

04°30

04°25

04°20

LANDFRANCAU

SAUM DE LA RADE DE BREST

DIRECTION DEPARTEMENTALE
de l'EQUIPEMENT du FINISTERE

POMMEPUY

RAPPORT PRELIMINAIRE

à la Sous-Commission
ENVIRONNEMENT
CADRE DE VIE

C.N.E.X.O-C.O.B
JUN 1978



B R E S T

Rade de Brest

Rade de Douar

Rade de Douar

Rade de l'Armel

Rade de Pomic

04°30

04°25

LONGITUDE OUEST

04°20

48°25

LATITUDE NORD

48°20

48°15

DOSSIER "ENVIRONNEMENT - CADRE DE VIE"

S O M M A I R E

PREMIERE PARTIE : LE MILIEU MARIN (CNEXO)

I) LES FAITS

- A) Les activités des bassins versants influent sur la qualité de l'eau 1
- Origine des éléments, influence des activités, zonage par les sels nutritifs et les peuplements benthiques
- B) Les courants de la Rade répartissent les apports des bassins versants 12
- Temps d'évacuation, stratification, vortex central, zonage hydrologique

II) LES PROBLEMES

- A) Etat actuel et évolution des impacts 24
- Sels nutritifs, bactéries, métaux lourds, matières organiques, organochlorés, hydrocarbures
- B) Tableau récapitulatif 40

III) SOLUTIONS PRECONISEES

- A) Solution générale : zonage des activités 41
- Rappel des notions et conséquences
- B) Recommandations pratiques 43
- Etablissement d'un schéma d'assainissement global
- Prise en compte des facteurs naturels

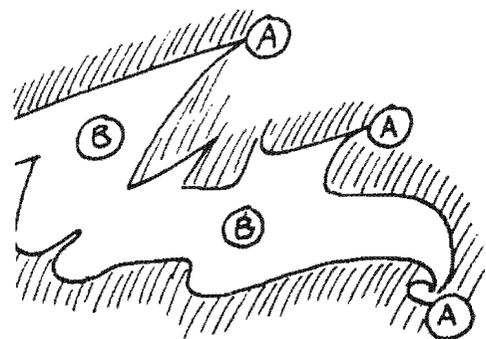
I) - L E S F A I T S

A) LES ACTIVITES DES BASSINS VERSANTS INFLUENT SUR LA QUALITÉ DE L'EAU

GENERALITES

L'agriculture, l'industrie et les agglomérations rejettent dans la Rade de Brest, soit directement, soit par l'intermédiaire des rivières, des quantités appréciables d'éléments minéraux ou organiques qui influent sur le milieu de manière bénéfique ou nuisible, selon le degré de modification des paramètres physico-chimiques du milieu naturel.

Les eaux côtières, en milieu ouvert ou semi-fermé, portent rarement de manière permanente les marques de la présence de ces éléments perturbateurs, à cause des modifications incessantes imposées au milieu liquide par les mouvements des courants généraux, des courants de marées et des courants fluviaux, vecteurs eux-mêmes journellement changeants sous l'effet des lunaisons, des précipitations et des vents ; d'où l'insuffisance des mesures ponctuelles et la nécessité de mener des campagnes d'observations comprenant à la fois :

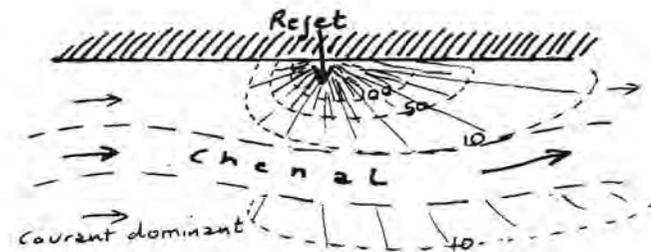
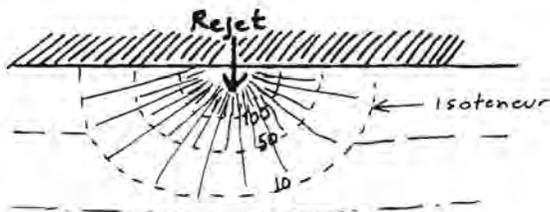


- des mesures (A) au débouché des principales rivières permettant d'apprécier le volume et la variabilité des apports.
- des mesures (B) sur le plan d'eau récepteur lui-même (baie, rade) effectuées à la même époque que les mesures (A) de manière à observer l'intensité et l'étendue de l'impact dû à ces apports.

Il convient d'étendre la campagne à un cycle annuel au cours duquel le plus grand nombre possible de conditions (crue, étiage, vives eaux, mortes eaux) seront étudiées pour, notamment, découvrir des effets cumulatifs ou à retardement (accumulation, consommation, temps de réaction du milieu récepteur).

D'autre part, les sédiments sous-jacents et les organismes qui les peuplent se révèlent, en ce qui concerne les éléments rémanents, des témoins fidèles des conditions moyennes régnant dans les eaux qui les baignent, avec toutefois des anomalies de répartition introduites par la dynamique locale qui, ici favorise, et là contrarie les dépôts.

