

04°30

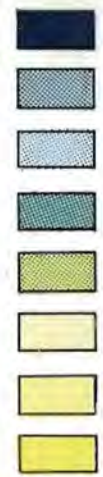
04°25

04°20

LANDFRANCAU

SAUM DE LA RADE DE BREST

Direction Départementale de l'Équipement
Département du FINISTERE



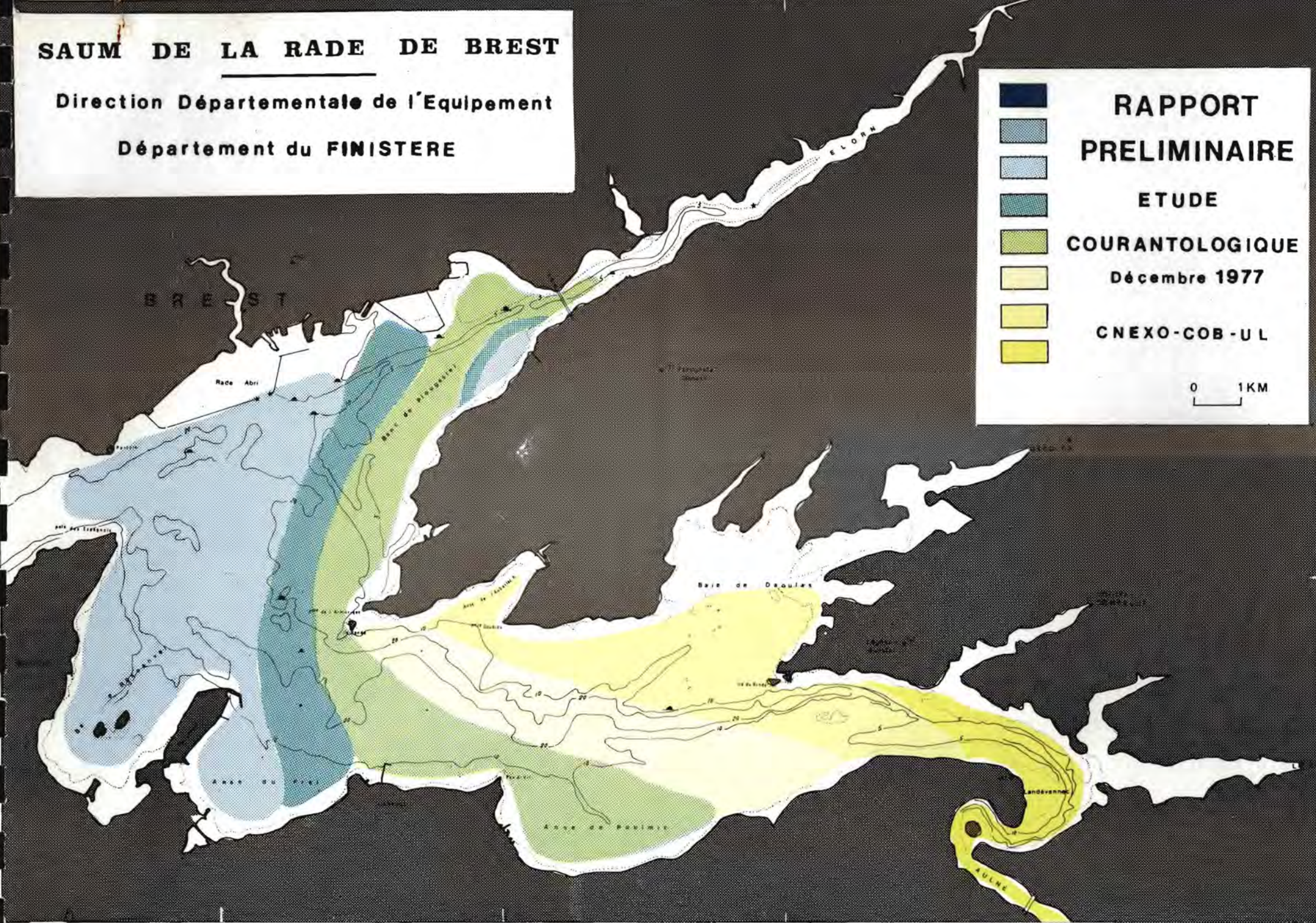
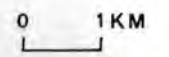
RAPPORT PRELIMINAIRE

