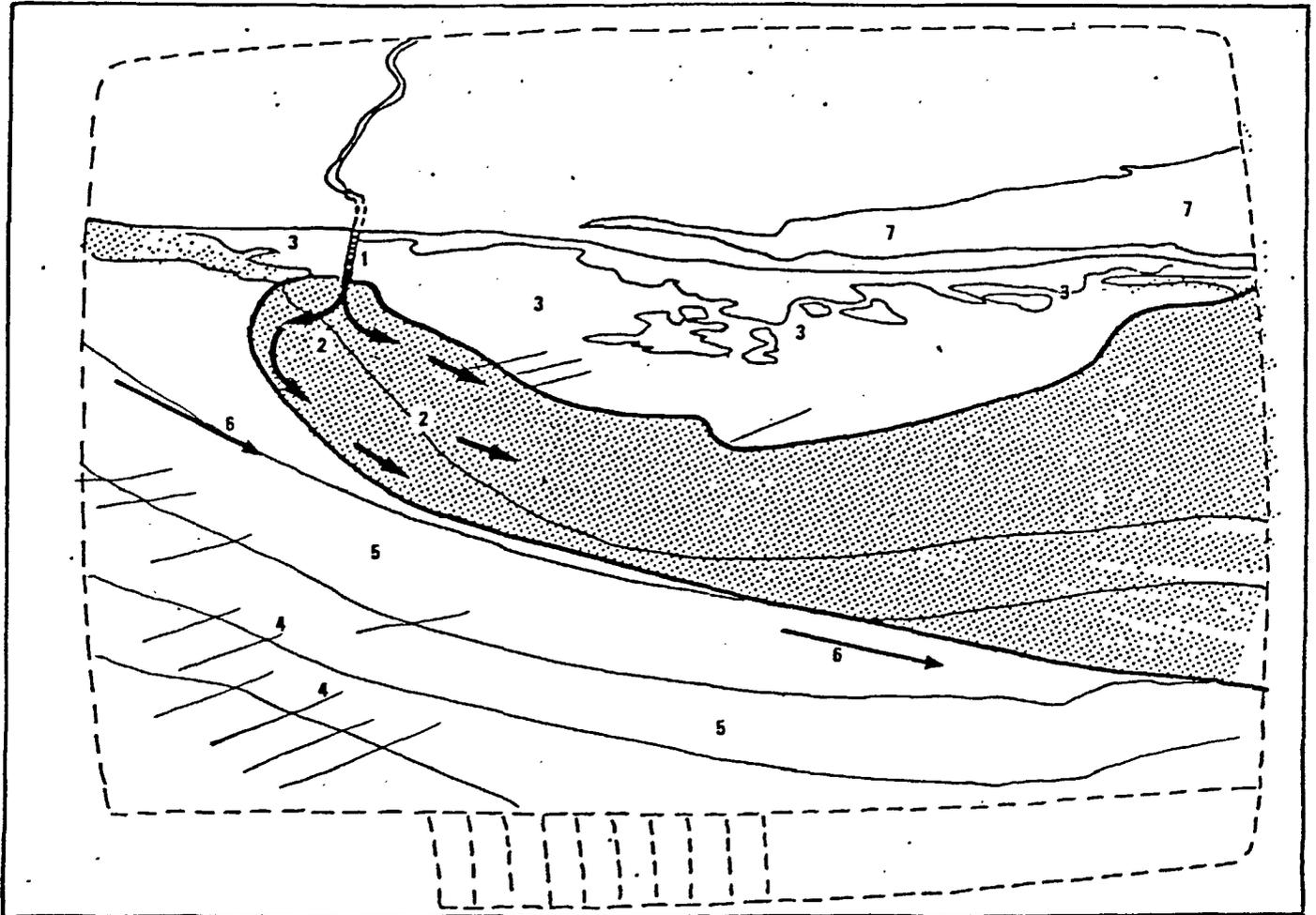
PM - 2 Schéma interprétatif

- 1 - Epi buse de l'Yeres
- 2 - Panache de l'Yeres
- 3 - Bande turbide littorale
- 4 - Plans de vagues perpendiculaires à la houle dominante
- 5 - Eau de mer peu turbide
- 6 - courant de flot
- 7 - Plage de Criel



PM+2 Cliché traité

YÈRES



P M+ 2 Schéma interprétatif

- 1 - Epi buse de l'Yères
- 2 - Panache de l'Yères
- 3 - Bande turbide littorale
- 4 - Plans de vagues
- 5 - Eau de mer peu turbide
- 6 - Courant de flot
- 7 - Falaise de craie

DEBOUCHE de l' ARQUES
et PORT de DIEPPE

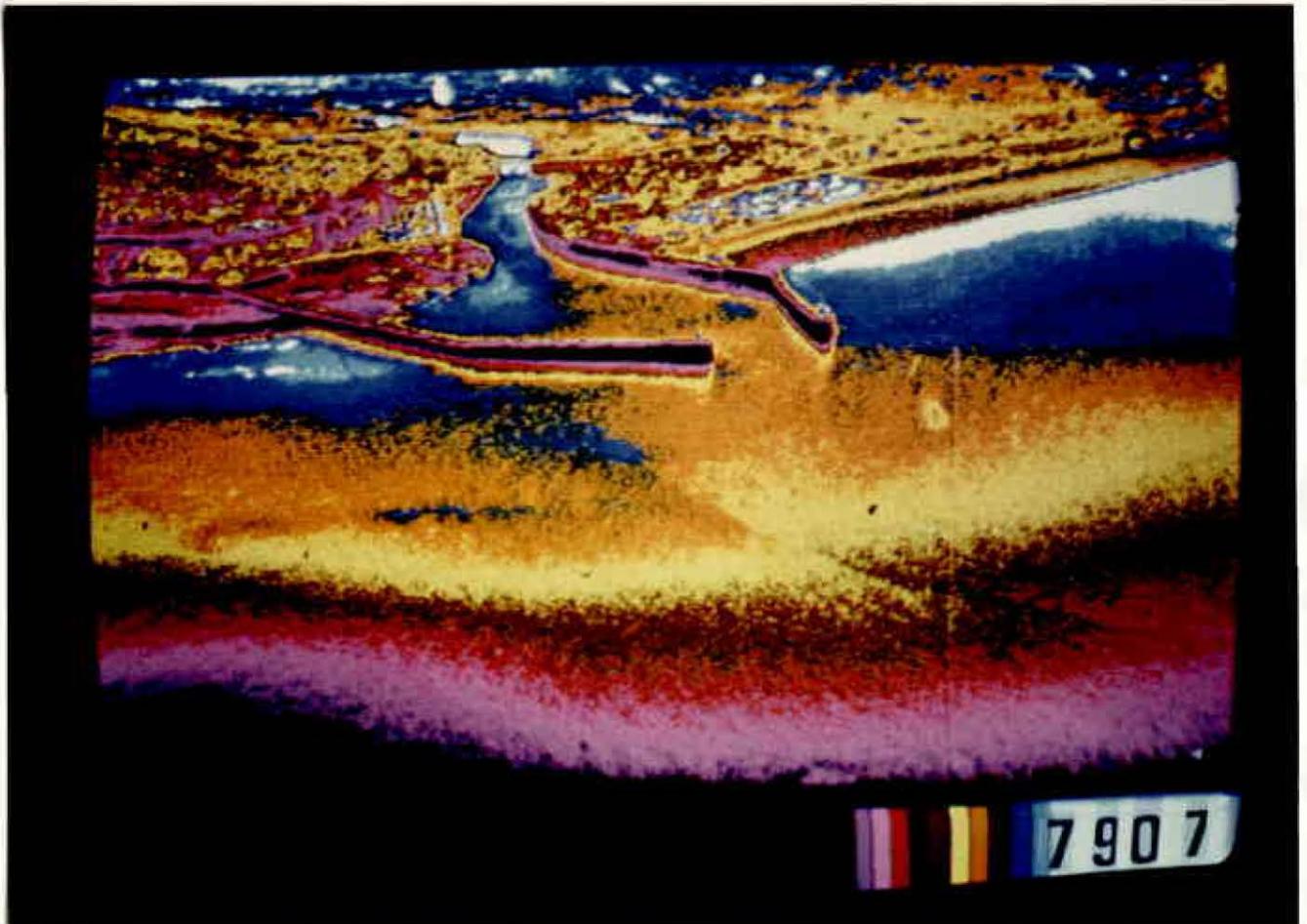
BM = Le flux sortant du port de Dieppe
à marée basse s'étale vers le large et
vers l'Ouest en épargnant la plage de
Dieppe.

Cette observation peut expliquer
l'état sanitaire relativement satisfaisant
de la plage de Dieppe.

DIEPPE

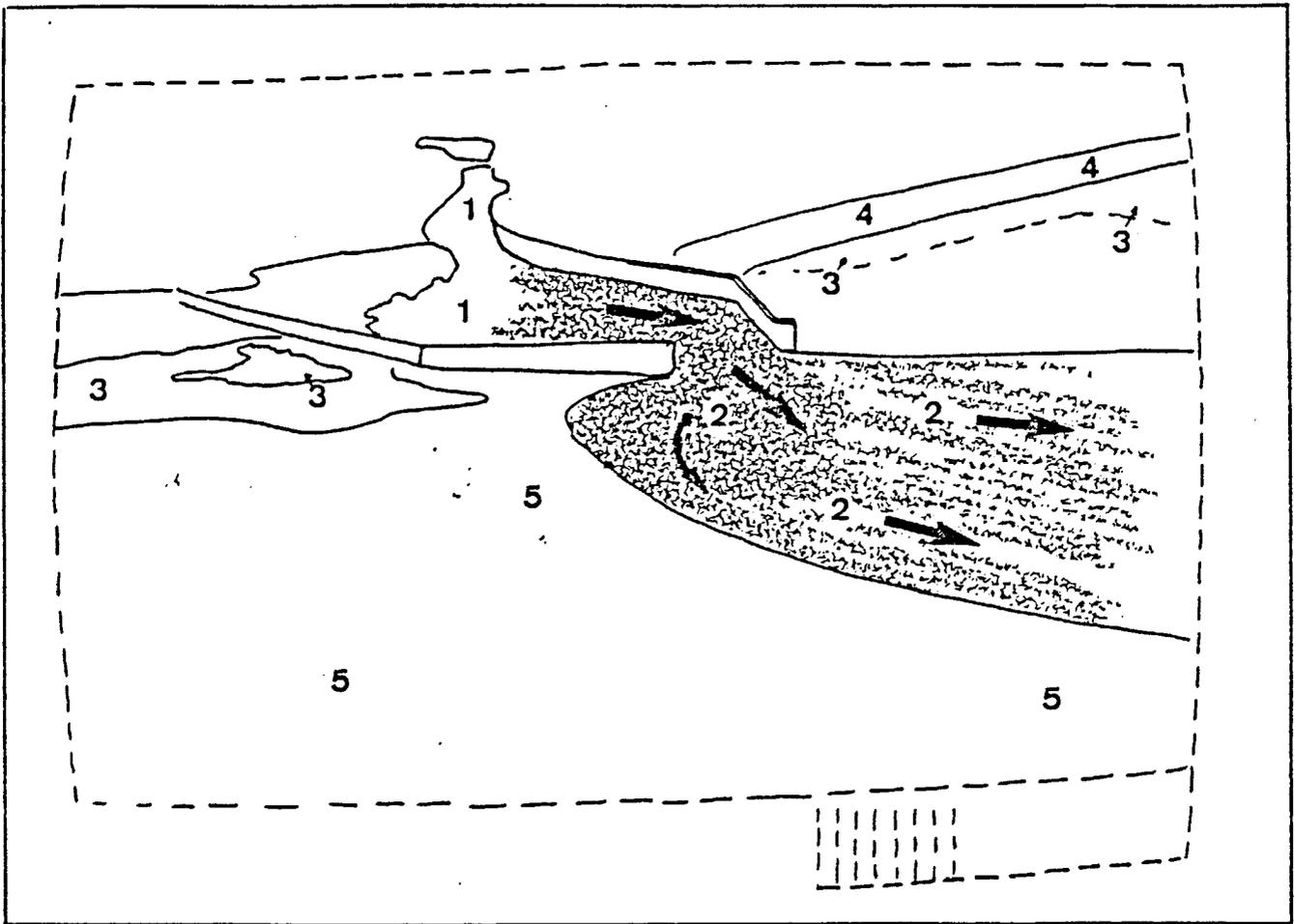


BM Cliché couleur



BM Cliché traité

DIEPPE



B M Schéma interprétatif

- 1 - Port de Dieppe
- 2 - Flux sortant du port
- 3 - Panache turbide littoral
- 4 - Plage de Dieppe
- 5 - Eau de mer peu turbide

DEBOUCHE de la SCIE (Pourville)

P M - 2 = Les eaux de la Scie apparaissent en bleu clair sur le cliché infra-rouge et se confondent avec les eaux marines turbides calcaires.

Le cliché traité les révèle en rouge.

Le panache est orienté vers l'Est et semble se dissiper (dilution à l'extrémité Est de la plage de Pourville).

P M + 2 = Au jusant, les eaux de la Scie sont entraînées vers le cap d'Ailly en s'écartant progressivement du littoral.

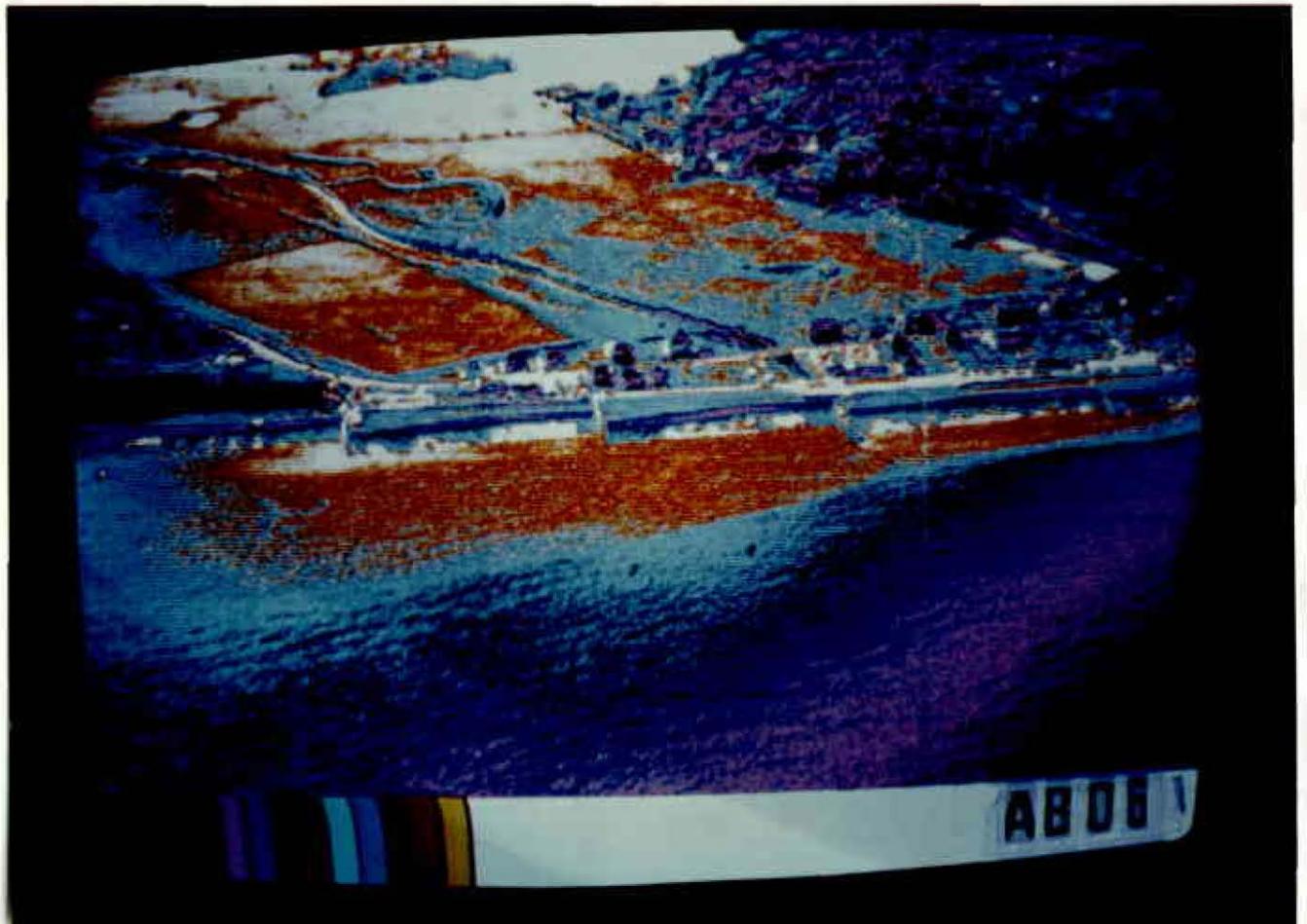
La plage de Pourville semble donc en partie épargnée de l'influence des eaux de la Scie.