Ainsi, un point d'émission donné de métaux lourds produit des auréoles d'isoteneurs concentriques seulement dans le cas d'un rejet dans un plan d'eau abrité et dépourvu de courant. Dans la réalité, les auréoles s'étirent dans le sens des courants dominants et les maxima correspondent aux bancs et, en général, aux zones d'accumulation de vases puisque les polluants sont souvent adsorbés sur les argiles en suspension et sédimentées.



Enfin, les organismes qui se reproduisent et se développent dans le milieu considéré (eau et sédiment) peuvent apporter une information supplémentaire sur les conditions habituelles qui y règnent. L'analyse de la chair des coquillages est couramment pratiquée dans le cadre des contrôles de salubrité bactérienne; la recherche des traces de métaux, d'hydrocarbures, etc., est souvent menée de pair avec l'analyse de l'eau et du sédiment. Les organismes vivant dans le sédiment se comportent donc comme des intégrateurs de la qualité du milieu ambiant.

I) D'OU VIENNENT LES ELEMENTS QUI AGISSENT SUR LE MILIEU MARIN ?

L'origine des éléments telluriques n'est pas toujours facile à déterminer. Pourtant, cette détermination s'impose quand il s'avère nécessaire de maintenir ou de ramener leur teneur dans les cours d'eaux et dans les eaux côtières à des niveaux compatibles avec les activités qui s'y déroulent ou y sont prévues.

- Jusqu'à présent, une plus grande attention a été portée aux sources industrielles et urbaines par rapport aux sources agricoles ; d'abord, parce que la concentration des centres urbains a posé des problèmes aigus qu'il n'a pas été possible d'esquiver, ensuite parce que la plupart des éléments apportés par les cultures et surtout les déchets animaux ne sont pas spécifiques à ces activités et dès lors, difficiles à distinguer de ceux provenant des hommes (matières organiques, phosphore, composés azotés, bactéries). L'étude des apports en sels nutritifs (azote et phosphore) à la Rade de Brest a surtout permis, en levant ces incertitudes, de montrer sur quelle activité et à quel endroit agir, pour maintenir les teneurs à des niveaux acceptables. Par contre, il est relativement plus simple de retrouver l'origine d'un élément lorsqu'il s'agit de composés chimiques bien connus tels que certains métaux lourds, les hydrocarbures et les pesticides.

- Aujourd'hui nous disposons de données suffisantes pour nous permettre de chiffrer approximativement l'apport absolu de chaque domaine d'activité en éléments non spécifiques (matière organique, sels nutritifs) et donc d'apprécier leur influence relative.
Nous avons également une meilleure idée du degré de permanence et d'intensité de l'impact dû à chaque activité ; c'est ainsi que l'on peut considérer les apports agricoles en sels nutritifs comme saisonniers, et les apports dus à l'élevage, aux agglomérations et aux industries comme relativement constants.

II) L'INFLUENCE DES ACTIVITES

Un rapide bilan des sources d'apports dans la Rade de Brest montre comment les différentes activités influent sur la qualité du milieu marin.

1) L'agriculture

Les déchets végétaux et surtout animaux se caractérisent par une très grande abondance en matières organiques et sont le véhicule de nombreux micro-organismes. Les quantités qui parviennent aux plans d'eaux ne peuvent être actuellement évaluées qu'approximativement ; il faut savoir que la part du bétail des bassins versants (315.000 bovins et 360.000 porcins en 1977) dans une évaluation des apports en matières oxydables (comprenant principalement les matières organiques) représenterait quelques 3.500.000 équivalents/habitants, comparés aux 600.000 comptés au titre de l'industrie et de la population réelle (347.000 habitants en 1975).

Une partie des 370.000 tonnes d'engrais (produit brut) épanchées en 1977 sur les 172.000 hectares de surface agricole utilisée que comportent les bassins de la Rade s'ajoute aux apports dus à l'élevage pour constituer 70 % de l'apport total azoté à la Rade et 40 % de l'apport phosphoré (données calculées).

De nombreux produits utilisés en agriculture pour lutter contre les parasites animaux et végétaux peuvent se retrouver sous forme de résidus dans les eaux courantes : il s'agit des pesticides (insecticides tels que lindane, DDT, heptachlore, et herbicides (2.4.D., Linuron, etc...)). Les études menées sur les bassins versants contigus à ceux de la Rade (SRAE, 1977) ont montré que les concentrations dans les eaux des rivières restent pour l'instant faibles.

L'appréciation des apports à la Rade en provenance des activités agricoles n'en est qu'à ses débuts, et mérite une plus grande attention ; il s'agit en effet d'une influence généralisée, avec une prédominance marquée dans le bassin de l'Aulne, et par voie de conséquence les eaux de la partie Sud de la Rade. Cette influence se traduit surtout par les niveaux et les variations des teneurs en sels nutritifs (cf. p.25).