ETUDE

COURANTOLOGIQUE

Décembre 1977

CNEXO-COB-U.L



04°30

04°25

LONGITUDE OUEST

04°20

CNEXO/III - SAUM RADE DE BREST 1977

48°20

LATITUDE NORD

48°25

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE
L'EQUIPEMENT DU FINISTERE

Pompey

SAUM DE LA RADE DE BREST

ETUDE COURANTOLOGIQUE

RAPPORT PRÉLIMINAIRE

DECEMBRE 1977

CNEXO/COB
UNITE LITTORAL

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| AVANT PROPOS | 1 |
| I - OBJECTIFS ET METHODES DE TRAVAIL | 2 |
| II - ETUDE DE LA DISPERSION DES EAUX FLUVIALES | 3 |
| 1. LES REGIMES DE CRUE ET D'ETIAGE | 3 |
| 2. LES CAMPAGNES DE MESURES DE SALINITE | 3 |
| 3. SALINITE : RESULTATS OBTENUS | 5 |
| III - ETUDE DE LA VARIATION DES COURANTS AU COURS D'UN CYCLE DE MAREE | 10 |
| 1. LES VITESSES DE COURANTS SUR TOUTE LA TRANCHE D'EAU | 10 |
| 2. LES VITESSES RESIDUELLES DE COURANTS | 11 |
| IV - LE MOUVEMENT DES MASSES D'EAU DANS LE RADE DE BREST | 13 |
| 1. VERIFICATION DU 'MODELE' PAR UN SUIVI DE FLOTTEURS | 13 |
| 2. DETERMINATION DE ZONES SUSCEPTIBLES D'ETRE ATTEINTES PAR DES REJETS PONCTUELS | 14 |
| 3. INFLUENCE DU VENT SUR LES DEPLACEMENTS DE SURFACE | 15 |
| CONCLUSION | 16 |

Conformément aux termes d'un contrat passé entre le CNEXO et le Service Départemental de l'Equipement, l'Unité Littoral du Centre Océanologique de Bretagne a effectué de janvier à septembre 1977, plusieurs campagnes océanographiques en rade de BREST.

Les objectifs poursuivis étaient :

- 1 - d'estimer la dispersion des eaux fluviales dans la rade pendant des marées de vives-eaux et de mortes-eaux et durant des périodes de crue et d'étiage des rivières ;
- 2 - de suivre, sur la tranche d'eau, en plusieurs points de la rade et au cours d'un cycle complet de marée, l'évolution de paramètres suivants : courant, température, salinité, sels nutritifs, matières en suspension ;
- 3 - de tracer les trajectoires probables d'un rejet hypothétique en un point donné et à une heure quelconque de la marée pour en suivre le cheminement.

Les premiers résultats présentés dans ce rapport préliminaire permettent de faire le point des travaux effectués sur le terrain et de leur dépouillement. Certaines orientations de recherche apparaîtront mais elles ne sauraient être confondues avec les résultats définitifs qui seront exposés dans le rapport final.

I - OBJECTIFS ET METHODES DE TRAVAIL

Un aménagement et une gestion rationnelle de la Rade de BREST impliquent de connaître les aptitudes du milieu à différents types d'activités et les conditions de compatibilité à leur développement respectif. En effet, chaque activité influence le milieu de façon plus ou moins marquée, dans des périmètres variables et avec des impacts différents sur l'eau, le substrat et la faune.

Sur le pourtour et dans la Rade on peut classer les activités en 4 grandes catégories : activités urbaines, industrielles, agricoles, et activités de la pêche auxquelles se rattache la mariculture. La compatibilité entre les 3 premières activités - qui sont le plus souvent contraignantes - et celles de la pêche et de la mariculture est un des problèmes fondamentaux à résoudre puisque l'utilisation biologique du milieu marin exige avant tout une eau de très bonne qualité.

L'objectif à atteindre est donc de circonscrire les zones de la Rade où la qualité de l'eau risque d'être affectée par des apports provenant d'activités extérieures à la zone.

La méthode consistera à poursuivre plusieurs types de démarches visant à déterminer la nature et l'ampleur des incidences de ces activités sur le milieu. L'étude de la dispersion des eaux fluviales sera une première approche

II - ETUDE DE LA DISPERSION DES EAUX FLUVIALES

Plan d'eau semi-fermé et confiné, la Rade de BREST est une zone de mélange d'eaux fluviales (AULNE essentiellement) et d'eaux marines.

Le degré de mélange des eaux douces et marines est lié à différentes conditions hydroclimatiques dont :

- le débit fluvial (périodes de crue et d'étiage) ;
- le volume introduit par la marée (vives-eaux - mortes-eaux).

On constate que la Rade de BREST est soumise à deux régimes :

I. LES REGIMES DE CRUE ET D'ETIAGE

- En période de crue (novembre à mars), le volume d'eau apporté par les rivières est assez important et il se crée une stratification verticale (fig. 1b) : les eaux fluviales ont tendance à rester en surface (C1) et les eaux marines, donc plus denses, au fond. (C2).
- En période d'étiage (Les autres mois), le débit des rivières est très réduit et l'eau douce se mélange davantage à l'eau de mer (fig. 1a). Les variations verticales de salinités sont alors beaucoup plus faibles.