Leur influence ne s'y fera sentir qu'à l'étale de basse-mer.

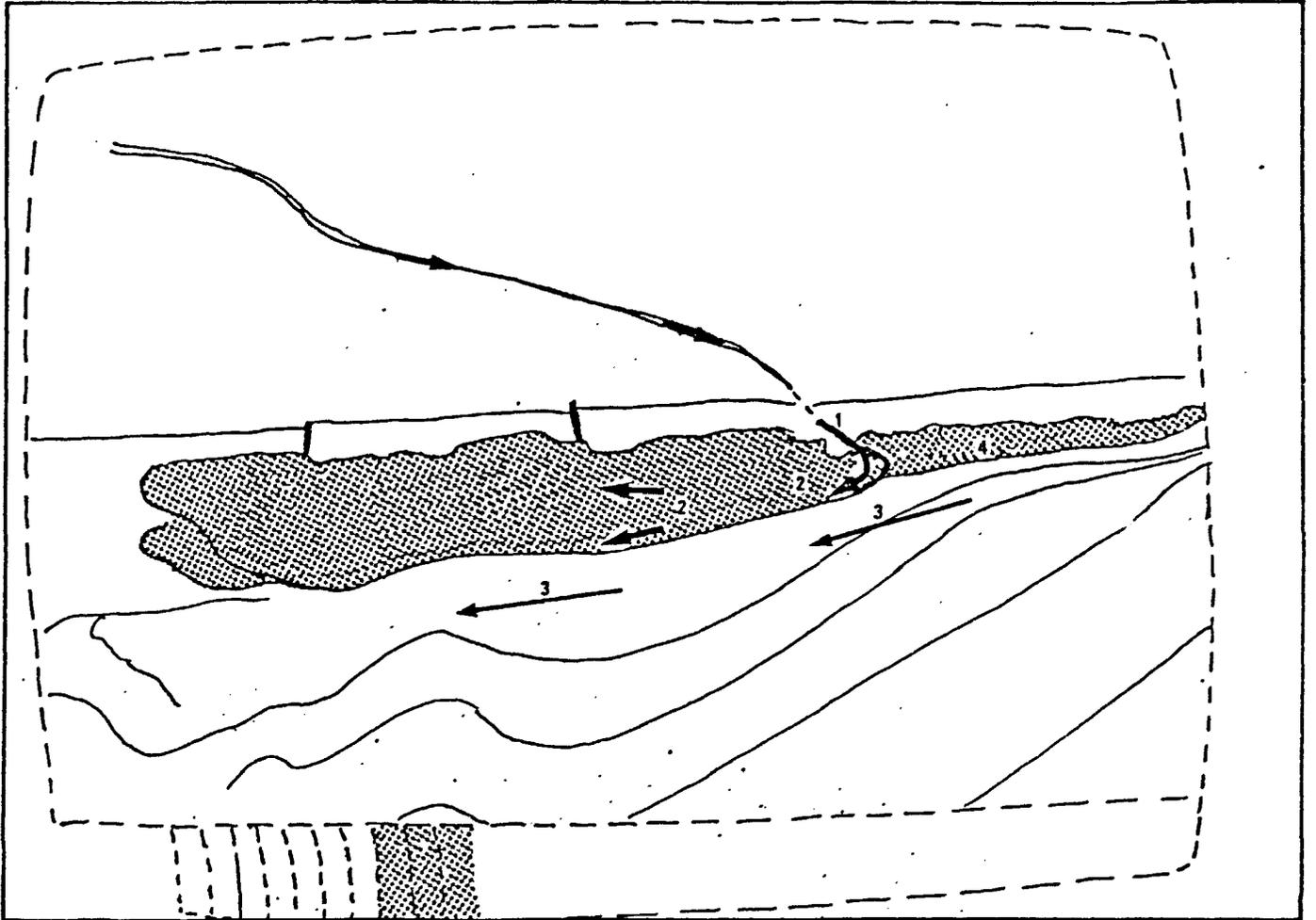
SCIE



P M - 2 Cliché infra-rouge



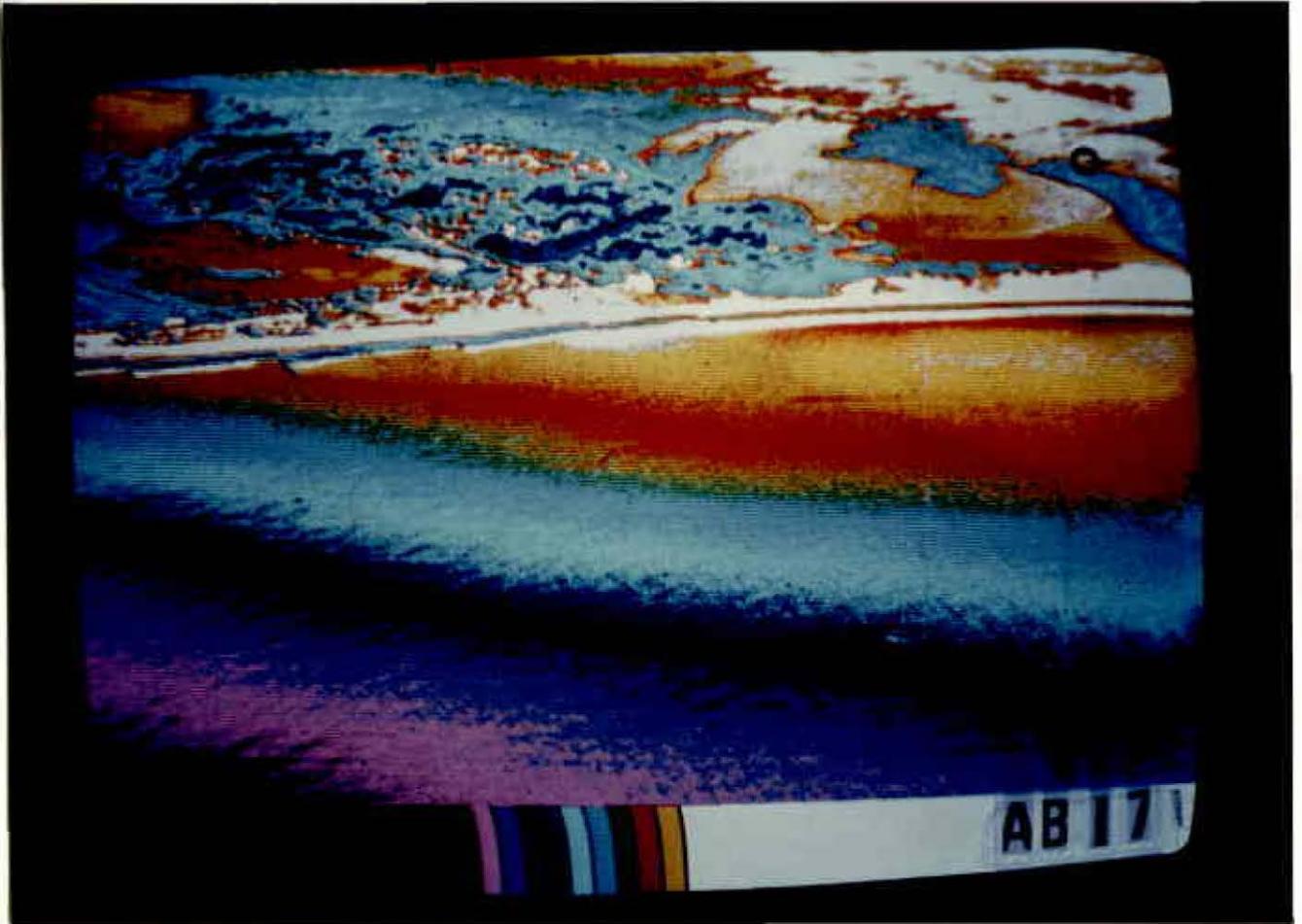
P M - 2 Cliché traité



PM - 2 Schéma interprétatif

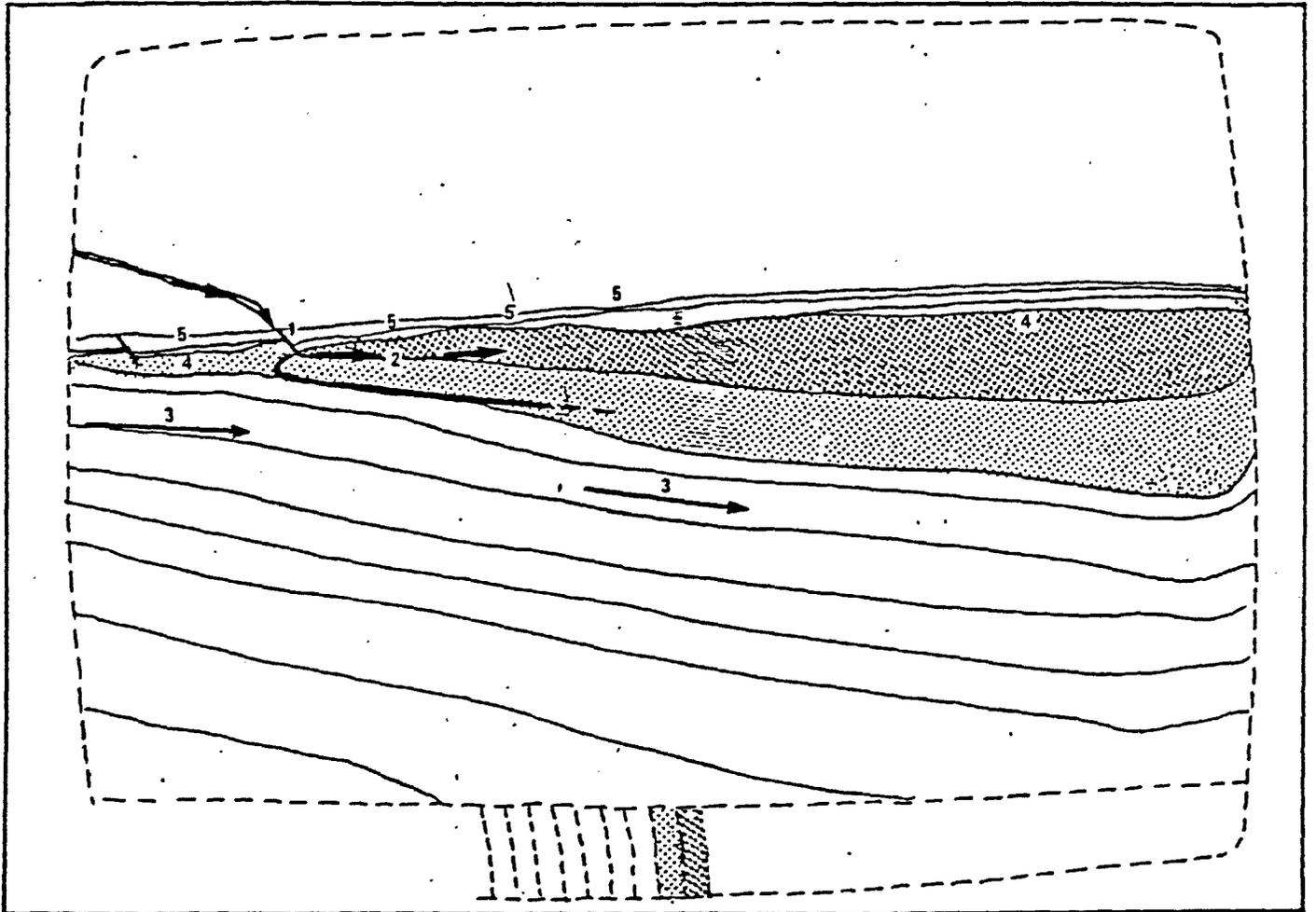
- 1 - Epi buse de la Scie
- 2 - Panache de la Scie
- 3 - Courant de flot
- 4 - Bande turbide littorale

SCIE



PM+2 Cliché traité

SCIE



PM+2 Schéma interprétatif

- 1 - Epi buse de la Scie
- 2 - Panache de la Scie
- 3 - Courant de jusant s'appétant à contourner le cap d' Ailly
- 4 - Bande turbide littorale
- 5 - Plage de Pourville

SAINT VALERY - en - CAUX



SAINT VALERY - en - CAUX

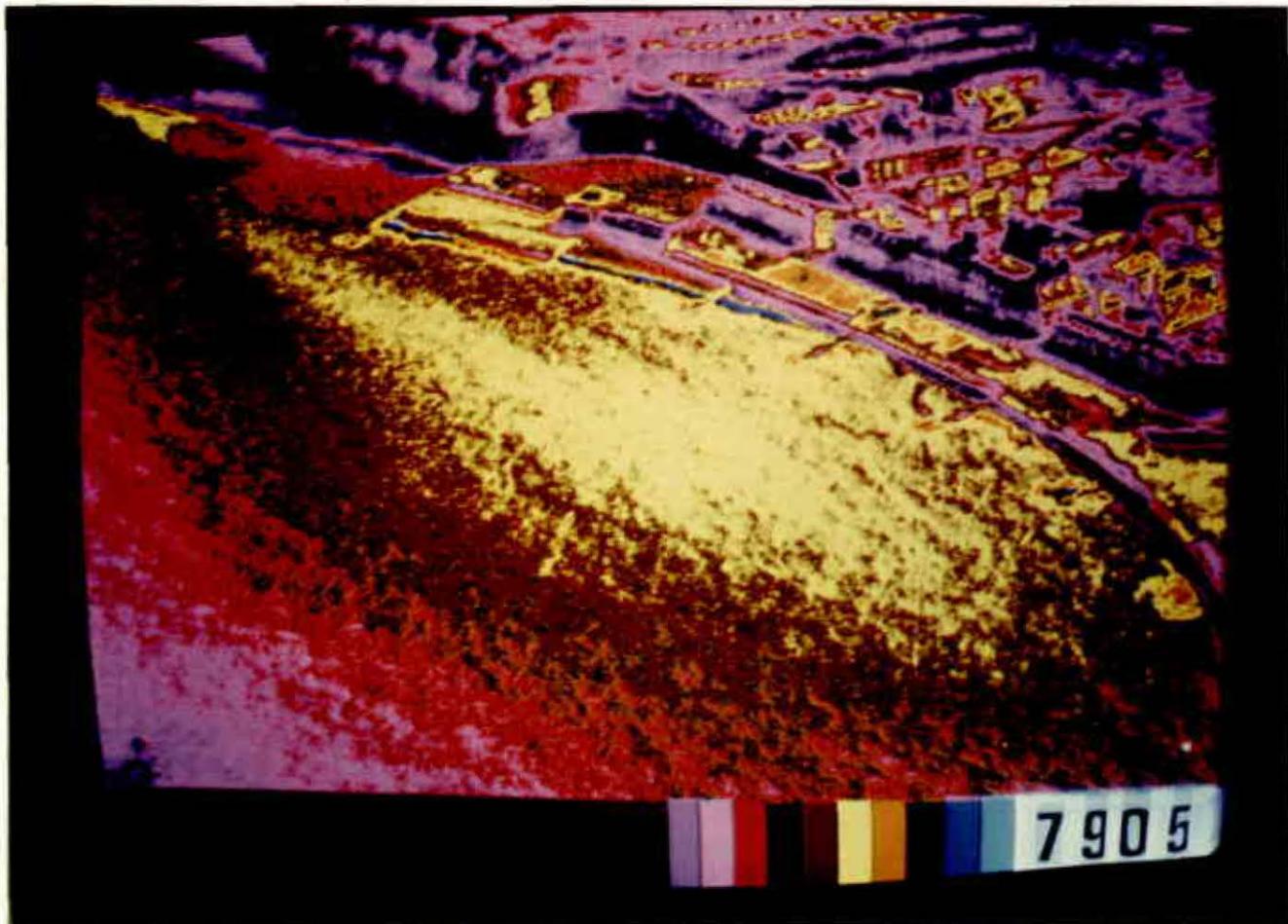


Les 3 clichés pris à P M+1, par houle de NW, montrent que les produits de dragage remis en circulation ont tendance à se rabattre vers la plage à l'Ouest, ce que confirment les vues aériennes à P M+2.