2) L'industrie

Les activités industrielles des bassins versants de la Rade de Brest peuvent se diviser en deux groupes principaux en fonction de leurs effets :

- L'agro-alimentaire (laiteries, fabriques d'engrais et aliments, abattoirs, brasseries) est gros producteur de sels nutritifs et de matières organiques qui impliquent une forte activité bactérienne et une diminution des teneurs en oxygène dissous dans le milieu récepteur.
 Dans le bassin de l'Aulne, l'activité est répartie en trois foyers : Carhaix, Chateauneuf et Chateaulin-Port-Launay.
 Dans le bassin de l'Elorn existent deux foyers : l'un à Landivisiau-Lampaul, l'autre à Landerneau.
 Compte tenu de la capacité d'auto-épuration des cours d'eaux, les foyers industriels proches (Chateaulin, Landerneau, Le Faou et Brest) influent beaucoup plus nettement sur les eaux de la Rade que les foyers éloignés. Les zones plus particulièrement concernées sont les parties amont des estuaires (Elorn, rivière du Faou, Aulne).
- La mécanique et la chimie (construction et réparation navale, électricité, électronique) rejettent principalement des déchets contenant des métaux (cuivre, zinc, plomb, nickel, chrome) partiellement entraînés en solution et adsorbés sur les particules en suspension, dans les eaux de la Penfeld, du Port de Commerce et de l'Elorn.

Des résidus de produits chimiques tels que le trichloréthylène ou les composés de polychlorobiphenyles (= P.C.B.) employés comme solvants et agents diélectriques ou fluides caloporteurs, des cyanures (traitement de surface, nettoyage des métaux) peuvent se retrouver dans les mêmes eaux.

L'Arsenal de Brest (D.C.A.N.) constitue la principale entreprise de la Rade : à cette source ancienne s'est ajoutée l'activité de réparation navale dont le développement se poursuit avec la création d'un nouveau bassin de radoub pouvant recevoir des navires de 550.000 tonnes, dont la mise en service est prévue en 1980.

3) Les agglomérations

Le type d'apport en provenance des agglomérations est peu différent de celui des industries : matières organiques, sels nutritifs, (azote, surtout sous forme ammoniacale, phosphore, sous forme d'orthophosphates contenus dans les détergents), métaux lourds (provenant du ruissellement sur les chaussées), P.C.B., hydrocarbures et dérivés gazeux atmosphériques contenus dans les eaux de pluies.

De manière générale, l'impact d'une agglomération sur le milieu aquatique est très net à cause de l'absence de rétention et d'épuration par les sols : les averses entraînent de grandes quantités de boues très chargées, stockées dans les caniveaux, conduites et fossés en saison sèche, et peuvent ainsi provoquer une augmentation subite des teneurs dans les plans d'eaux récepteurs.

En résumé, on peut dire que les activités influent sur le milieu liquide de différentes façons :

- soit par des rejets directs liés à l'activité elle-même, rejets plus ou moins épurés,
- soit par les pluies qui rabattent les émissions atmosphériques,
- soit par ruissellement de surface,
- soit enfin indirectement par l'homme exerçant cette activité et ses propres moyens de transport.

Les études déjà menées permettent de préciser l'empreinte de ces influences sur les milieux de la Rade de Brest en examinant successivement :

- l'influence globale des activités :
 - . d'abord sur les eaux (zonage par les sels nutritifs),
 - . ensuite sur les peuplements benthiques (zonage par les indices de diversité),
- l'état actuel et l'importance des impacts dans la Rade dus aux différents éléments (monographies des polluants).

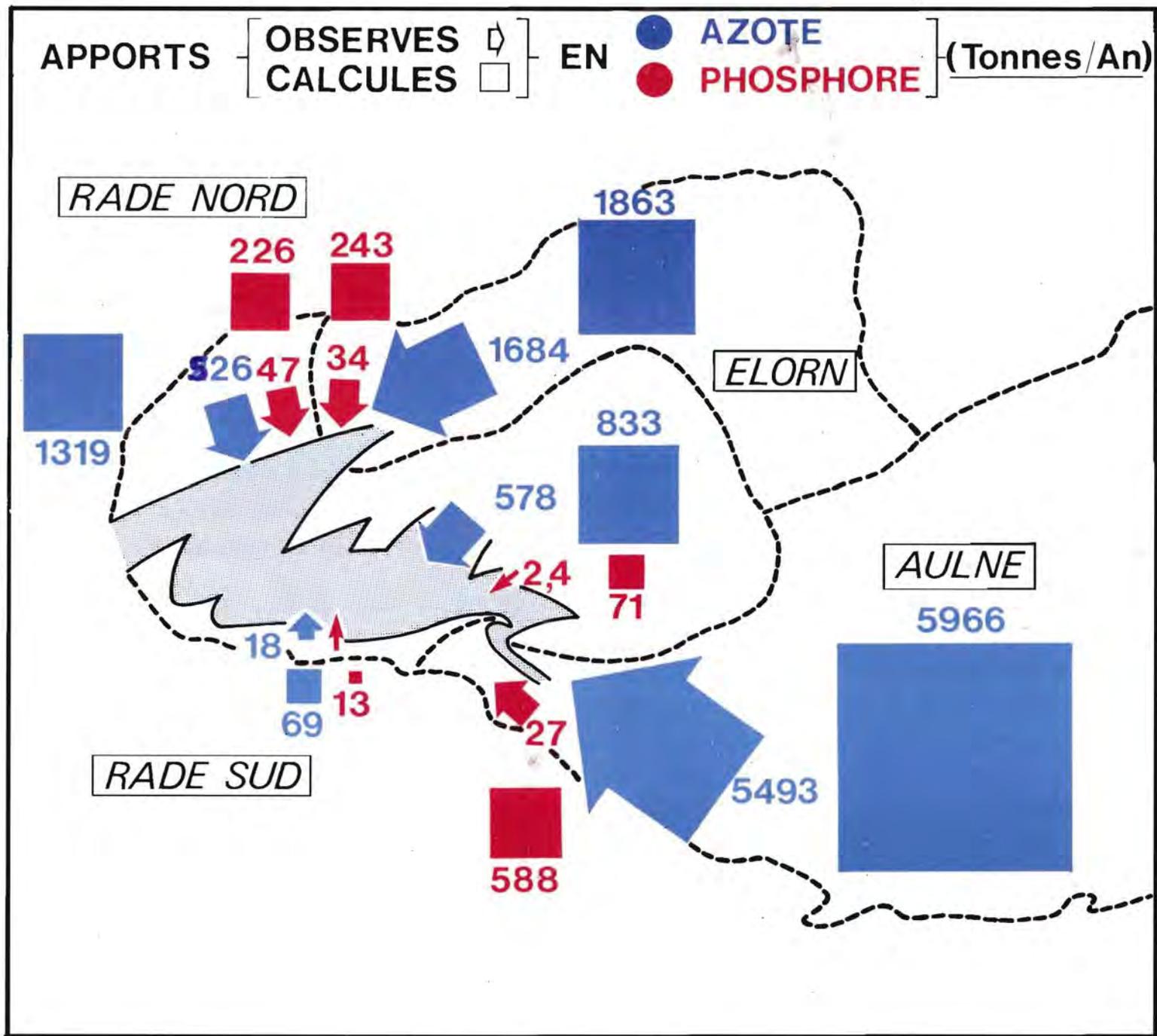
III) LES SELS NUTRITIFS MARQUEURS DES ACTIVITES HUMAINES (PERIODE DE CRUE)