2. LES CAMPAGNES DE MESURES DE SALINITE

Ces campagnes (fig. 2) ont eu pour but d'étudier :

- la dispersion des eaux fluviales en Rade ;
- la dilution de ces eaux dans les eaux marines.

Les mesures supplémentaires ont été faites plus en amont dans l'ELORN (de KERHUON à LANDERNEAU) et dans l'AULNE (de TEREZEZ à GUILLY-GLAS) :

| Rivière ^o | Date | Coefficient de marée | Débit fluvial | Heure TU* | |
|----------------------|---------|----------------------|------------------------|-----------|-------|
| | | | | PM | BM |
| AULNE | 29.1.77 | 36 | 72 m ³ /s | 11.22 | 5.12 |
| AULNE | 5.2.77 | 94-96 | 65 m ³ /s | 14.46 | 11.03 |
| ELORN | 21.2.77 | 93-89 | 15,8 m ³ /s | 5.56 | 12.13 |
| ELORN | 1.9.77 | 92-87 | 2,80 m ³ /s | 5.57 | 12.15 |

* Temps Universel

3. SALINITE : RESULTATS OBTENUS

Pour avoir une vue d'ensemble, il faut envisager toutes les situations correspondant :

- aux périodes de crue ou d'étiage ;
- en marée de vives-eaux ou de mortes-eaux ;
- à la pleine mer ou à la basse-mer ;
- en tenant compte des valeurs mesurées dans les eaux de surface et du fond.

Dans ce rapport préliminaire seuls sont envisagés deux cas qui schématisent, dans des conditions bien définies, une situation globale :

- la salinité de surface en période de crue à la pleine mer de mortes-eaux ;
- la salinité de fond (dans les mêmes conditions).

La salinité de surface en période de crue à la P.M. de M.E. (fig. 7).

La partie orientale de la Rade présente des dessalures importantes ($S = 20 \text{ ‰}$) alors qu'à l'entrée du goulet la salinité est élevée ($S = 33,80 \text{ ‰}$). Le centre de la Rade est également occupé par des eaux "marines" ; une autre zone de dessalure, plus restreinte, se prolonge en aval de l'ELORN.

Il faut souligner que, en période de crue, l'AULNE a un débit environ 10 fois supérieur à celui de l'ELORN. Ceci explique que les eaux dessalées occupent une plus grande superficie en aval de l'AULNE. En comparant les salinités des eaux de l'ANSE DU FRET ($S = 33 \text{ ‰}$) à celles de l'AUBERLAC'H ($S = 19 \text{ ‰}$), on remarque la forte variation latérale - ou gradient latéral - de salinité entre les rives Nord et Sud de la partie orientale de la Rade.

Les variations verticales de la salinité

Sur une radiale qui va de l'entrée du goulet jusqu'à LANDEVENNEC (fig.5) des coupes représentant les mesures de salinité au fond et en surface à des périodes de crue et d'étiage permettent d'établir les gradients verticaux de la salinité (fig. 6 - 7).