SAINT VALERY - en - CAUX

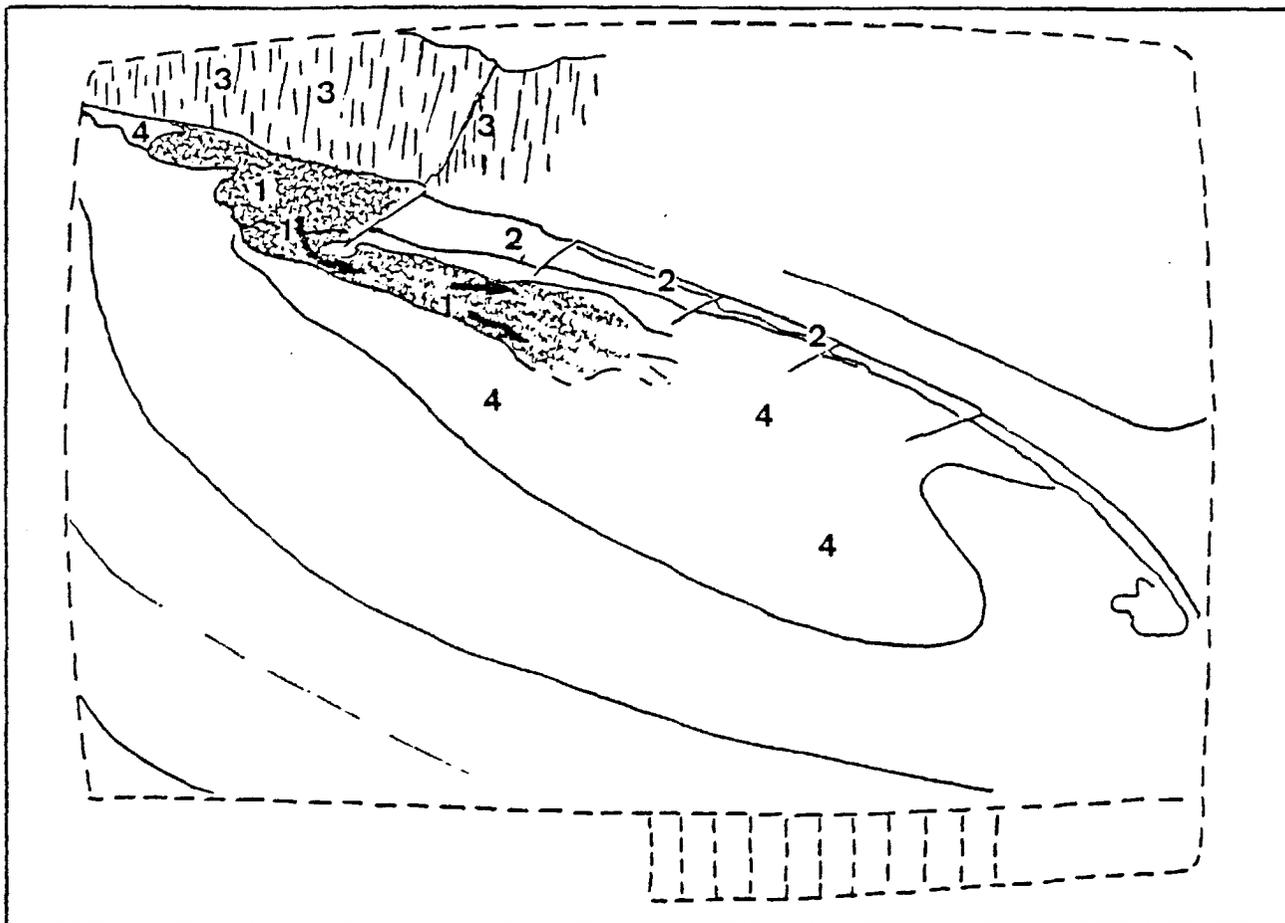


PM+2 Cliché couleur



PM+2 Cliché traité

SAINT VALERY - en - CAUX



P M+2 Schéma interprétatif

- 1 - Panache lié aux dépôts de drag age
- 2 - Plage de Saint Valery-en-Caux
- 3 - Falaise
- 4 - Panache turbide littoral général

DEBOUCHE de la DURDENT (Veulettes-sur-Mer).

P M - 2 = Au flot les eaux peu turbides de la Durdent sont entraînées vers l'Est. Elles sont susceptible d'affecter le littoral à l'Est de l'épi Est, mais, le mélange semble s'opérer rapidement.

Les eaux turbides carbonatées typiques du littoral cauchois sont piégées contre la plage de Veulettes du fait de l'obstacle constitué par l'épi buse de la Durdent. Il est dommage que ce dernier soit trop court, puisque englobé par le panache turbide dont les suspensions sont des remarquables pièges polluants.

P M + 2 = Sur ce cliché de jusant, nous constatons deux panaches turbides carbonatés (rouge et jaune)

- le premier déjà constaté au flot le long de la plage de Veulettes,
- le second provenant de l'Est, est lié aux travaux réalisés sur le chantier de Paluel

Ce dernier permet de mettre en évidence la façon dont les eaux de la Durdent sont au jusant, refoulées vers l'Ouest et rabattues vers la plage de Veulettes et vers la zone de pêche à pied située dans les rochers à l'Ouest de la plage.

DURDENT

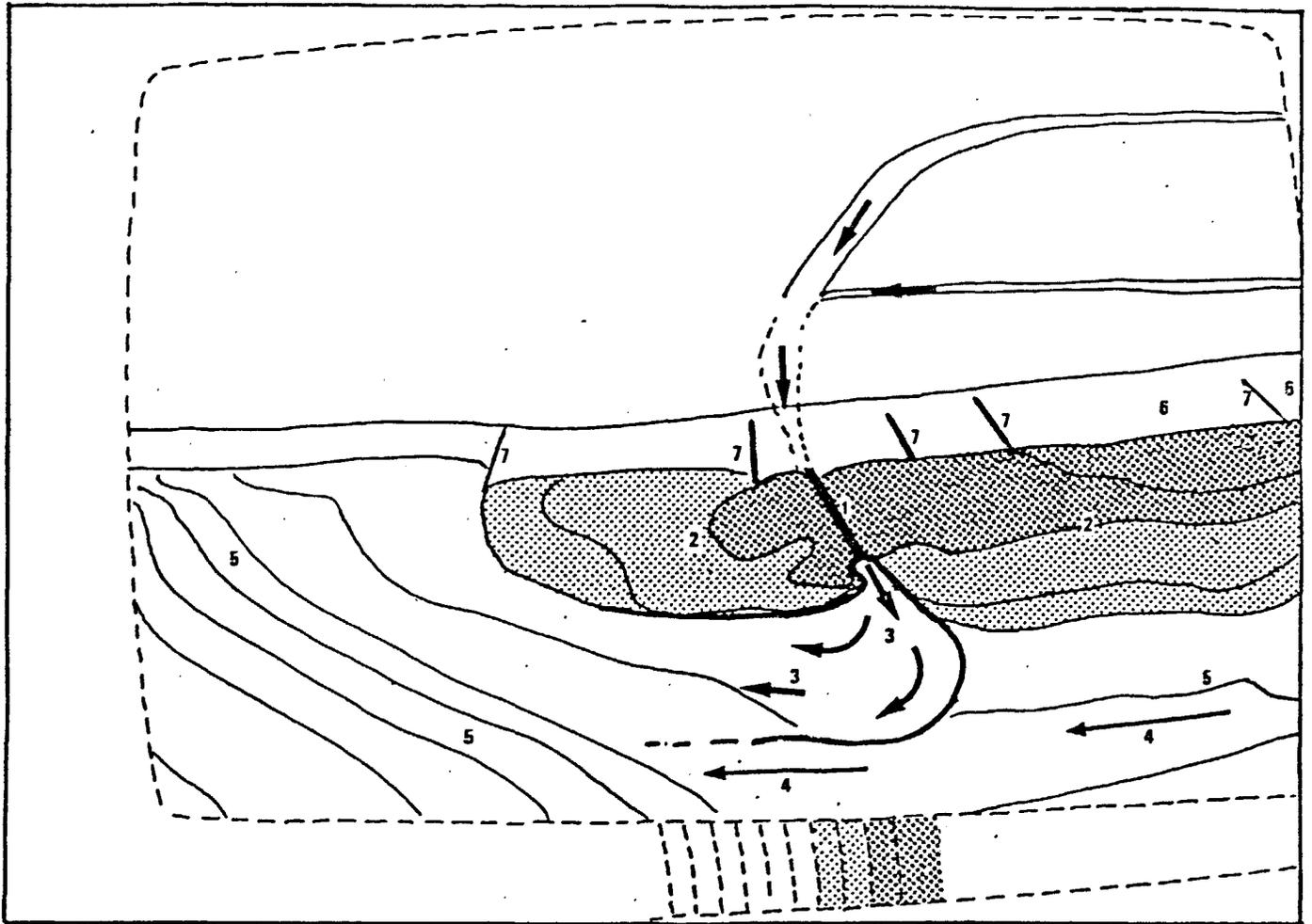


PM - 2 Cliché infra-rouge



PM - 2 Cliché traité

DURDENT



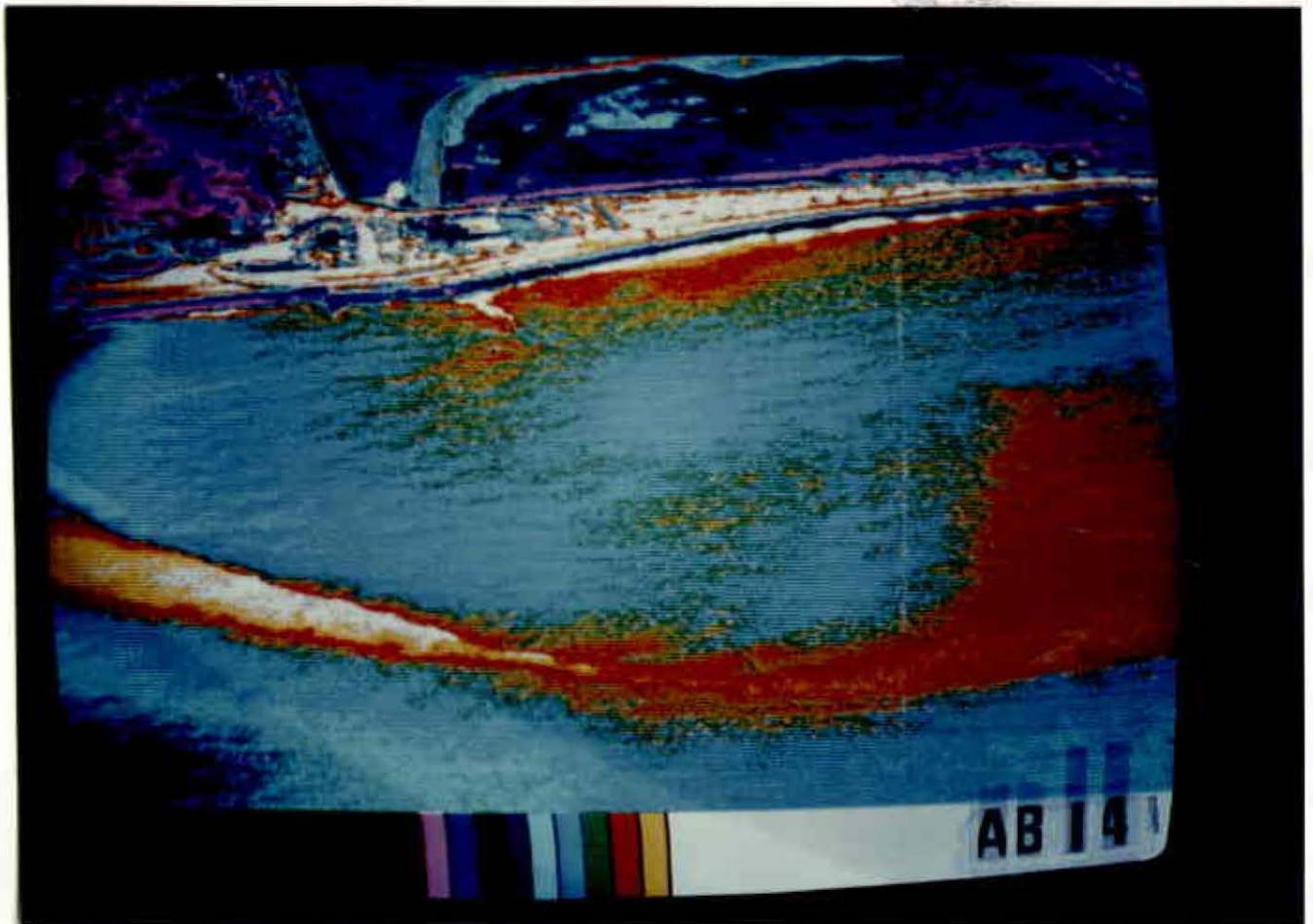
PM - 2 Schéma interprétatif

- 1 - Epi buse de la Durdent
- 2 - Bande turbide littorale
- 3 - Panache de la Durdent
- 4 - Courant de flot
- 5 - Eau de mer peu turbide
- 6 - Plage de Veulettes
- 7 - Epis