Les rapports d'abondance entre phosphates et silicates, pour les différents points étudiés en Rade de Brest, entraînent une distribution des points en Y (figure ci-contre). Dans l'ensemble, les points de la zone Nord (Penfeld - Elorn) sont alignés sur une droite de pente plus faible que ceux de la zone Sud-Est.

Le rapport entre ces deux éléments nutritifs permet donc de distinguer dans les eaux de la Rade de Brest deux systèmes différents. L'un sous l'influence des eaux douces en provenance du Nord de la Rade, l'autre dépendant des eaux douces de la région Sud-Est. Cette analyse permet de caractériser les masses d'eaux de surface à un instant donné et de les localiser géographiquement. On s'aperçoit alors que, dans les conditions où ont été faites les mesures, nous mettons en évidence trois masses d'eau principales :

- l'eau de "type Nord" qui provient des bassins versants du Nord de la Rade de Brest et qui s'écoule dans la Rade par l'intermédiaire de deux rivières principales ; l'Elorn et la Penfeld. L'eau de cette région se distingue grâce à une teneur en phosphates élevée, car elle subit l'influence de rejets de type urbain. La zone influencée par l'eau de "type Nord" peut atteindre le Sud de la Pointe d'Armorique.

BASSINS VERSANTS DE LA RADE DE BREST



- L'eau de type Sud qui provient des bassins versants de l'Est de la Rade de Brest (Aulne principalement), baigne l'ensemble de l'estuaire de l'Aulne, et se caractérise par des teneurs en orthophosphates plus faibles, par rapport aux silicates. Ceci reflète le caractère plus agricole des apports fluviaux. En Baie de Daoulas, elle semble se mélanger à de l'eau dont les caractéristiques seraient plus proches de celles de l'eau de type Nord ; l'extension de l'eau de type Sud vers l'Ouest peut atteindre la ligne Ile-Longue - Pointe d'Armorique,
- L'eau côtière baigne essentiellement la partie Ouest de la Rade et se distingue bien dans les Anses de Roscanvel et du Fret. Cette eau a pour caractéristiques des teneurs faibles en phosphates et silicates.

Au centre de la Rade, on observe la formation d'une eau issue du mélange entre les 3 types d'eaux précédemment décrits.

Une zonation dans la Rade qui tient compte de l'influence respective des différents types d'eaux présents à un moment donné, peut être esquissée.

- la région Ouest de la Rade(Entrée du Goulet, Anse de Roscanvel, Anse du Fret),est baignée par de l'eau "côtière" de salinité assez élevée,
- la branche Est, matérialisée par l'estuaire de l'Aulne, subit l'influence de l'eau de type Sud. L'analyse des débits a montré que l'Aulne possède un régime hydraulique très variable. On pourra donc s'attendre dans cette zone à des variations assez brusques de salinité, de nitrates, phosphates et silicates. La plus forte concentration de l'eau douce sur la rive droite confèrera à l'Anse de l'Auberlach un caractère estuarien plus marqué, par opposition à l'Anse du Fret, qui lui fait face, et dont le caractère marin est plus prononcé,