04°30

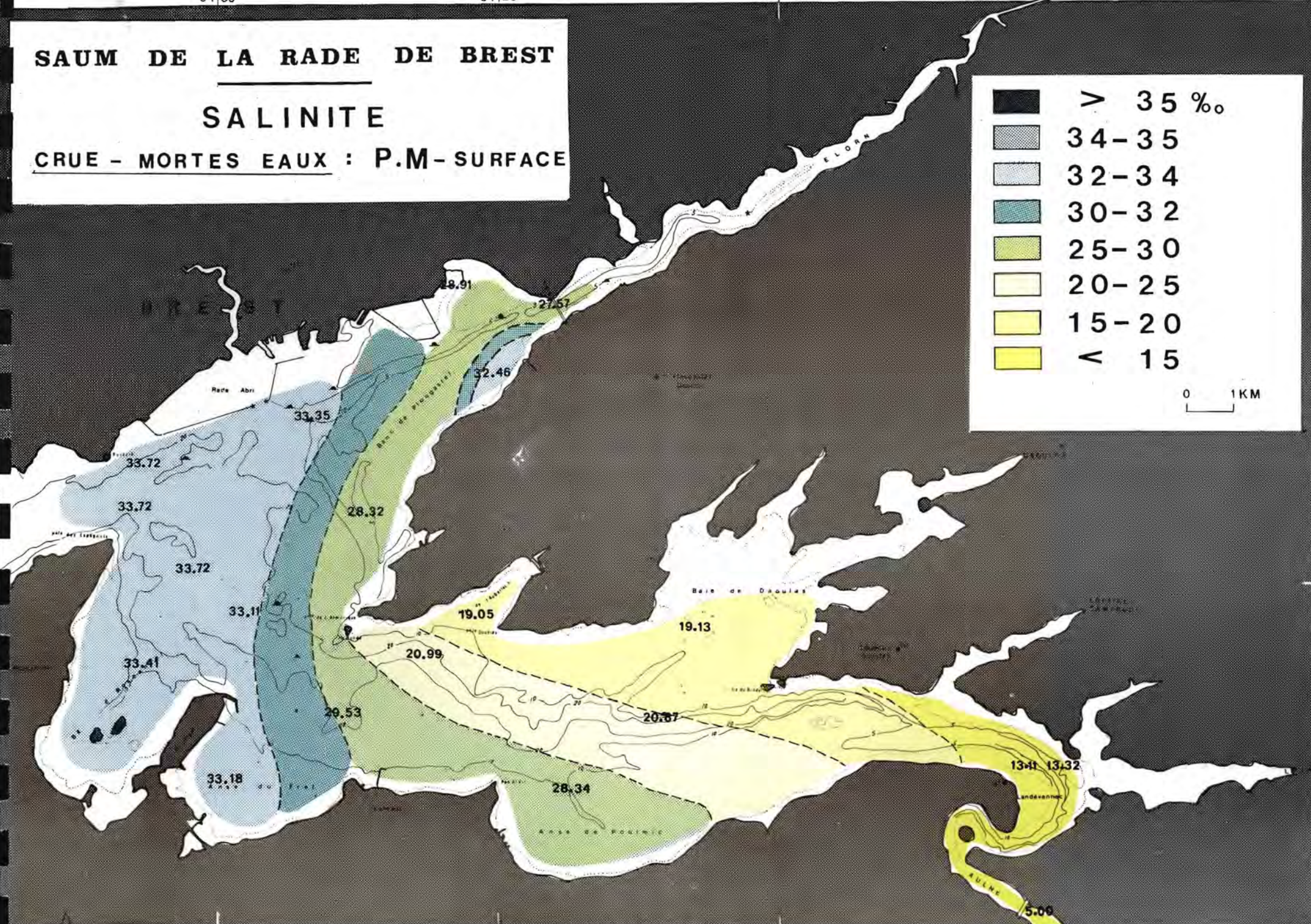
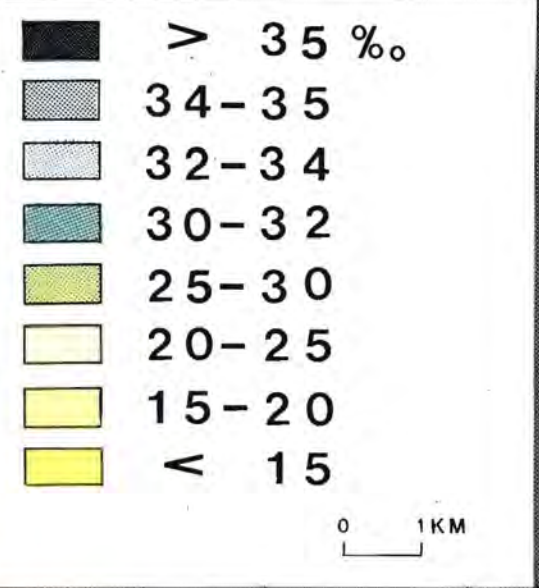
04°25

04°20

SAUM DE LA RADE DE BREST

SALINITE

CRUE - MORTES EAUX : P.M - SURFACE



04°30

04°25

04°20

LONGITUDE OUEST

48°20

LATITUDE NORD

48°25

- Salinité à BM en période de crue des rivières (fig. p. 9).

Les eaux dessalées s'étalent en surface, sur les eaux salées ; cette stratification des eaux est plus forte en ME qu'en VE. Par exemple, en mortes-eaux, au point 12 (au Nord de LANVEOC) on mesure en surface une salinité de 18,60 ‰ contre 33,36 ‰ au fond. La variation de salinité entre la surface et le fond, s'accroît de l'aval vers l'amont : très faible à l'entrée du Goulet (1 ‰), elle atteint 26 ‰ au niveau de TEREZEZ, qui est baigné par une eau presque douce en surface (salinité 4,90 ‰ soit 85 ‰ d'eau douce) tandis que l'eau du fond reste très marine (salinité 31,60 ‰, soit 5 ‰ d'eau douce seulement).