DURDENT

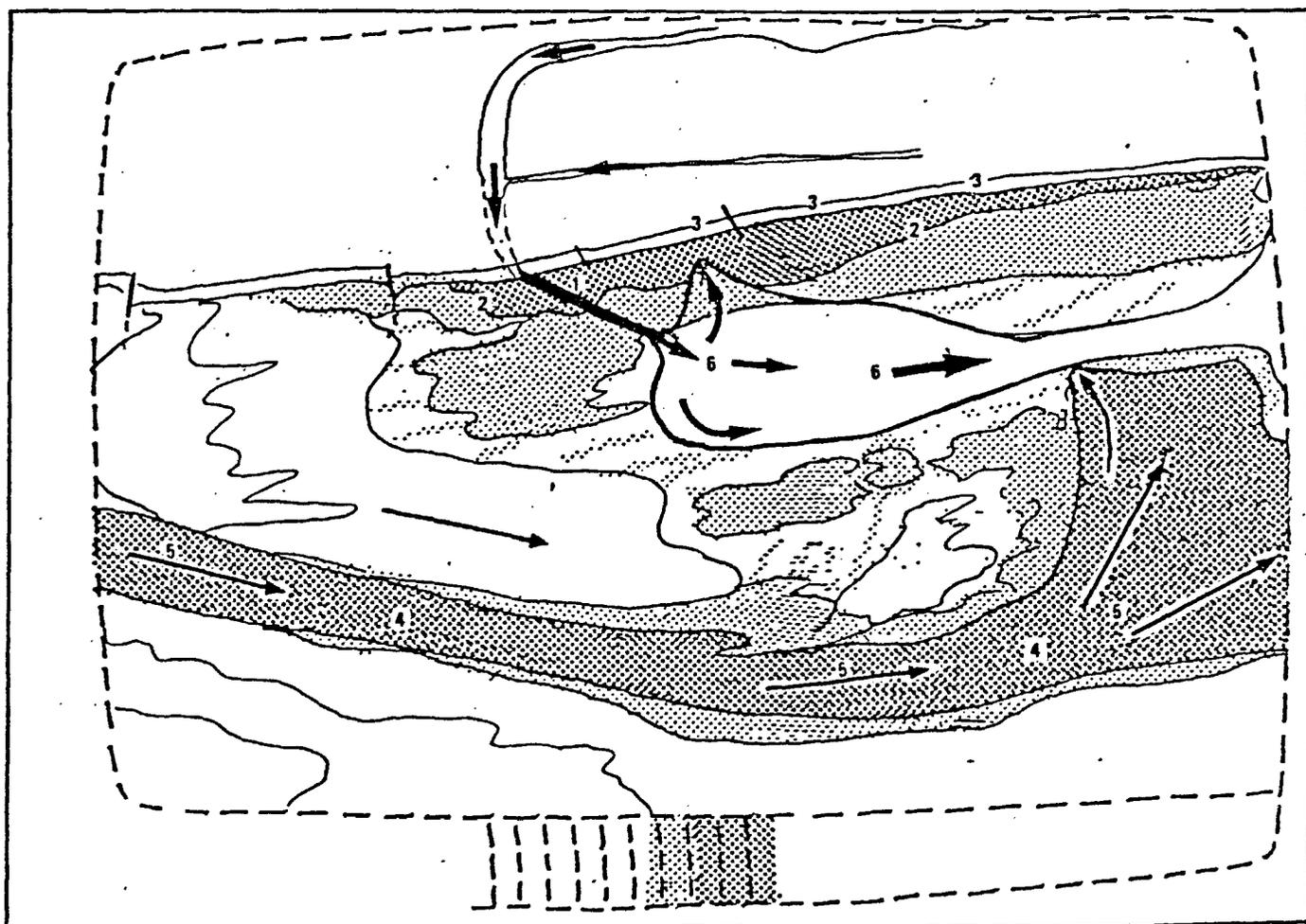


P M+2 Cliché infra-rouge



P M+2 Cliché traité

DURDENT



PM+2 Schéma interprétatif

- 1 - Epi buse de la Durdent
- 2 - Bande turbide littorale
- 3 - Plage de Veulettes
- 4 - Panache turbide provenant de Paluel
- 5 - Courant de jusant
- 6 - Panache de la Durdent

SAINT PIERRE en PORT

P M - 2 = A marée montante, l'effluent communal descendant du dépôt d'ordures est entraîné vers l'Est (Les Grandes Dalles) sans être plaqué au littoral.

Néanmoins, le gisement de moule situé entre Les Grandes Dalles et Saint Pierre-en-Port est vraisemblablement concerné par cette direction de dispersion

Au jusant, l'effluent municipal est constitué d'eaux peu chargées en particules carbonatées (panache bleu).

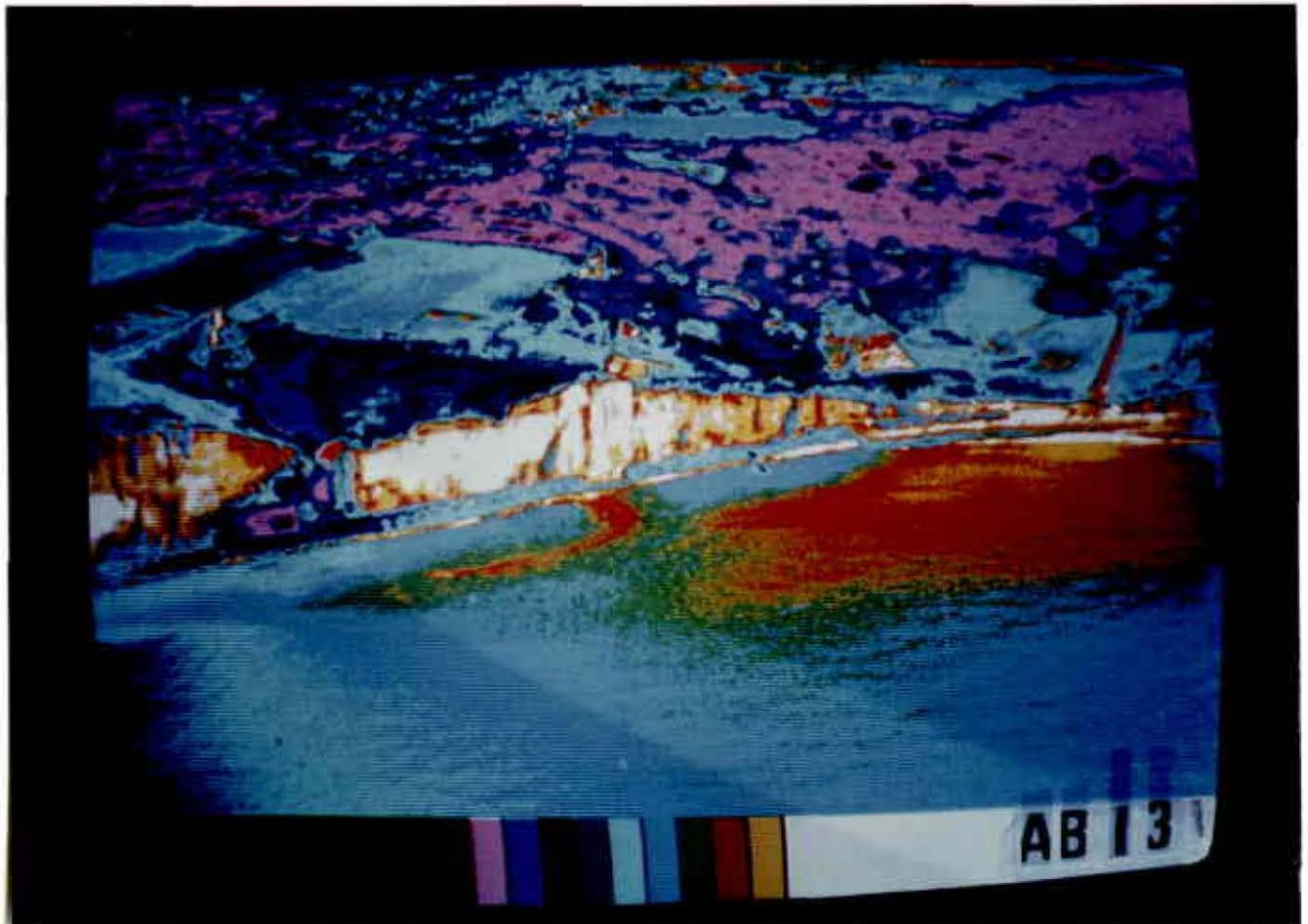
P M + 2 = L'effluent transite vers l'Ouest, le long du littoral. Il intéresse directement la plage de Saint Pierre en Port

Il faudrait envisager un allongement des conduites afin d'écartier le panache du littoral. Ceci est d'autant plus essentiel qu'un tel transit littoral ne favorise pas la dilution des eaux usées dans l'eau de mer.

SAINT PIERRE en PORT

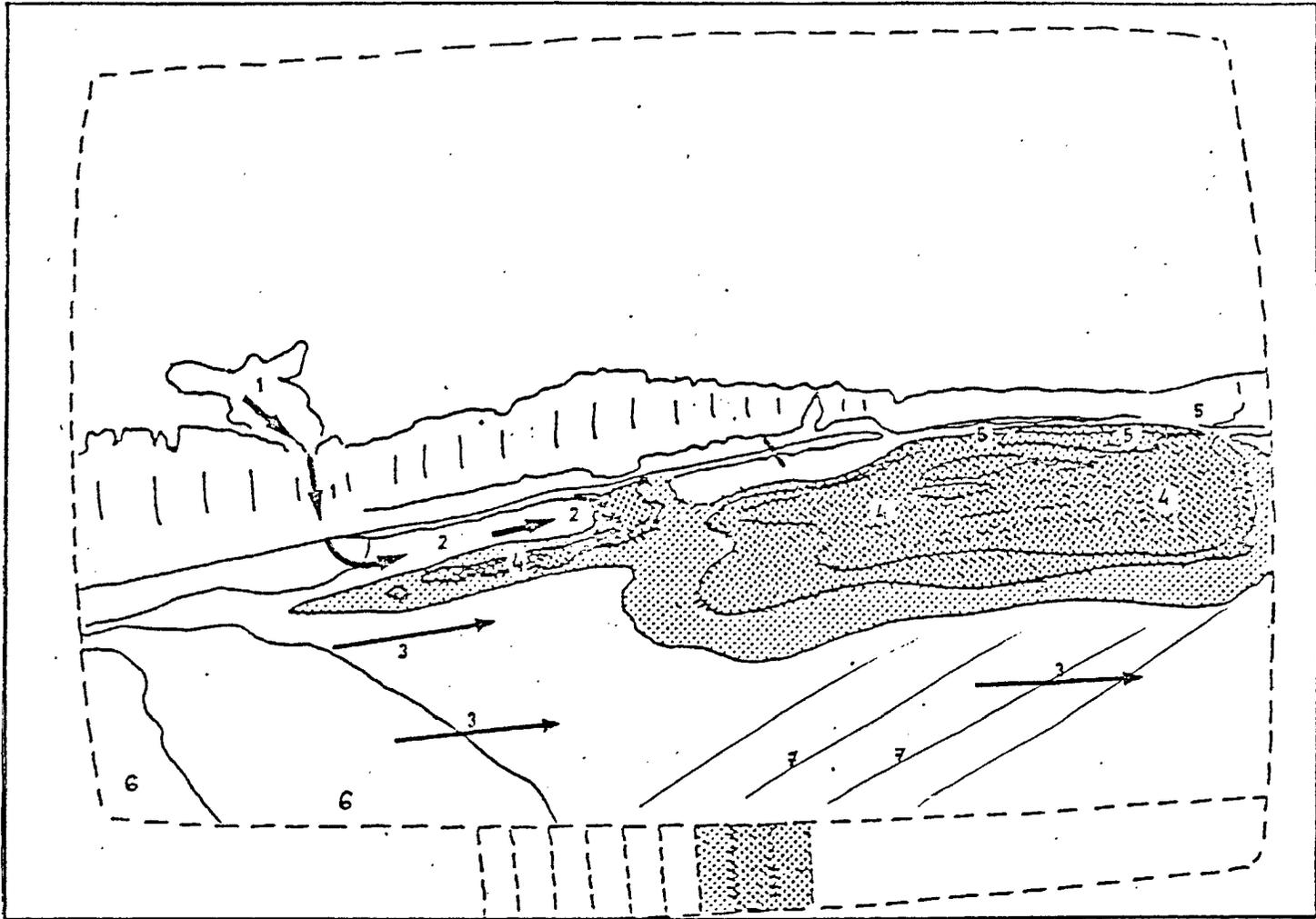


P M+2 Cliché infra-rouge



P M+2 Cliché traité

SAINT PIERRE en PORT



PM+2 Schéma interprétatif

- 1 - Dépôt d'ordures et écoulement des eaux usées
- 2 - Progression de l'effluent
- 3 - Courant de jusant
- 4 - Bande turbide littorale
- 5 - Plage de Saint Pierre-en-Port
- 6 - Eau de mer peu turbide
- 7 - Plans de vagues perpendiculaires aux houles dominantes

FECAMP



P M

Cette vue permet d'apprécier la différence de coloration des différents bassins, avec, en particulier, la tonalité foncée du Bassin Bérigny où se déverse visiblement un produit colorant dont l'origine reste à découvrir.

SITE d'YPORT

Compte-tenu de l'impossibilité d'exploiter convenablement les clichés aériens réalisés sur le site d'Yport, nous avons décidé d'entreprendre une expérience de coloration des effluents urbains par la Rhodamine B.

Expérience de coloration du 23-8-1979.

- Caractéristiques de la marée :

coefficient = 83 pleine mer à 13 h (heure d'été)
hauteur = 7,5

- Conditions météorologiques : médiocre avec passages de nuages et perturbations (grains) compromettent l'observation aérienne à partir de 16 h 30.

- Houle dominante de secteur NW

- Vitesse du vent : 20 à 25 nœuds.

- Conditions d'observation :

deux observateurs en avion,
un observateur préleveur en zodiac
un observateur sur la plage,
un observateur sur la falaise.

- Injections :

Les injections ont été réalisées dans le regard situé au départ de la buse.

Deux injections ont été réalisées :

1) - 11 h : soit PM-2	250 gr Rh B
2) - 15 h : soit PM+2	250 gr Rh B

Total injection	500 gr Rh B
-----------------	-------------

- Résultats des observations :

La sortie du colorant au bout de l'émissaire n'a été enregistrée qu'à partir de 14 h 30.

Première conclusion : L'effluent d'Yport est bloqué par les remontées marines dans la buse durant le flot et l'étale de marée haute.

Au début du jusant le panache rouge prend une direction W - NW avec un angle mesuré au compas de 290° par rapport au N. Le panache s'oriente donc vers le large pour contourner la pointe Chicard (voir photographies jointes). A partir de 15 h 40 (PM+2 h 40), on constate

un fractionnement du panache précédent dont une partie se rabat vers la plage. Ce panache secondaire remonte vers la plage en empruntant le chenal à bateaux, il atteint la zone de baignade et le cordon de galet à 16 h 05.

A partir de 16 h 30 (P M + 3 h 30) les petites déferlantes (houle de secteur W - NW) repoussent l'ensemble du panache coloré sur le platier situé à l'extrémité est de la plage d' Yport.

A partir de 17 h 30 (P M + 4 h 30) la tranchée située à l'exutoire de la buse est en partie découverte et l'effluent se dirige vers l' Est en direction de la moulière et de Fécamp.

Remarque : Ces observations de visu de la migration du panache ont été confirmés par l'étude spectrophotométrique des échantillons d'eau prélevés (Détection de la Rhodamine B à la radiation 553, 5 nm sur spectrophotomètre : PERKIN ELMER 550 S).