04°30

04°25

04°20

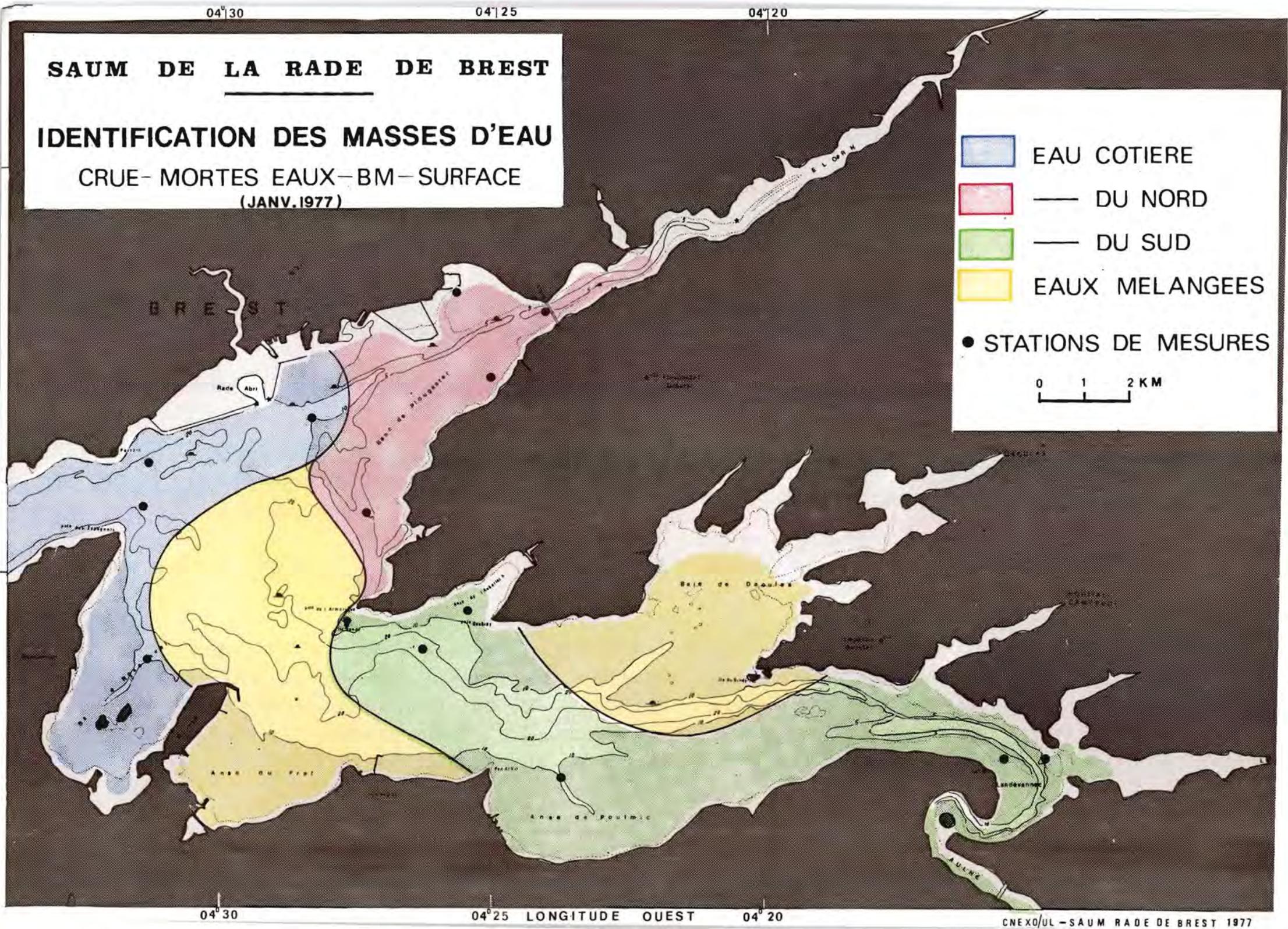
SAUM DE LA RADE DE BREST

IDENTIFICATION DES MASSES D'EAU

CRUE- MORTES EAUX-BM-SURFACE
(JANV. 1977)

- EAU COTIERE
- DU NORD
- DU SUD
- EAUX MELANGEES
- STATIONS DE MESURES

0 1 2 KM



04°30

04°25

LONGITUDE OUEST

04°20

- la Baie de Daoulas est une zone où les caractéristiques chimiques sont mal définies. Le débit des rivières qui s'écoulent dans la Baie est trop faible pour individualiser de façon précise les masses d'eaux en présence. Bien que l'influence de l'écoulement de l'Aulne soit prédominante au cours de la basse mer, on peut y déceler des apports de type urbain (notamment des teneurs en phosphates plus élevées) dans l'eau douce, qui confèrent à cette région un caractère se rapprochant plus du type "eaux du Nord",
- enfin le centre de la Rade de Brest est une zone de mélange des trois types d'eaux précédemment définis.

Il est bon de signaler qu'en période de vive eau (février 1977), nous n'obtenons pas de résultats aussi caractérisés qu'en période de morte eau car les arrivées d'eau douce sont moins importantes qu'au mois de janvier. La méthode décrite ci-dessus ne s'applique donc qu'à des situations hydrologiques hivernales. Pour déterminer l'influence des différents types d'eaux en période d'été, il faudra vraisemblablement utiliser un traceur chimique plus spécifique (par exemple un traceur lié à une activité donnée). Nous constaterons, ci-après, la bonne concordance entre les limites des zones Nord et Sud, déterminées par l'étude hydrologique et courantologique, et celles issues de la présente étude des sels nutritifs.

IV) L'INFLUENCE GLOBALE DES ACTIVITES SUR LES PEUPEMENTS BENTHIQUES (1)

Les peuplements benthiques, c'est-à-dire ceux qui vivent sur ou dans les sédiments sont composante essentielle de l'écosystème marin. L'examen du biotype benthique comme indicateur d'un changement dans les paramètres de l'environnement dû à des activités industrielles, urbaines ou agricoles, est couramment effectué dans le monde entier.