- Salinité à BM en période d'étiage (fig. p. 9)

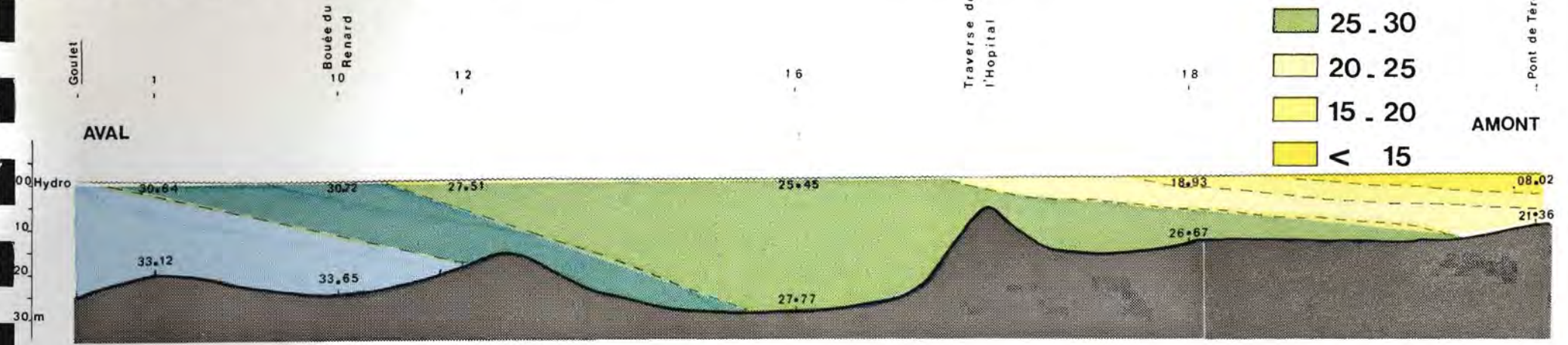
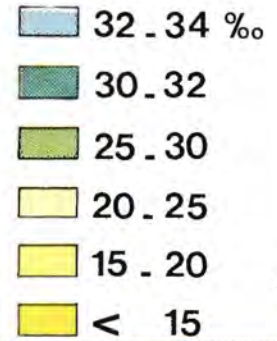
La salinité de l'eau de mer est en cette saison (août et septembre) légèrement supérieure à 35 ‰.

La Rade de BREST a à cette époque, un caractère marin très marqué, et les gradients verticaux de salinité sont très faibles. Cependant en mortes-eaux, et malgré le débit réduit de l'AULNE, il existe encore très en amont (traverse de l'HOPITAL au Sud de LOGONNA DAULAS) une stratification des eaux.

SALINITES A BASSE-MER EN PERIODE DE CRUE

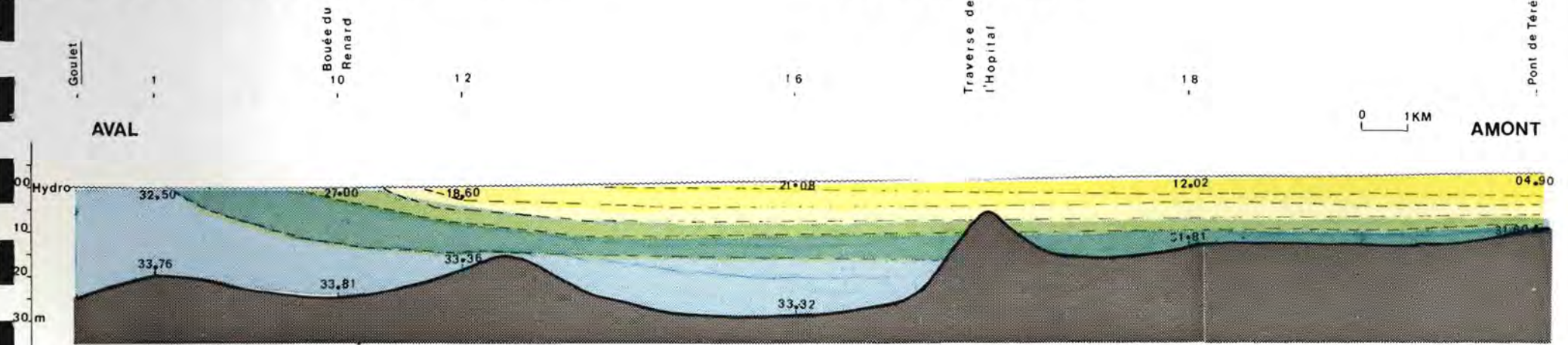
Coupe Longitudinale AULNE (du Goulet à Térénez)

VIVES EAUX



Coupe Longitudinale AULNE (du Goulet à Térénez)