Deuxième conclusion : L'effluent d' Yport s'écoule à la faveur du jusant. Le panache s'oriente d'abord selon l'orientation générale du courant de jusant. Par la suite, à la faveur de la baisse du niveau marin, le panache est soustrait à l'orientation générale du jusant pour être pris en charge par la houle.

Les houles d' W - NW peuvent alors entraîner la migration du panache vers la plage, puis vers la moulière.

La longueur de l'émissaire d' Yport est donc insuffisante pour permettre la totale prise en charge de l'effluent par le courant général de jusant.

EXPERIENCE de COLORATION d' YPORT
(Photographies aériennes)



- 1 - Exutoire des eaux usées d' Yport.
- 2 - Panache se dirigeant au large de la pointe du Chicard.
- 3 - Panache secondaire se rabattant sur la plage d' Yport.

II - RECHERCHE des PESTICIDES

A - PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Les moules ou les algues sont prélevées, sommairement nettoyées, puis congelées.

Remarque :

Les moules n'ont pas été mises à dégorger pendant 48 heures comme le fait l'I. S. T. P. M. . Nous avons préféré faire ce que font les cueilleurs occasionnels et ne pas favoriser la désorption supplémentaire qui peut s'ensuivre.

L'échantillon à analyser est composé de 50 gr de matière fraîche congelée. Il est broyé (Ultra Turax) et homogénéisé dans 200 cc d'acétone. Le broyat est filtré sur Büchner dont la porcelaine frittée est surmontée de 8 mm de sable de Fontainebleau préalablement lavé à l'HCl puis à l'éther de pétrole. Ce dispositif tend à retenir les restes organiques les plus grossiers. L'extrait acétoné est versé dans une ampoule à décanter avec 200 ml d'eau distillée et 100 ml d'éther de pétrole. On récupère l'extrait étheré ; on pratique trois extractions successives par 100 ml d'éther de pétrole. Les extraits étherés sont évaporés dans un bécher. Le résidu sec est repris par 10 gr de florasil propre et activé à 80 °C. Le tout est disposé en tête d'une colonne de 10 mm de diamètre contenant 40 gr de florasil propre et activé à 80 °C. Le mélange éluant (150 ml) est composé de 35 % de chlorure de méthylène et de 65 % d'éther de pétrole. La solution obtenue est évaporée et le résidu est repris par 10 ml d'hexane bidistillée.

L'échantillon ainsi obtenu est injecté dans une colonne de pyrex pour pesticides d'un chromatographe en phase gazeuse GIRDEL 3000 équipé d'un détecteur à capture d'électrons au N. 63. Ce dispositif est particulièrement adapté à la recherche des pesticides organochlorés. Nous avons négligé temporairement les organophosphorés qui sont plus rapidement dégradés dans le milieu naturel.

B - LOCALISATION des PRELEVEMENTS

Les prélèvements ont généralement été réalisés dans des moulières importantes par leur densité (plus de 100 moules de plus de 4 cm de long au m²) et la superficie de platier concernée. Ceci facilite notre récolte mais suppose également l'intérêt porté à ces gisements par les pêcheurs à pied amateurs ou "professionnels" puisque certaines moulières font l'objet de cueillettes régulières en vue d'une commercialisation comme c'est le cas pour les Fontaines d'Yport. Les moules ont été prélevées globalement, mais les analyses ont porté sur les moules de 4 cm de long. Les moules sont généralement installées sur le substrat crayeux. Néanmoins, il existe des exceptions telles que le gisement de Criel qui est essentiellement installé sur les cailloutis ou les tourbes et tufs du débouché de l'Yères. Localement les moules peuvent piéger des sables légèrement vaseux dans le lacis de byssus (exemple : Puys - Berneval.).

On peut classer les gisements en deux grandes catégories :

- les moulières associées à des écoulements d'eau douce.

Ce sont les moulières établies en aval des sources littorales (exemple : entre les Grandes Dalles et Saint Pierre en Port, les Fontaines d'Yport), ou à l'exutoire des rivières côtières (exemple : Criel-sur-Mer). Ces gisements appartiennent à des étages divers, mais ce sont généralement des moules de haut niveau de l'étage médio-littoral moyen et supérieur ; néanmoins, certains de ces peuplements peuvent s'étendre plus en aval en fonction de l'importance du débit d'eau douce. Les moules y sont généralement accompagnées par de denses populations d'algues vertes : Ulves et Enteromorphes qui sont inféodées à ces arrivées d'eau douce. Ces chlorophytes y supplantent souvent la ceinture d'algues brunes à Fucus vesiculosus.

- les moulières peu ou pas associées aux écoulements d'eau douce.

Le meilleur exemple est celui de la moulière de la Pointe du Chicard à Yport. Il s'agit là d'une moulière de bas niveau (étage médio-littoral inférieur) associée à la ceinture de Fucus serratus qui se trouve immédiatement au-dessus de l'étage des Laminaires. Les coussinets algaires à Rhodothamniella favorisent la fixation des moules sur le sommet battu des mûles calcaires séparés par de profondes rainures de jusant.

Ce sont le plus souvent des moules de bas-niveau (étage médio-littoral inférieur et moyen) généralement placées au som-

met de mûles calcaires. Cette position favorise le drainage lors de l'invasion. - à la différence des moules associées aux sorties d'eau douce qui peuvent rester submergées mais sous une eau dessalées.

Dans l'ensemble du littoral cauchois, on peut affirmer que ce sont les moulières associées aux sorties d'eau douce qui sont les plus nombreuses et surtout les plus importantes.

En conclusion, on pourra diviser les divers gisements étudiés en fonction des critères suivants :

- Arrivées d'eaux douces plus ou moins importantes,
- Moules de haut ou de bas niveau,
- Flore associées caractérisant le facteur précédant,
- Densité de la moulière.

C - ANALYSE des SPECTRES OBTENUS

Les spectres obtenus présentent généralement :

⊖ 3 pics bien pointus.

- le premier parfois confondu avec le pic du solvant (hexane) correspond à un pic parasite lié au mode d'extraction primaire à l'acétone comme l'a confirmé le spectre de traces d'acétone dans l'hexane et l'ajout dosé de traces d'acétone à l'échantillon.

- le deuxième pic doit correspondre à des composés organiques pouvant dériver des solvants employés, mais nous ne pouvons encore rien affirmer à ce propos ; ce pic doit faire l'objet d'une identification au spectrographe de masse à haute résolution et muni d'un détecteur à capture d'électron (pour ce faire, nous ferons appel en septembre à des collègues parisiens, puisque le spectrographe de masse de l'Université de Rouen ne sort pas ce pic).

Néanmoins, nous pouvons affirmer qu'il ne s'agit d'un pic des solvants eux-mêmes, puisque le blanc ne présente pas ce pic. Par ailleurs, l'éther de pétrole, le chlorure de méthylène et le chloroforme qui pourrait en dériver, en solution dans l'hexane sortent en même temps que ce dernier.

- le troisième pic est celui du lindane, on le retrouve sur tous les chromatogrammes échantillons, il a été défini à partir d'une série de chromatogrammes de référence comprenant 45 pesticides testés. Cette détermination par analogie de position de sortie par rapport à la sortie de l'hexane (7,3 cm pour un déroulement de 2 inch/min., soit un temps de rétention de sec.). Ceci a été confirmé par la méthode des ajouts dosés qui permettent de vérifier un renforcement du pic proportionnel à la quantité d'ajout.

Nous avons tenu également à confirmer ce pic en R M N, afin de prendre toutes les précautions nécessaires à l'affirmation d'existence de lindane en quantité non négligeables dans tous les échantillons de moules du littoral cauchois.

Il est à noter que ces trois pics se retrouvent dans les échantillons d'algues associées aux gisements de moules. Ceci confirme, que les deux premiers pics doivent correspondre au mode de préparation des échantillons. Le pic du lindane y est toujours plus faible que pour les moules correspondantes, on

peut penser qu'il s'agit du lindane adsorbé sur le mucilage superficiel du thalle algaire. En effet, un lavage efficace de l'échantillon entraîne une forte baisse de concentration de ce produit. La concentration initiale ne correspond donc pas à celle notée dans l'eau qui semble être environ cinquante fois plus faible (ce fait reste à confirmer, nous n'avons qu'une seule donnée pour la source située entre les Grandes Dalles et Saint Pierre en Port).

⊕ une série de pics plus petits et plus larges qui correspondent à des composés organiques et à des métabolites de pesticides.

L'étude du spectre R. M. N. des échantillons permet :

- de confirmer la présence de lindane dans les échantillons. En effet, ce produit caractérisé par la présence de six protons H^+ groupés dans la structure en chaise du stéréoisomère gamma de l'HCH (Hexachlorocyclohexane) se détecte aisément en R. M. N. même à de faibles concentrations.

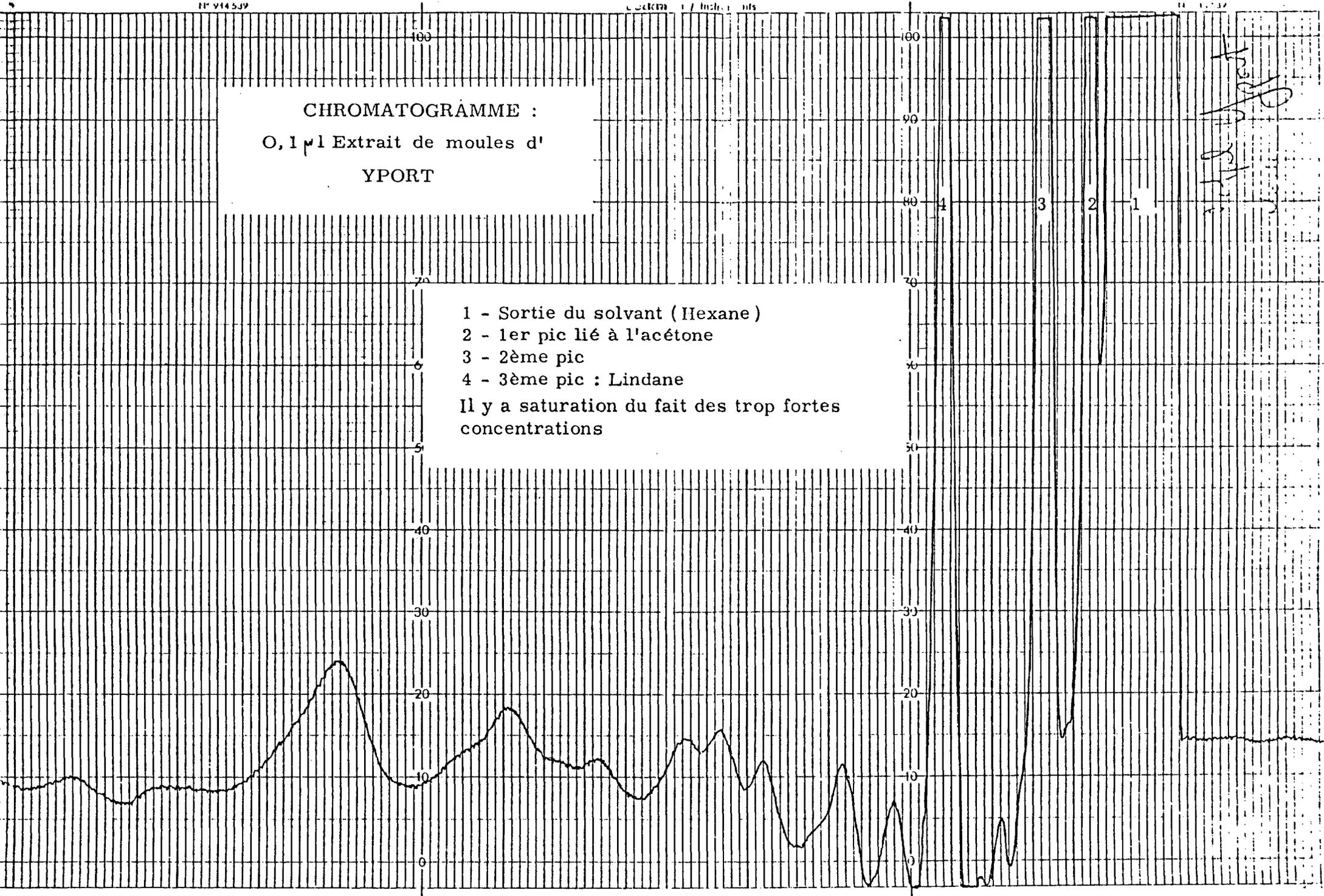
- d'affirmer que les échantillons ne renferment pratiquement pas d'hydrocarbures aromatiques (non décelables à la sensibilité de notre appareil de R. M. N.) ; ces produits devraient sortir au delà du lindane (voir spectre R. M. N., Saint Valery-en-Caux) ; il en est de même des DDT et PCB et de leurs métabolites qui possèdent également des noyaux aromatiques qui devraient induire des pics s'ils étaient en concentration suffisante.

- de confirmer le pic parasite lié à l'acétone.

CHROMATOGRAMME :
0,1 μ l Extrait de moules d'
YPORT

- 1 - Sortie du solvant (Hexane)
- 2 - 1er pic lié à l'acétone
- 3 - 2ème pic
- 4 - 3ème pic : Lindane

Il y a saturation du fait des trop fortes concentrations

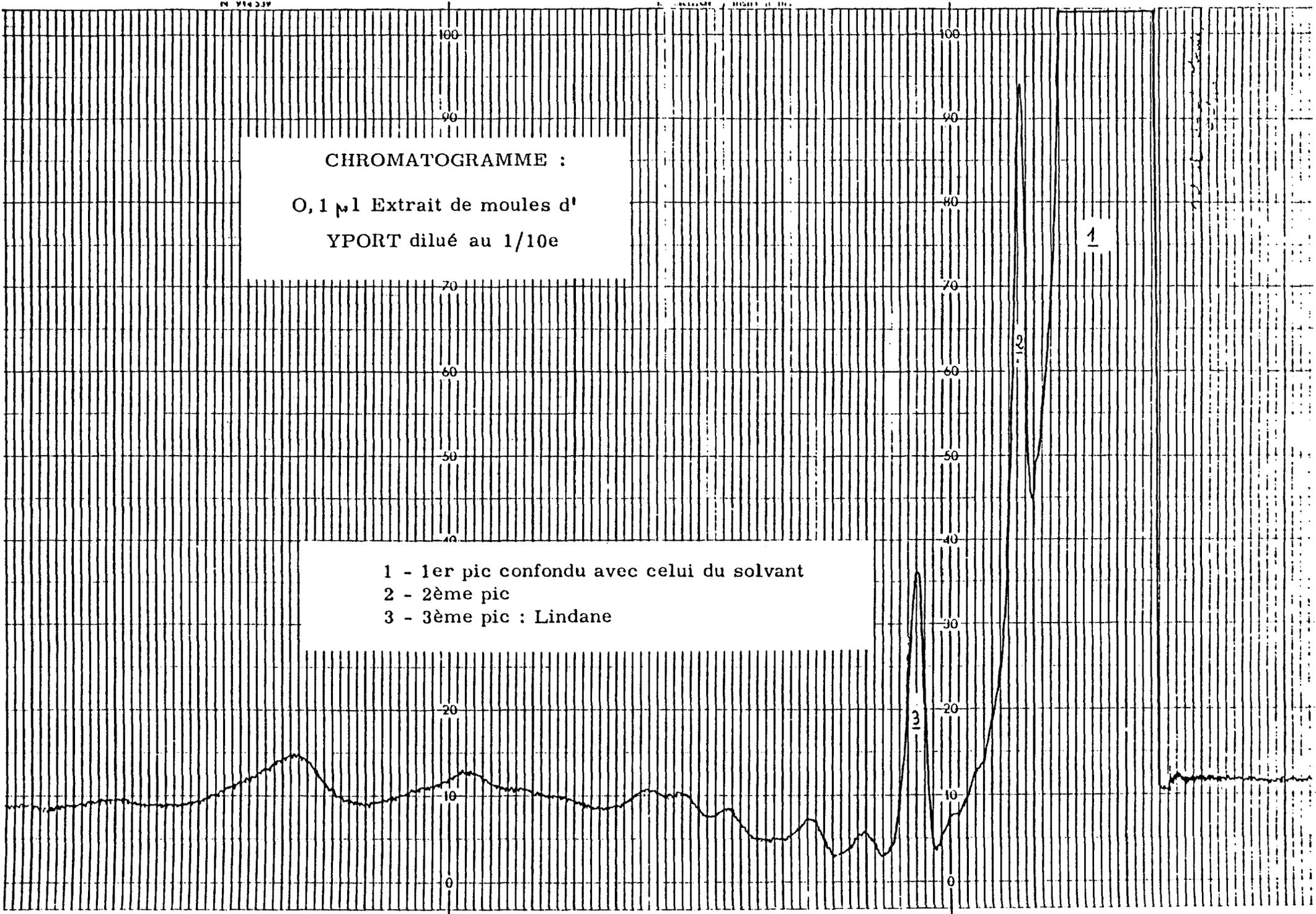


Handwritten signature

CHROMATOGRAMME :