L'utilisation de l'indice de diversité spécifique (H) permet d'étudier la structure des populations et de mettre en évidence, selon la valeur de cet indice, des modifications intervenues au sein des peuplements d'organismes vivants, et d'apprécier ainsi globalement l'influence des activités sur ces peuplements. Si la qualité du milieu n'est pas satisfaisante pour les espèces présentes, la valeur de l'indice de diversité tend à devenir inférieure à celle que l'on obtient pour des régions voisines non affectées.

La figure ci-contre illustre les variations spatiales de l'indice de diversité pour certaines zones étudiées en Rade de Brest.

L'indice de diversité (H) est élevé dans le peuplement type des sables vaseux (Chenal du Port, Landévennec, Auberlac'h, Caro, où H est compris entre 3,2 et 3,3). Ceci se traduit par le nombre important d'espèces inventoriées. Cet indice de diversité chute brusquement dans les secteurs peu profonds de la partie Nord de la Rade (stations du Port de Commerce, Moulin-Blanc et Anse de Camfrou, où H est compris entre 1,3 et 1,9). Cette décroissance indique la réduction du nombre d'espèces, la plupart de celles existant dans le peuplement type ne s'étant pas adaptées aux conditions présentes, ce qui accentue la particularité de ce faciès par rapport au peuplement classique.

(1) GUILLOU M. (U.B.O./I.E.M.).

04°30

04°25

04°20

LANDFRANZAU

SAUM DE LA RADE DE BREST

VARIATION DE L'INDICE DE DIVERSITE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES

d'après M. GUILLOU - I.E.M./U.B.O - 1977

INDICE DE DIVERSITE
AVRIL 1977

PEUPEMENT...

TRES ALTERE		$H < 1$
LEGEREMENT ALTERE		$1 < H < 2$
NORMAL		$H > 2$

0 1 2 KM



Dans les peuplements les plus proches des formes de radoub, la diversité spécifique s'effondre ($H = 0,3$). Seules quatre espèces ont été inventoriées à cette station où l'on dénombre 5.000 *Chaetozoa* (ver marin) par m². Ce faible indice de diversité témoigne d'un impact industriel important.

Un déséquilibre identique apparaît également aux environs du Corbeau, où un nombre d'espèces plus important accroît la valeur de H ($H = 1,3$). Dans les stations de la Baie de Daoulas, H est relativement élevé, malgré un déséquilibre du peuplement type des vases sableuses confirmé par l'hétérogénéité du faciès et la prédominance d'*Audouinia tentaculata*.

La présence de plusieurs espèces vasicoles et mixticoles^x confère cependant un indice H de 2,6. Cet indice croît dans les stations au sein desquelles aucune espèce ne se détache vraiment.

Deux régions s'individualisent donc en Rade de Brest. Une région Nord, où l'on observe le plus généralement un indice inférieur à 2, et une région Sud et Sud-Est où dominant les zones où l'indice de diversité est supérieur à 2.

Sans pouvoir imputer avec certitude et exclusivement à des facteurs polluants les déséquilibres observés (mis à part les environs de la cale de radoub), on constate cependant que la plupart des zones à indice de diversité bas sont associées géographiquement à des secteurs urbains et industriels de grande activité.

^x Espèce vasicole : qui vit dans la vase

 Espèce mixticole : qui vit dans les graviers hétérogènes.

B) LES COURANTS DE LA RADE RÉPARTISSENT LES APPORTS DES BASSINS VERSANTS

INTRODUCTION

Le degré et la répartition de l'impact des activités sur la qualité du milieu sont avant tout liés aux mouvements de l'eau et des suspensions qui assurent le transport des polluants. Ce transport est régi par les mécanismes hydrodynamiques qui sont :

- l'advection (mouvement de l'eau),
- la dilution (phénomènes de mélange),
- la sédimentation.

La Rade de Brest présentant à la fois les caractéristiques d'un estuaire et d'une baie côtière, cela a nécessité l'étude :

- des apports d'eau fluviale, leur stockage et leur temps d'évacuation,
- de la stratification des eaux et des mélanges surface-fond,
- du mouvement de l'eau,
- de la zonation hydrologique de la Rade.

Les principales conclusions relatives à ces phénomènes sont exposées ci-après.

DEBITS MOYENS MENSUELS SUR LA PERIODE 1965-1975

Débits
(m³/s)

100

50

0

A S O N D J F M A M J J

- COMPARAISON DES REGIMES HYDROLOGIQUES
DE L'AULNE ET DE L'ELORN -

Total
Aulne (Chateaulin)
Elorn (Landerneau)

I) LE TEMPS D'EVACUATION DES EAUX FLUVIALES ET DES APPORTS DES BASSINS VERSANTS VARIE SAISONNIEREMENT EN FONCTION DES DEBITS FLUVIAUX

Les grands traits de l'hydrologie des rivières de la Rade de Brest sont les suivants :

le débit des rivières de la Rade varie selon les saisons ; il est fonction de la pluviosité sur les bassins versants qui entraîne un régime saisonnier de crue et d'étiage.