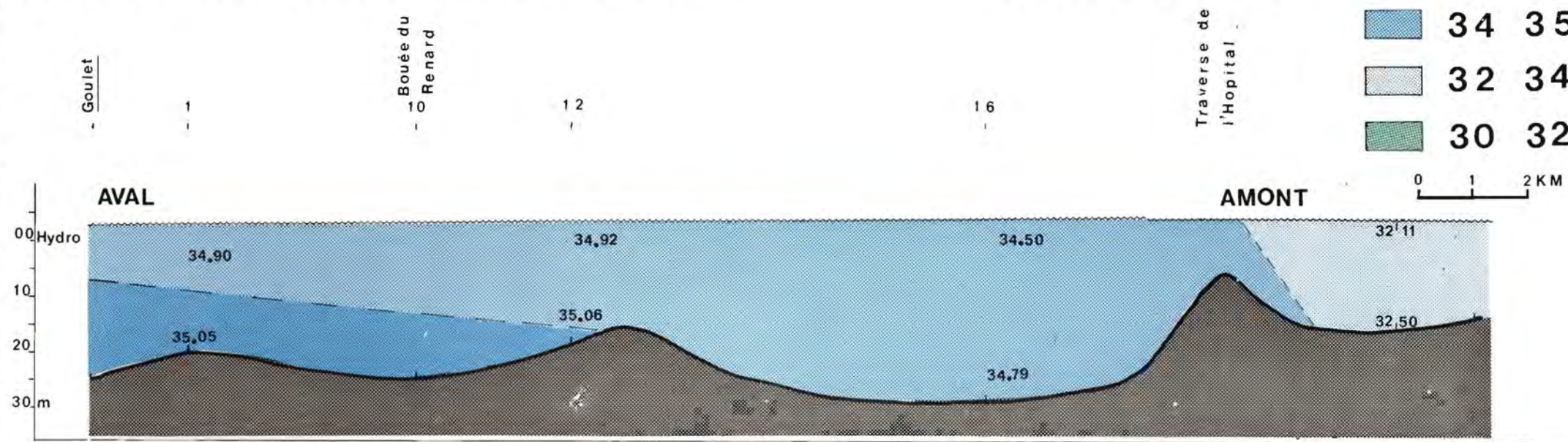
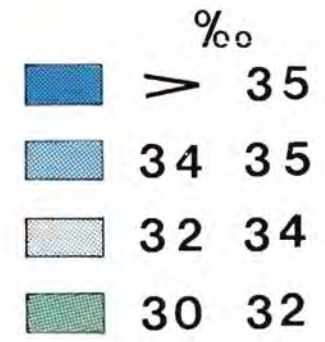
MORTES EAUX



SALINITES A BASSE-MER EN PERIODE D'ETIAGE

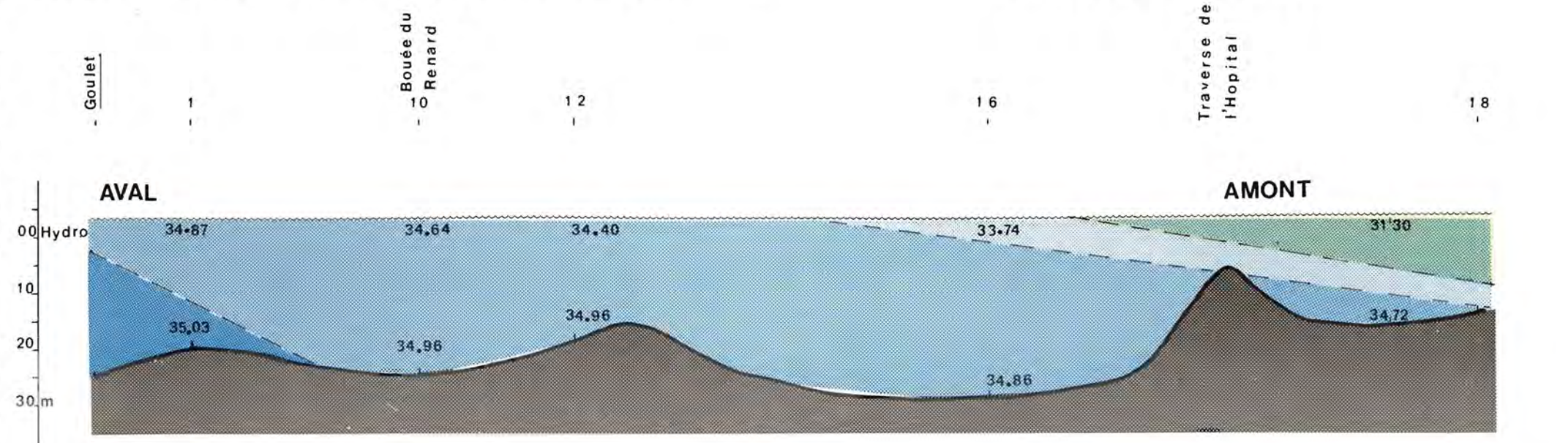
Coupe Longitudinale AULNE (du Goulet à Landevennec)

VIVES EAUX



Coupe Longitudinale AULNE (du Goulet à Landevennec)

MORTES EAUX



III. ETUDE DE LA VARIATION DES COURANTS AU COURS D'UN CYCLE DE MARÉE

Une série de mesures (températures, salinité, matières en suspension, sels nutritifs, vitesse des courants) a été entreprise au cours d'un cycle complet de marée, en période de vives eaux et de crue des rivières (cf. tableau ci-dessus).