0,1 µl Extrait de moules d'
YPORT dilué au 1/10e

- 1 - 1er pic confondu avec celui du solvant
- 2 - 2ème pic
- 3 - 3ème pic : Lindane

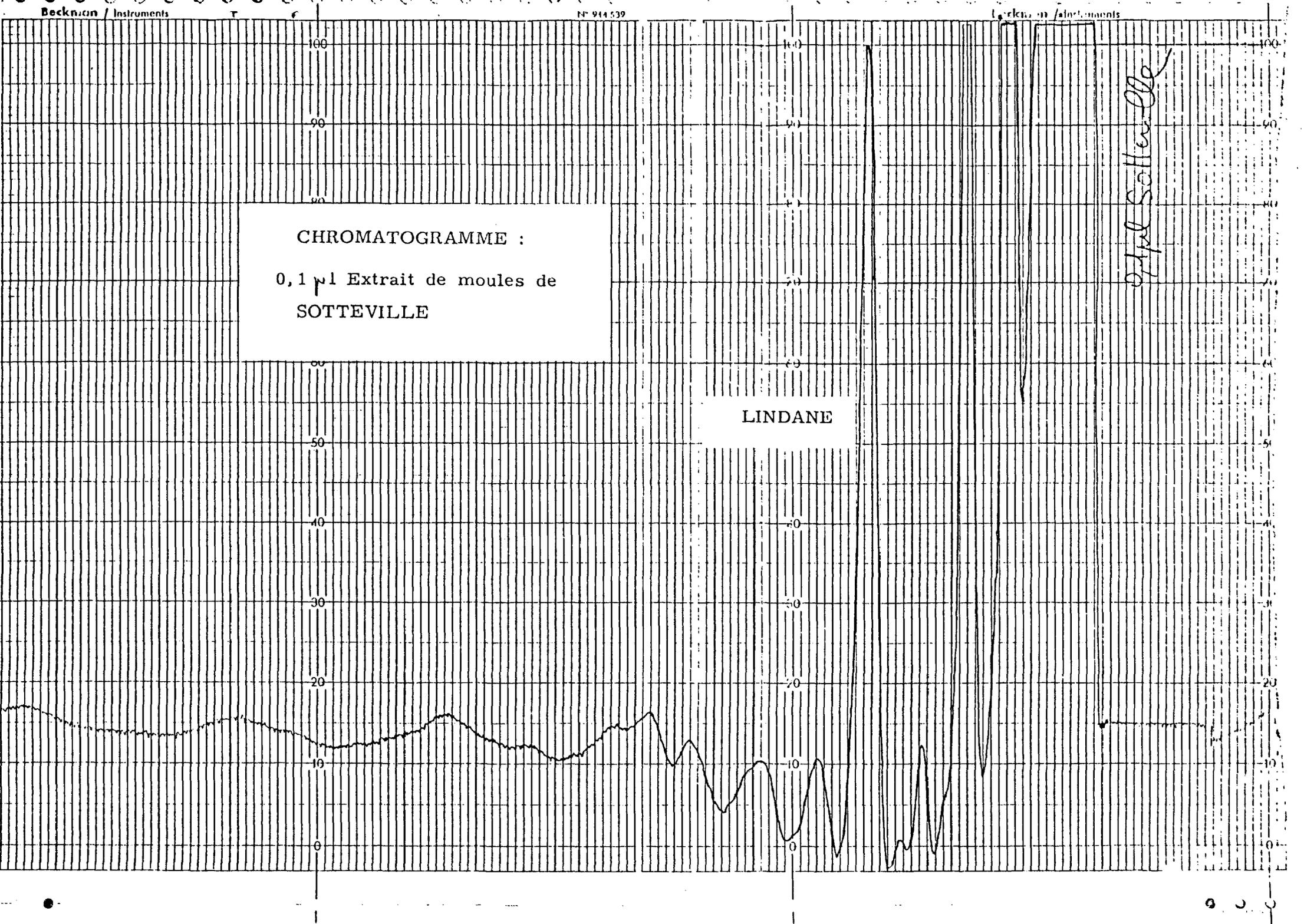


CHROMATOGRAMME :

0,1 µl Extrait de moules de
SOTTEVILLE

LINDANE

Philippe Sottenville

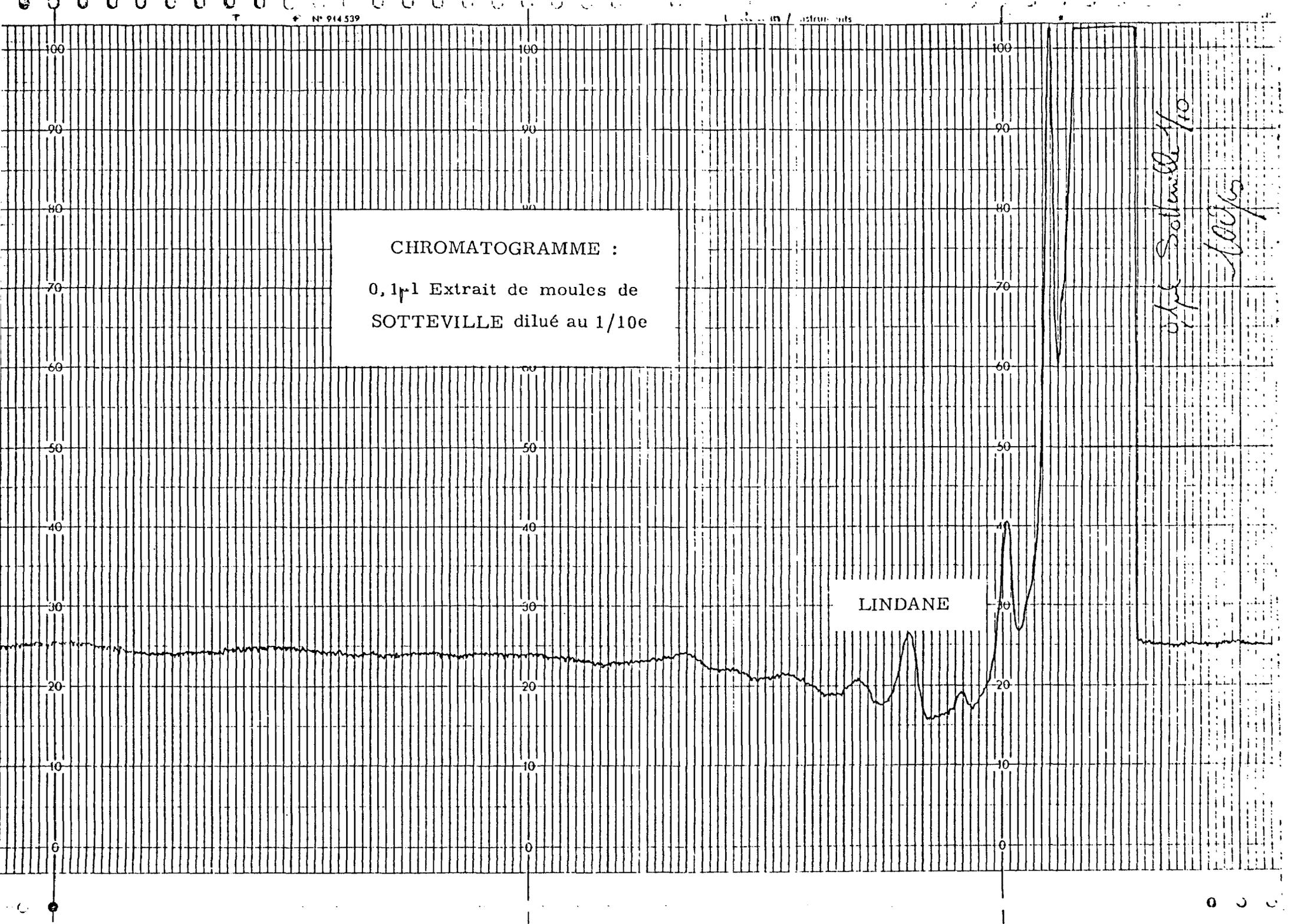


CHROMATOGRAMME :

0,1 ml Extrait de moules de
SOTTEVILLE dilué au 1/10e

LINDANE

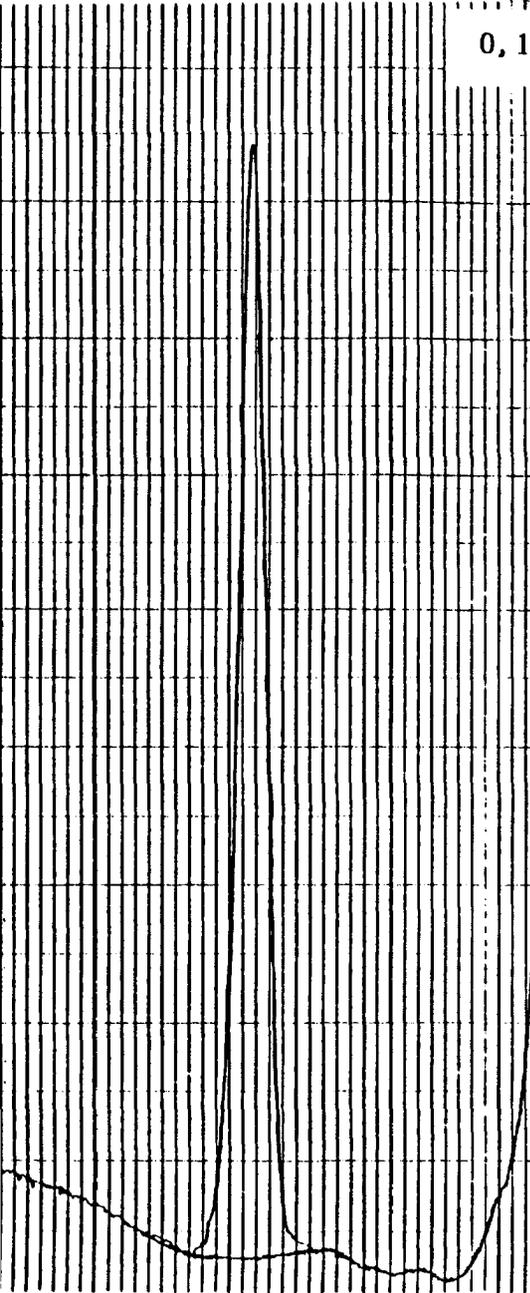
0,1 ml Sotteville / 10
100%



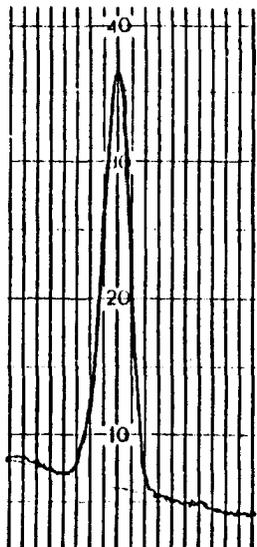
CHROMATOGRAMMES :