la période de crue : durant l'hiver, pendant trois à quatre mois, le débit des rivières est élevé : le débit moyen mensuel total est alors supérieur à 50 m³/s. L'Aulne représente à elle seule plus des 2/3 des apports ; le reste provient de l'Elorn, de la Penfeld, des débits des rivières des Bassins Intermédiaires et de la pluie. Durant cette période, le débit instantané peut croître brusquement pour atteindre des valeurs supérieures à 200 m³/s (jusqu'à 350 m³/s). La crue ne se maintient généralement que quelques jours ; c'est cependant suffisant pour faire entrer en Rade d'importants volumes d'eau douce,

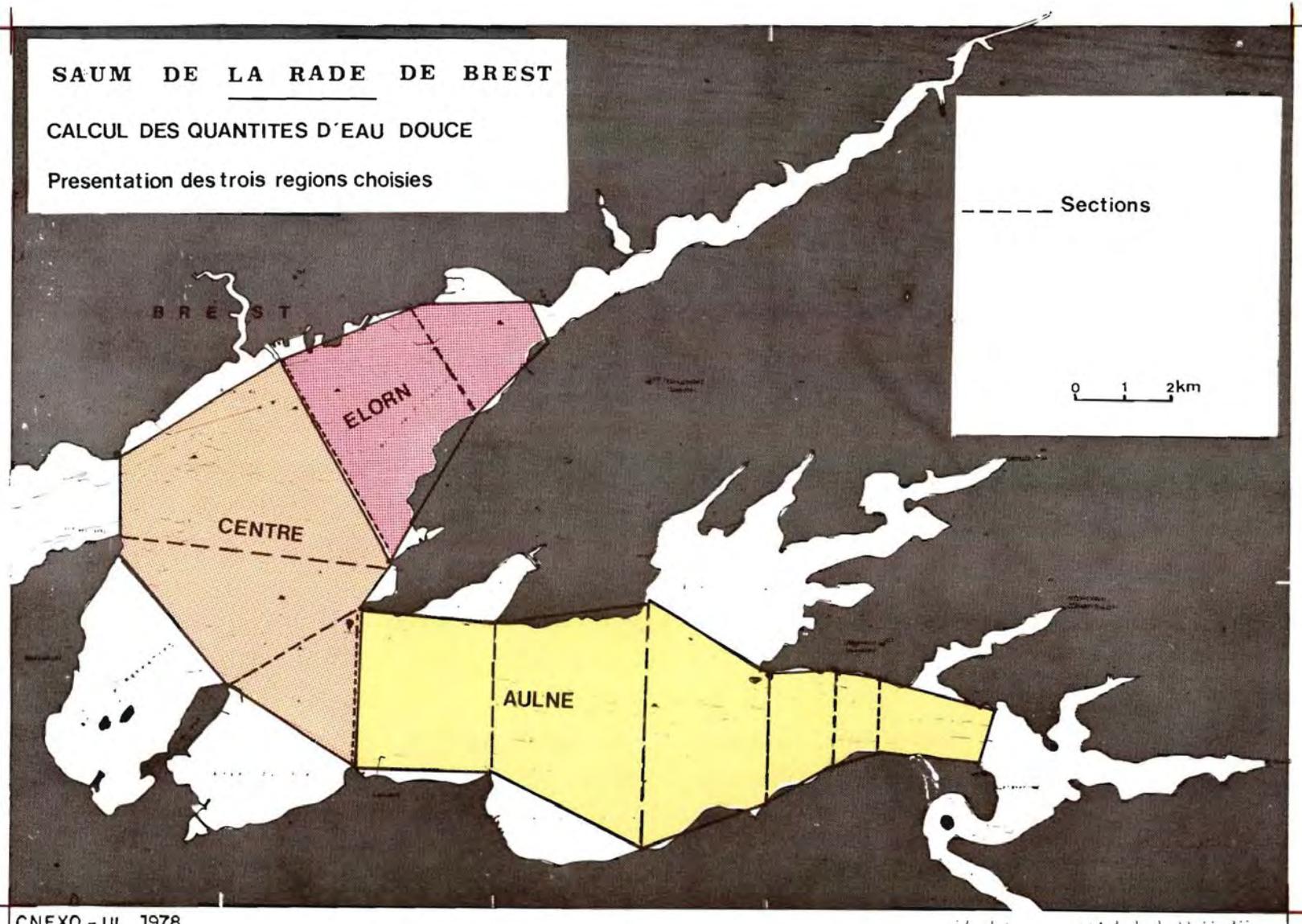
la période d'étiage : en moyenne, les débits mensuels totaux sont plus limités (20 à 30 m³/s) et peuvent descendre à 5 ou 10 m³/s l'été,

le régime des rivières influe sur la quantité d'eau douce que l'on trouve en Rade et provoque des variations saisonnières de salinité, plus ou moins importantes selon les régions.