| Date | Coefficient de marée | Débit de rivière en m ³ /s | Points de mesure | Météo |
|--------------------|----------------------|---------------------------------------|------------------|--------------------|
| 19 mars 1977 | 91 - 93 | 42,2 | 30 | vent d'Ouest 5 m/s |
| 21 mars 1977 | 94 - 93 | 59,3 | 31-32-33-34 | vent NNE 4,5 m/s |
| 23 mars 1977 | 84 - 80 | 53,2 | 35-36-37 | vent NNE 2 m/s |

Les résultats présentés dans ce rapport préliminaire ne concernent que les courants.

1. LES VITESSES DE COURANTS SUR TOUTE LA TRANCHE D'EAU (fig. 8)

Un point d'observation situé au Sud du Port de Commerce et dans le prolongement du chenal de l'ELORN (point 36 de la figure 2) a été sélectionné à titre d'exemple.

Le courant de jusant est important en surface (il atteint 0,45 m/s) et s'étale sur une durée de 8 heures. La vitesse du courant à mi-profondeur est nettement plus faible (en moyenne : 0,10 m/s) et sa durée se réduit à 6 heures. Le courant de fond dont les vitesses restent très faibles (0,10 m/s) n'agit que pendant 2 heures et demie.

Le courant de flot de surface qui dure 5 heures ne commence que 3/4 d'heure environ après la basse mer. Son maximum est atteint très rapidement. A mi-profondeur, il débute à la basse mer avec des vitesses plus grandes qu'au fond (0,30 m/s - 0,43 m/s) pour une même durée de 5 heures. Au fond, le flot débute 2 heures et demie avant la basse mer avec une intensité relativement faible ($< 0,10$ m/s). Au bout d'une heure et demie, il atteint des valeurs plus élevées (0,15 m/s - 0,20 m/s). Sa durée au fond est supérieure à 8 heures.

Les vitesses du courant de flot au fond et à mi-profondeur sont 2 à 3 fois plus fortes que celles du jusant. Par contre en surface ce sont les vitesses en jusant qui sont les plus fortes, l'ELORN jouant vraisemblablement un rôle dans cette prédominance du jusant en surface.

2. LES VITESSES RESIDUELLES DE COURANTS (fig. 9)

A partir de l'étude de la variation des vitesses de courant, à une profondeur donnée, au cours d'une marée, on peut calculer la quantité d'écoulement vers l'amont (flot) et vers l'aval (jusant). Par soustraction on obtient une quantité d'écoulement dans un sens préférentiel (amont ou aval). Cet écoulement est aussi exprimé par une vitesse résiduelle évaluée en divisant l'écoulement préférentiel par la durée du cycle de marée (12 h 25).

La vitesse résiduelle traduit en fait, le déplacement de l'eau, soustraction faite du mouvement dû à la marée. Les vitesses résiduelles à différentes profondeurs (et au même endroit) ne sont ni toujours dirigées dans le même sens, ni de même valeur.

Dans les zones estuariennes, les vitesses résiduelles au fond sont très souvent orientées vers l'amont, alors qu'en surface, elles sont dirigées vers l'aval.

Cette circulation est très importante en ce qui concerne les rejets. En effet, il est nécessaire de savoir à quel niveau les effectuer afin de les évacuer. La figure 10 montre schématiquement comment transite un rejet dans une zone dite stratifiée (vitesses résiduelles de sens opposé en surface et au fond).

- Le rejet au fond : il y a transit vers l'amont.
- Le rejet en surface : il y a transit vers l'aval.

Les mesures faites en Rade de BREST pendant le mois de mars en vives eaux et en période de décrue des rivières, montrent à cette époque une circulation typiquement estuarienne (fig. 11). Seul le centre de la Rade est homogène, c'est-à-dire que de la surface au fond, le mouvement de la masse d'eau se fait dans le même sens. En dehors de cette zone, il existe une différence d'écoulement entre la surface et le fond et ceci jusqu'à des points situés très en amont, puisqu'il faut aller à plus de 9 km en amont de TERENEZ à LANVIAN, pour retrouver une circulation homogène vers l'aval.

IV. LE MOUVEMENT DES MASSES D'EAU DANS LA RADE DE BREST

Par interpolation des résultats de courantologie disponibles, une représentation numérique des courants de surface a été réalisée heure par heure, dans des conditions de vives eaux (coefficient : 95), en période d'étiage des rivières et exclusion faite de l'influence des vents.

A titre d'exemple, la figure 12 montre le champ de courant à mi-flot : le flot pénètre dans la Rade en alimentant préférentiellement le centre et la partie orientale de la Rade, alors que le Nord reste plutôt à l'écart du courant principal ainsi que les baies (LE FRET, POULMIC, etc.). Une zone de courants giratoires -ou vortex- caractérise la circulation du centre Rade.