ETALONS DE LA GAMME DE LINDANE

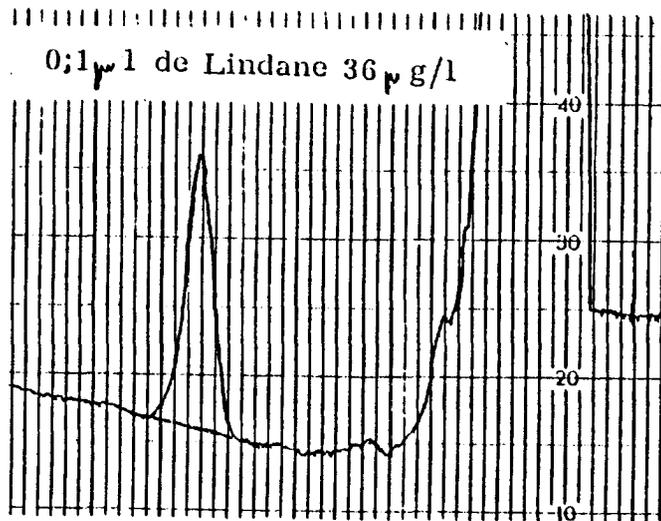
0,1 μ l de Lindane 180 μ g/l



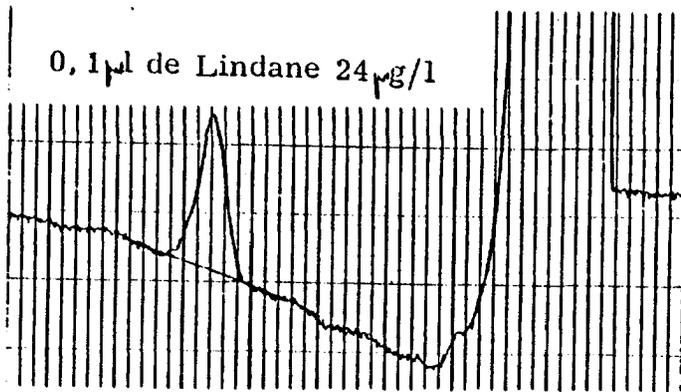
0,1 μ l de Lindane 60 μ g/l



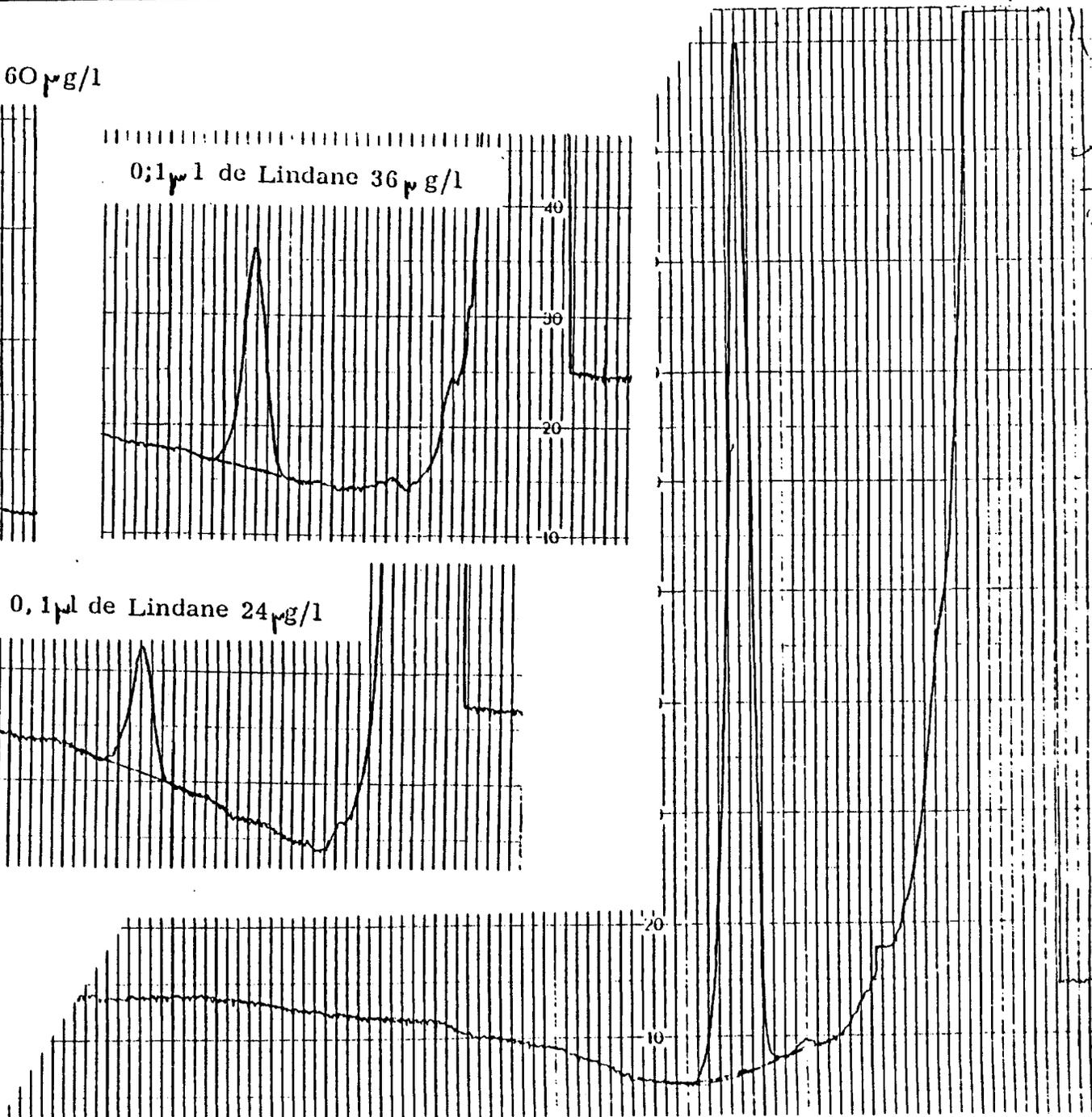
0,1 μ l de Lindane 36 μ g/l



0,1 μ l de Lindane 24 μ g/l



0,1 μ l de Lindane 360 μ g/l



SPECTRE R. M. N.

Traces d'ACETONE dans HEXANE

Artefact d'enregistrement

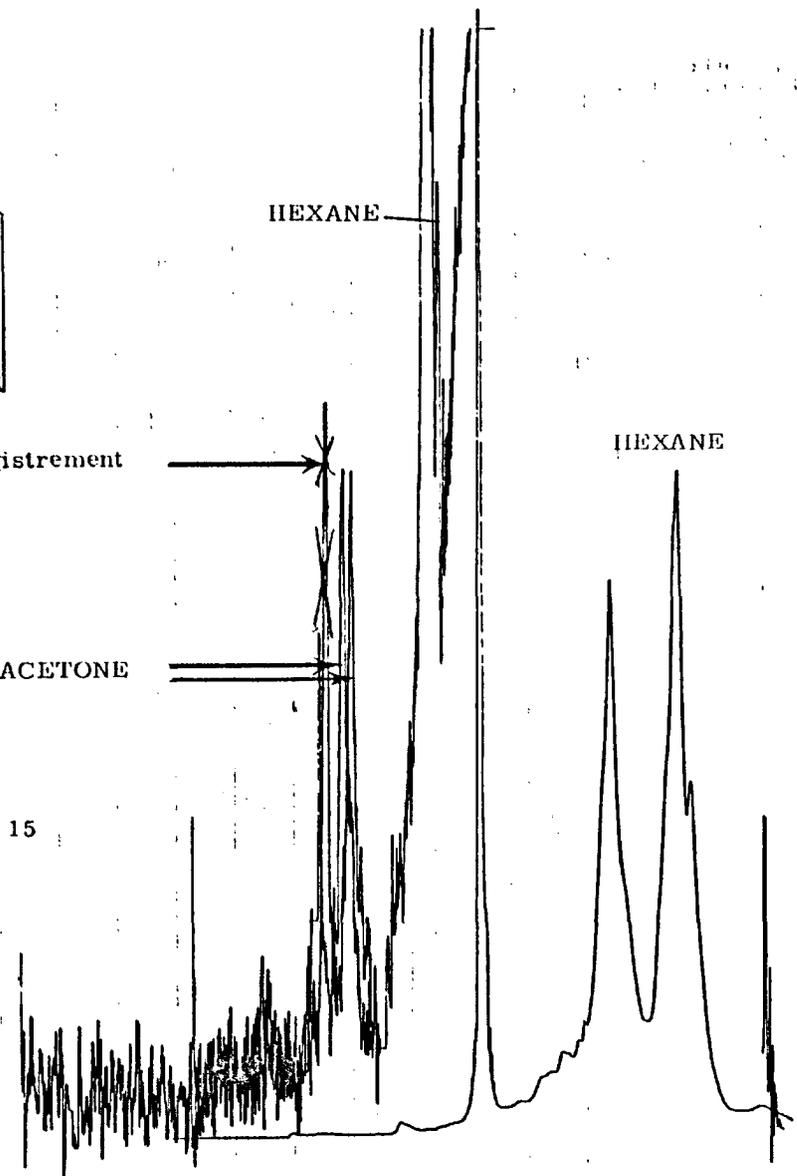
ACETONE

HEXANE

HEXANE

Sensibilité 100 x 15

Sensibilité 10



SPECTRE R. M. N.

HEXANE

Sensibilité $\left\{ \begin{array}{l} 100 \times 15 \\ 10 \times 2 \end{array} \right.$