1. VERIFICATION DU "MODELE" PAR UN SUIVI DE FLOTTEURS

Des flotteurs dérivants ont été lâchés pendant une période d'étiage et à une marée de vives eaux (cf. tableau ci-dessous) c'est-à-dire dans des conditions comparables à celles considérées pour établir le modèle numérique. Ces flotteurs ont été suivis et positionnés toutes les heures, parfois toutes les demi-heures.

| Date | Coefficient de marée | Mesure de départ | Point de départ | Durée des suivis | Météo |
|---------------|----------------------|-----------------------------|--|------------------|-------------------|
| 31 mai 1977 | 87 - 92 | de 1 h avant à 1 h après BM | 200 m au Sud de la Rade abri | 6 à 7 h | Vent N.E. |
| 1er juin 1977 | 97 - 100 | de PM à BM ttes les heures | Zone du CARO | 11 à 12 h | 5 à 7 m/s |
| 2 juin 1977 | 103 - 104 | de PM à 2 h après PM | Pont A. LOUPPE | 5 h 00 | mer calme à belle |
| 5 juin 1977 | 104 - 103 | de PM à 2 h après PM | traverse de l'hôpital (Sud de Logonna-Daoulas) | 7 à 8 h | |

Deux comparaisons de trajectoires sont données à titre d'exemple (fig. 13) :

- Départ du Pont A. LOUPPE à PM : on constate la ressemblance des deux trajectoires -calculées et mesurées-. La vitesse du flotteur est légèrement supérieure à la vitesse calculée, vraisemblablement à cause du vent.
- Départ au Sud de la Rade de BREST à BM : les trajectoires sont également voisines en vitesse et en direction. On observe qu'une particule issue du Port de Commerce à BM arrive 5 h après dans la partie Est de la Rade.

Il est intéressant de noter la nature des mouvements d'eau entre la partie Nord et l'Est de la Rade : des eaux issues de l'ELORN ou de la zone portuaire mettent respectivement 12 h ou 6 h pour arriver dans la région LANVEOC - AUBERLACH.

Différentes études de trajectoires montrent que la limite d'atteinte, au cours d'une marée, par des particules d'eau issues de la partie Nord (ELORN et zone portuaire) se situe entre PEN AR VIR et la Pointe de DOUBIDY. Il s'agit là de la limite d'influence des eaux issues de la région industrielle et urbaine du Nord de la Rade au bout d'un cycle de marée (12 h 25).

2. DETERMINATION DE ZONES SUSCEPTIBLES D'ETRE ATTEINTES PAR DES REJETS PONCTUELS (fig. 14)

Les deux exemples présentés matérialisent deux rejets ponctuels continus en deux endroits différents de la Rade (le premier au niveau de la zone portuaire, le second dans la Baie de DAOULAS), pour une période de vives eaux.

Les zones atteintes par ces rejets ont été calculées pour des temps de 1 h, 3 h et 6 heures en tenant compte des phénomènes d'advection (mouvements de masses d'eau liés aux courants) à l'exclusion des phénomènes de diffusion.

Un rejet situé au niveau de la passe Est du Port de Commerce s'étendrait assez largement (dans les calculs, n'apparaissent pas les extensions récentes du Port qui peuvent jouer un rôle de déflecteur sur les courants) : on constate qu'il pourrait éventuellement atteindre la rive Ouest de la Presqu'île de PLOUGATEL au bout de 6 heures.

Un rejet au Sud de la Baie de DAOULAS stationne le long de la côte Sud de la Presqu'île de PLOUGASTEL. Les zones de LANVEOC, PEN AR VIR, POULMIC sont épargnées les six premières heures, par contre toute la Baie de DAOULAS est atteinte.

3. INFLUENCE DU VENT SUR LES DEPLACEMENTS DE SURFACE (fig. 15)

Pour mesurer l'importance de l'influence du vent sur les déplacements de surface, une simulation numérique de rejet d'hydrocarbures a été réalisée à partir de 2 points : l'un à l'entrée du Goulet, l'autre devant la passe Sud du Port de Commerce.

Les trajectoires ont été calculées avec et sans vent. Le vent pris en compte ici soufflait de l'Ouest-Nord-Ouest à la vitesse de 35 noeuds.

L'entrée du Goulet : sans vent le flot déplace les hydrocarbures au niveau de LANVEOC, alors que le vent les fait pénétrer très profondément dans la partie orientale de la Rade.

Au niveau de la passe Sud : sans vent les hydrocarbures cheminent vers le Sud, alors que le vent les pousse vers la rive Ouest de la Presqu'île de PLOUGASTEL.