Artefact de recentrage de la ligne de base



100×15

Changement de ligne de base



10×2

START OF SPECTRUM

100

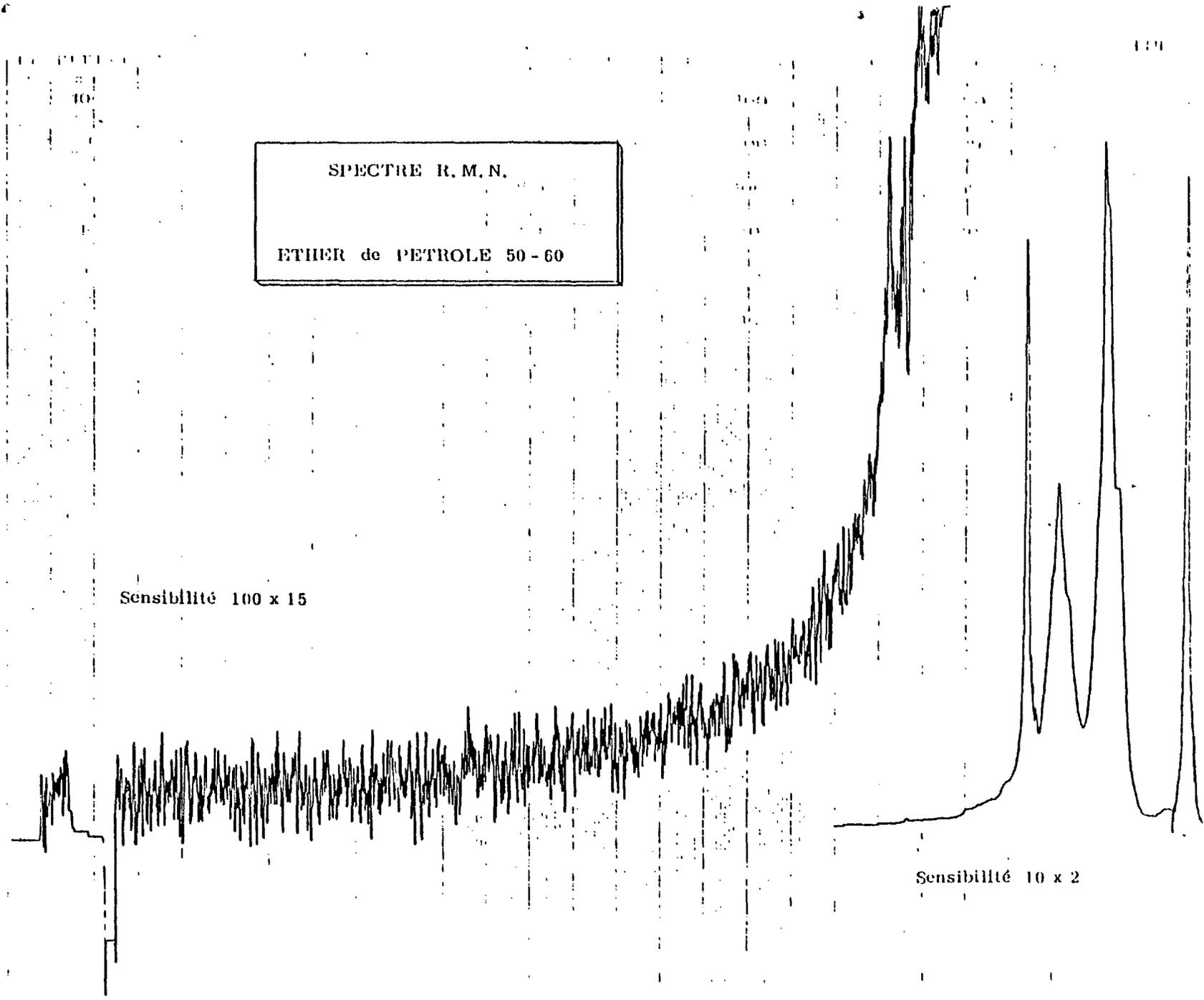
20ppm
10ppm
0ppm
-10ppm
-20ppm

SPECTRE R. M. N.
ETHER de PETROLE 50-60

Sensibilité 100 x 15

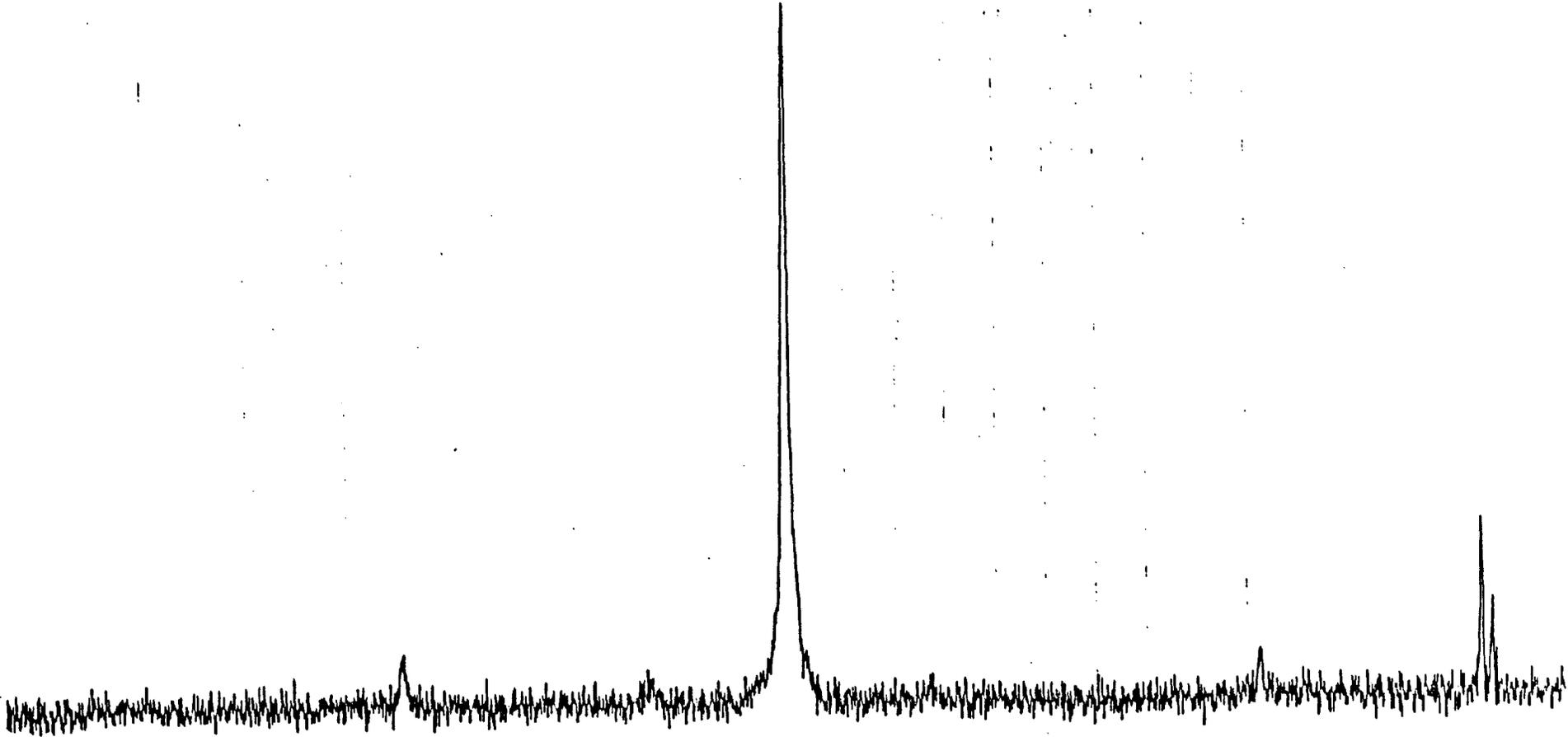
Sensibilité 10 x 2

Handwritten notes:
100
100



SPECTRE R.M.N.
LINDANE dans Chloroforme

LINDANE



LINDANE
SPECTRE R. M. N.
SAINT VALERY en CAU

Sens.
100 = 15

Absence d'aromatique

Sensibilité 10 x 2

Impuretés liées

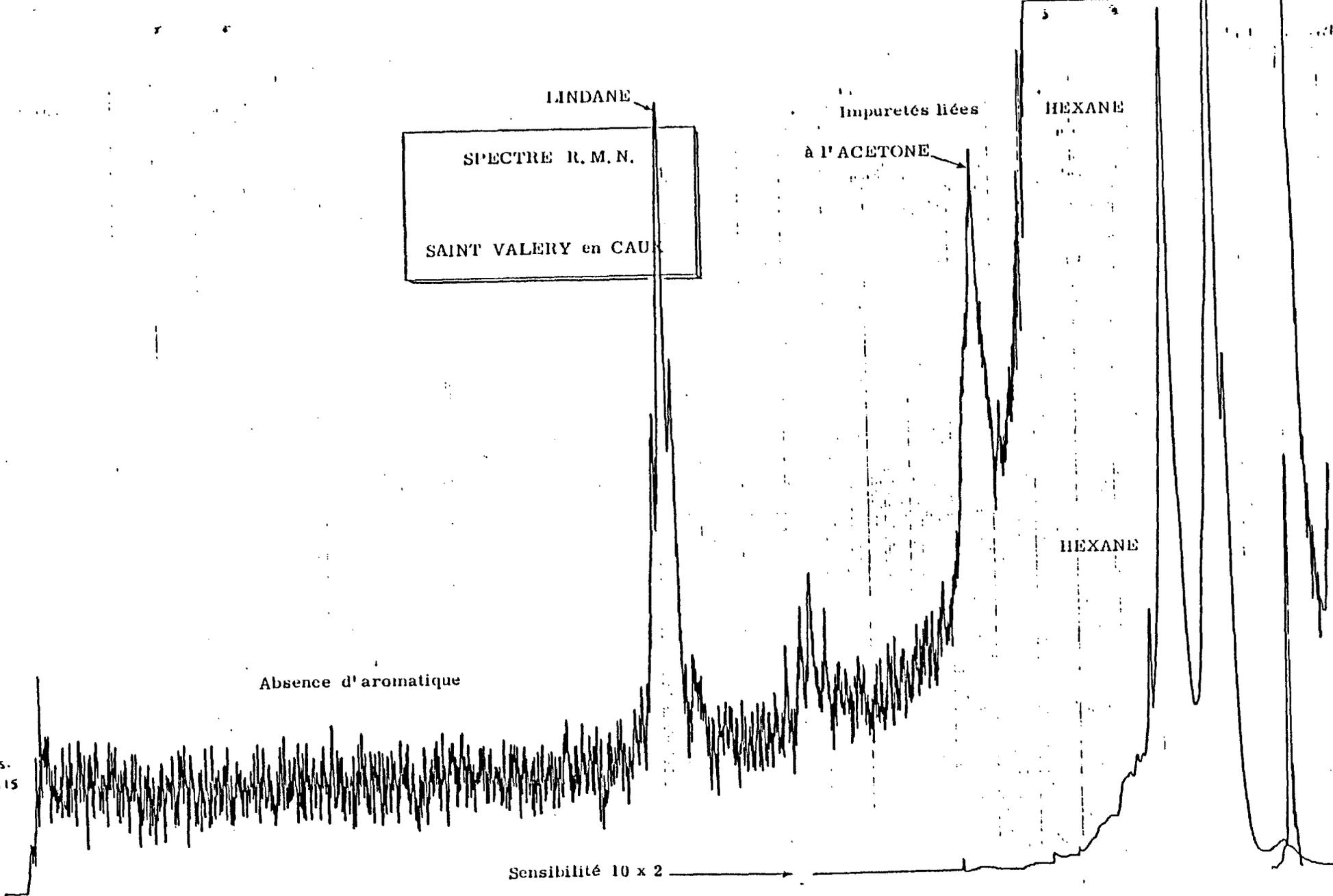
à l'ACETONE

HEXANE

HEXANE

St Valery en Camp

196. 6. 75



D - RESULTATS

Le lindane a été dosé après établissement d'une gamme d'étalons de concentrations croissants. Pour chaque concentration le pic du lindane a été décalqué (sur calque Canson) découpé, puis pesé (la pesée étant la meilleure de toutes les mesures physiques). La gamme étalon représente donc la concentration de lindane en abscisse en fonction du poids du pic de lindane en ordonnée. Seule la première partie rectiligne de la gamme est utilisable d'où la nécessité de diluer les échantillons.

Les étalons ainsi que les échantillons ont fait l'objet de diverses analyses et les résultats exprimés sont, selon les cas, les moyennes de trois à six données.

TABLEAU des RESULTATS

Site	Niveau de prélèvement	Relations avec l'eau douce	Importance du gisement	Teneurs moyennes en Lindane en mg/kg - se
Bois de Cise	haut niveau	forte	très important	0,22
Criel	niveau moyen à haut niveau	très forte (débouché de l'Yères)	très important	0,16
Berneval	niveau moyen (Fucus vesiculosus)	faible	moyen	0,14
Puys	niveau moyen à haut niveau	faible	important, moules retenant du sédiment sur des petits môles crayeux des rainures du jusant	0,12
Dieppe-Pourville	niveau moyen	faible, excepté influence Arques et port de Dieppe à marée descendante	faible (moules éparses)	0,15
Quiberville-St Aubin	niveau moyen	filets d'eau douce	faible	0,12
Sotteville-sur-mer	niveau moyen	faible	moyen grosses moules éparses en chapelets	0,10
Saint Valery en Caux	bas niveau	faible mais situation nouvelle avec rejet station épuration et tunnel St Léger.	très important	0,10
Yport (Fontaines)	haut niveau	débouché fortes résurgences	très important	0,27
Yport (Chicard)	bas niveau	nulles	important mais en rapide régression	0,05
Criel algues				0,012
Grandes Dalles algues vertes				0,015
Yport (Fontaines) algues				0,02

E - CONCLUSIONS

Les teneurs en LINDANE des moules du littoral du pays de Caux sont relativement importantes en particulier les gisements en relation avec des arrivées d'eau douce.

Il est difficile de trouver des points de comparaison, de telles données sur les moules étant rares voire inexistantes dans la littérature. Néanmoins, il faut remarquer que ces valeurs se situent près (en-dessous) de celles parfois élevées notées dans certains fruits et légumes recevant directement l'effet du traitement.

On peut donc estimer, que les moules exercent une forte concentration de ce pesticide très rémanent apporté à des concentrations 100 fois moindres par les eaux de la nappe de la craie.

Les autres pesticides organochlorés (exemple : DDT) ne sont présents qu'à de faibles concentrations fort peu inquiétantes du fait de leur métabolisation plus rapide.

III - METAUX LOURDS

Des dosages de métaux lourds ont été réalisés sur des échantillons de moules et des échantillons de sédiments (fraction sablo-vaseuse < 2 mm fixée par certaines moulières).

A - PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Minéralisation des moules

Les moules fraîches sont décortiquées, les parties molles sont soumises à la dessiccation (48 h dans étuve à 105°C).

- Broyer la matière sèche dans un mortier en porcelaine. Peser 2 g de broyat et le mettre dans une capsule en porcelaine à feu.
- Capsule à four froid, puis 2 h à 450°C avec élévation lente et régulière.
- On obtient des cendres claires que l'on reprend par 2 à 3 ml d'eau distillée et 2 à 3 ml d'Hcl concentré.
- Filtrer sur filtres sans cendres et rincer 3 à 4 fois avec de l'eau distillée à 30 - 40°C.
- Incinérer le papier filtre et son contenu dans la capsule pendant 1/2 h à 550°C maximum.
- Reprendre par 5 ml HF concentré.
- Aller à sec sur plaque chauffante sans dépasser 250°C.
- Reprendre par 1 ml Hcl, laver à l'eau tiède et amener à 100 ml.

Solubilisation des sédiments

- Prendre 1 g de sédiment broyé.
- On procède à deux attaques successives par le mélange acide fluorhydrique - acide perchlorique (à 60 cc jusqu'à seccité).
- Le résidu est repris par 5 ml d'acide perchlorique. On va à sec, et on élimine ainsi l'acide fluorhydrique.
- Le résidu final est solubilisé par 5 ml d'Hcl et le tout est complété à 100 ml.

Dosage

Les solutions ainsi obtenues sont dosées :

- soit sur un spectrophotomètre d'absorption atomique Beckmann ;
- soit sur un spectrophotomètre U V visible double faisceau PERKIN ELMER.

Les résultats sont exprimés en ppm par rapport au matériel sec.

B - RESULTATS et CONCLUSIONS

Les données relatées dans les tableaux sont des valeurs moyennes. Les résultats obtenus sont d'une assez grande homogénéité. La relation entre les teneurs dosées dans les moules et les sédiments d'une part, et les flux de ces mêmes éléments d'autre part est délicate à établir.

Si l'on voulait aborder convenablement ce problème, il faudrait envisager une série de prélèvements échelonnés de part et d'autre de l'exutoire des flux définis dans le tome 1. Cela pose des problèmes pratiques :

- 1 - Les exutoires ne comportent pas toujours des moulières associées.
- 2 - La répartition des peuplements de moules est très irrégulière.

Dans ce travail nous nous sommes attachés uniquement à l'étude des gisements de moules dont la densité est propre à inciter les pêcheurs à pied à la cueillette.

Les résultats acquis nous amènent à formuler diverses observations. Néanmoins, il est dommage de constater qu'il n'existe encore aucune norme nous permettant de recalibrer les données présentées ici.

Les teneurs en plomb sont très faibles partout. On note simplement une légère augmentation en niveau de Veulettes en rapport avec un flux notable de plomb dans la Durdent tel qu'il a été souligné dans le tome 1.

A l'inverse, les teneurs en zinc sont de niveau moyen moyen élevé et ce plus particulièrement à l'approche des exutoires des rivières chargées en zinc : Arques, Bresle et Durdent.

A ce propos, il faut noter que les données d'analyse confirment l'étude de la diffusion des flux. Ainsi, les teneurs enregistrées sur le platier situé à l'Ouest de Dieppe sont-elles sensiblement plus faibles que celles retenues à Berneval. Il faut donc penser qu'au jusant (sortie des effluents de l'Arques et de la Ville de Dieppe puisque ceux-ci sont en grande partie bloqués dans le port au flot), les eaux de l'Arques se dirigent vers l'Ouest en évitant le platier de Dieppe (conformément au schéma proposé précédemment) ; ces eaux très largement diluées doivent être en partie bloquées par le cap d'Ailly et repartent vers le Nord - Est en direction de Berneval notamment, au moment du flot. En effet, les concentrations notées à Berneval ne peuvent s'expliquer par le contact des moules avec les sources littorales associées.

Le mercure reste toujours en faible proportion, dans des limites raisonnables du point de vue sanitaire ; il existe néanmoins un facteur 10 entre certains points proches des flux les plus importants et les teneurs les plus faibles.

Cette tendance à une certaine différenciation des teneurs en fonction de la proximité des plus grands flux se confirme au regard des résultats enregistrés pour les autres éléments dosés.

TABLEAU des RESULTATS

Site		Fer	Manganèse	Cuivre	Zinc	Plomb
Bois de Cise	(M)	220	35	40	130	< 0,5
Criel	(M)	350	66	15	63	< 0,5
Berneval	(M)	850	84	17	115	< 0,5
Berneval	(S)	18 000	560	25	150	7
Puys	(M)	350	55	12	78	< 0,5
Puys	(S)	10 000	480	20	90	10
Dieppe-Pourville	(M)	200	36	30	75	< 0,5
Quiberville St Aubin	(M)	180	18	13	70	< 0,5
Sotteville sur mer	(M)	250	55	18	127	< 0,5
Ste Marguerite	(M)	170	15	11	75	< 0,5
Fécamp	(M)	300	80	20	90	< 0,5
Grandes Dalles W	(M)	225	40	25	64	< 0,5
St Valery en Caux	(M)	150	25	15	55	< 0,5
Yport Fontaines	(M)	200	36	18	140	< 0,5
Yport Chicard	(M)	190	40	12	120	< 0,5
Veulettes	(M)	300	22	18	100	< 0,5

(M) = Moules

(S) = Sédiment

TABLEAU des RESULTATS

Site		Mercure	Cadmium	Chrome	Titane
Bois de Cise	(M)	0,50	6,0	7,0	< 0,5
Criel	(M)	0,20	2,5	4	< 0,5
Berneval	(M)	0,50	3,0	6	< 0,5
Berneval	(S)	1,00	1,0	20	600
Puys	(M)	0,10	3,0	5	< 0,5
Puys	(S)	0,50	1,0	15	400
Dieppe-Pourville	(M)	0,10	2,0	4	< 0,5
Quiberville St Aubin	(M)	0,10	1,0	2	< 0,5
Sotteville sur mer	(M)	0,07	4,0	2	< 0,5
Ste Marguerite	(M)	0,08	0,5	1,5	< 0,5
Fécamp	(M)	0,40	5,0	6	< 0,5
Grandes Dalles W	(M)	0,05	15,0	2	< 0,5
St Valery en Caux	(M)	0,05	4,0	1	< 0,5
Yport Fontaines	(M)	0,30	12,5	4	< 0,5
Yport Chicard	(M)	0,20	10,0	3	< 0,5
Veulettes	(M)	0,05	1,5	6	< 0,5

(M) = Moules

(S) = Sédiment

Par contre, le cas d'Yport caractérisé par des teneurs relativement élevées par rapport à l'ensemble des autres analyses semble s'inscrire en faux par rapport à cette affirmation. Ces teneurs ne pouvant être attribuées aux exurgences de la nappe (le facteur de concentration des moules ne peut être aussi important et de toute façon la moulière de bas niveau du Chicard présente également de fortes teneurs) ; deux hypothèses peuvent être avancées :

1) - Le secteur d'Yport est affecté par le flux sortant du port de Fécamp au jusant (cette diffusion n'a pas pu être appréhendée convenablement).

2) - Le secteur d'Yport est soumis à l'influence du panache émanant de la baie de Seine au flot.

Ce point mériterait d'être élucidé en multipliant les prélèvements et les analyses entre Fécamp et Antifer.

Les sédiments présentent des teneurs nettement plus importantes. Ce phénomène d'absorption des métaux lourds (plus particulièrement sur les particules fines) joue sans doute un grand rôle dans la diminution de l'importance de flux vers la mer.

En effet, les analyses de sédiments portuaires (exemple : p. 138, tome 1) révèlent de très fortes concentrations et on peut penser qu'ils exercent un rôle tampon entre les rejets et le milieu marin proprement dit.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

L'étude des pesticides a révélé la présence de fortes quantités de Lindane dans les moules de notre littoral.

A ce propos, il faut tout d'abord noter que les fortes concentrations ont été enregistrées dans les gisements en relation étroite avec des exurgences de la nappe. Il s'agit probablement d'une pollution à dominante agricole.

Par ailleurs, nous avons constaté de grandes différences entre les teneurs en Lindane d'échantillons prélevés à des moments différents. C'est le cas notamment des moules d'Yport pour lesquels les valeurs extrêmes rencontrées sont : 0,17 mg/kg sec et 0,39 mg/kg sec. Ces différences nous laissent supposer l'existence de variations saisonnières des teneurs conditionnées par le rythme des pratiques culturales et le temps de transit dans la nappe aquifère. C'est une étude qu'il serait bon de mener, notamment sur le site de la moulière des Fontaines d'Yport en pratiquant des prélèvements réguliers tout au long d'une année.

Du point de vue des métaux lourds, il ne semble pas y avoir de graves problèmes si ce n'est la concentration en zinc assez importante dans l'ensemble des sites étudiés. Il apparaît néanmoins, que les flux émanant des secteurs industrialisés exercent une action sur la teneur en métaux lourds des biocénoses situées dans le secteur littoral attenant.

Comme nous l'avons souligné, il serait intéressant de mieux cerner le problème de l'impact des flux littoraux en réalisant des prélèvements sérieux dans la zone intertidale jouxtant l'exutoire. Ces données sont à rapporter aux études de diffusion de flux qui nous ont donné une meilleure image des zones susceptibles d'être affectée par tel ou tel effluent.

Par ailleurs, il semble qu'il y ait une disproportion entre les teneurs métalliques des moules de Fécamp (parmi les plus importantes) et les flux connus (inventaire 1976) de la Valmont (mesuré en amont du port de Fécamp). Ceci pose une nouvelle fois le problème de l'estimation de l'impact de l'activité fécampoise sur le flux polluant sortant du port au jusant. Il semble toujours nécessaire d'établir une caractérisation et une localisation des rejets dans le port de Fécamp dans lequel nous avons constaté précédemment la variété des couleurs des eaux des divers bassins.