SAUM DE LA RADE DE BREST

CALCUL DES QUANTITES D'EAU DOUCE

Presentation des trois regions choisies



Les études montrent que les eaux de surface et du fond réagissent différemment vis à vis du régime fluvial :

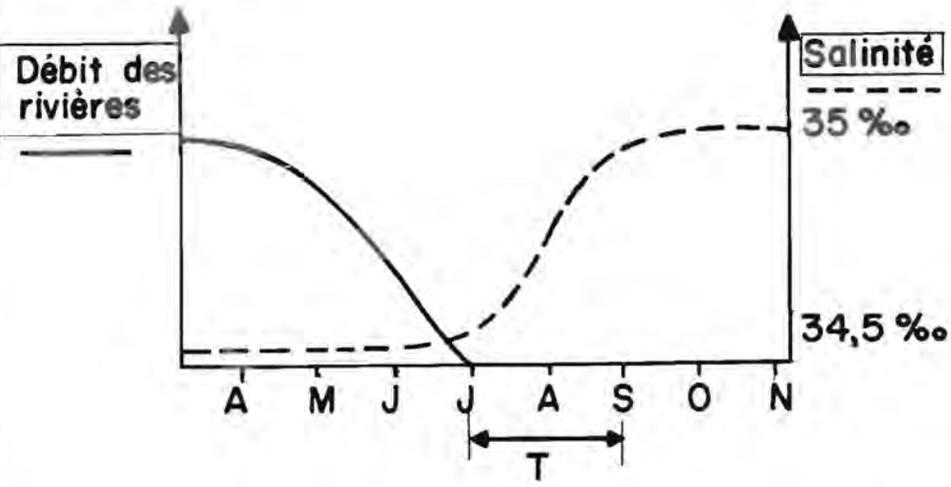
Les eaux de surface réagissent en synchronisme avec les crues qui provoquent des dessalures importantes sur les premiers mètres de la tranche d'eau. Ces dessalures sont d'autant plus fortes que le point d'observation est placé plus en amont dans les estuaires, et que la crue est plus conséquente. En hiver, la stratification verticale des eaux est donc assez prononcée, puisque les eaux dessalées "glissent" en surface sur les eaux marines plus denses du fond. Les transits en surface sont alors rapides, à l'opposé des eaux de fond où les mécanismes sont plus lents. Certaines zones de la Rade (Baie de Daoulas, Embouchures de l'Aulne et de l'Elorn) subissent à cette époque des dessalures de surface importantes par rapport aux autres régions de la Rade.

Les eaux du fond voient progressivement leur salinité s'abaisser après les crues hivernales, pour atteindre un minimum au début du printemps (mars). Plus les crues ont été importantes et plus ce minimum est faible. A la fin du printemps la salinité des eaux en Rade remonte progressivement en raison de l'évacuation de l'eau douce en Iroise, qui n'est que peu remplacée par les faibles apports des rivières à cette époque ; le fond emmagasine donc lentement les eaux fluviales qui restent ainsi piégées un certain temps en raison du faible renouvellement.

L'étude des salinités (qui expriment la proportion de mélange de l'eau douce dans l'eau de mer) permet d'évaluer la quantité d'eau douce emmagasinée en Rade, dans ces diverses conditions hydroclimatiques. En hiver et au printemps, les volumes stockés sont de l'ordre de 100 à 150 millions de m³ d'eau douce, en été de 10 à 20 millions de m³ (pour un volume total de la Rade de 1.580 millions de m³)*. Ces volumes correspondent en hiver à 10 ou 20 jours environ de l'écoulement fluvial et à 35 jours en été.

*

Volume moyen pris en compte dans les calculs.



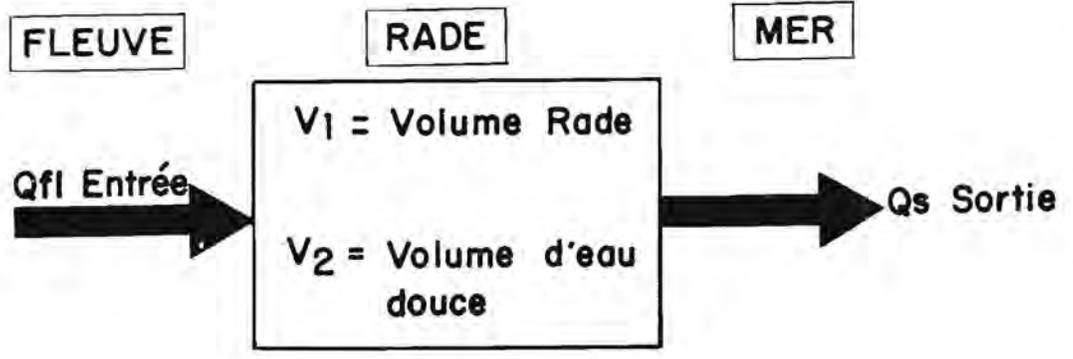
$T =$ Temps de renouvellement des eaux douces de la Rade = temps nécessaire pour remplacer la totalité de l'eau saumâtre par l'eau de mer, sur l'ensemble de la Rade, à partir du moment où le débit fluvial est considéré comme nul (d'après AUFFRET, G. et L. BERTHOIS, 1966-1968)

Temps moyen d'évacuation = t

Si Q_{f1} et V_1 sont constants dans le temps nous aurons :

$$Q_s = Q_{f1}$$

et $t = \frac{V_2}{Q_{f1}}$



Les quantités d'eau douce arrivant en Rade de Brest sont évacuées, plus ou moins rapidement, en fonction des facteurs hydrodynamiques (essentiellement le coefficient de marée et le débit des rivières). Connaissant les apports journaliers d'eau douce en Rade, il est possible d'appréhender un temps moyen d'évacuation de l'eau douce.

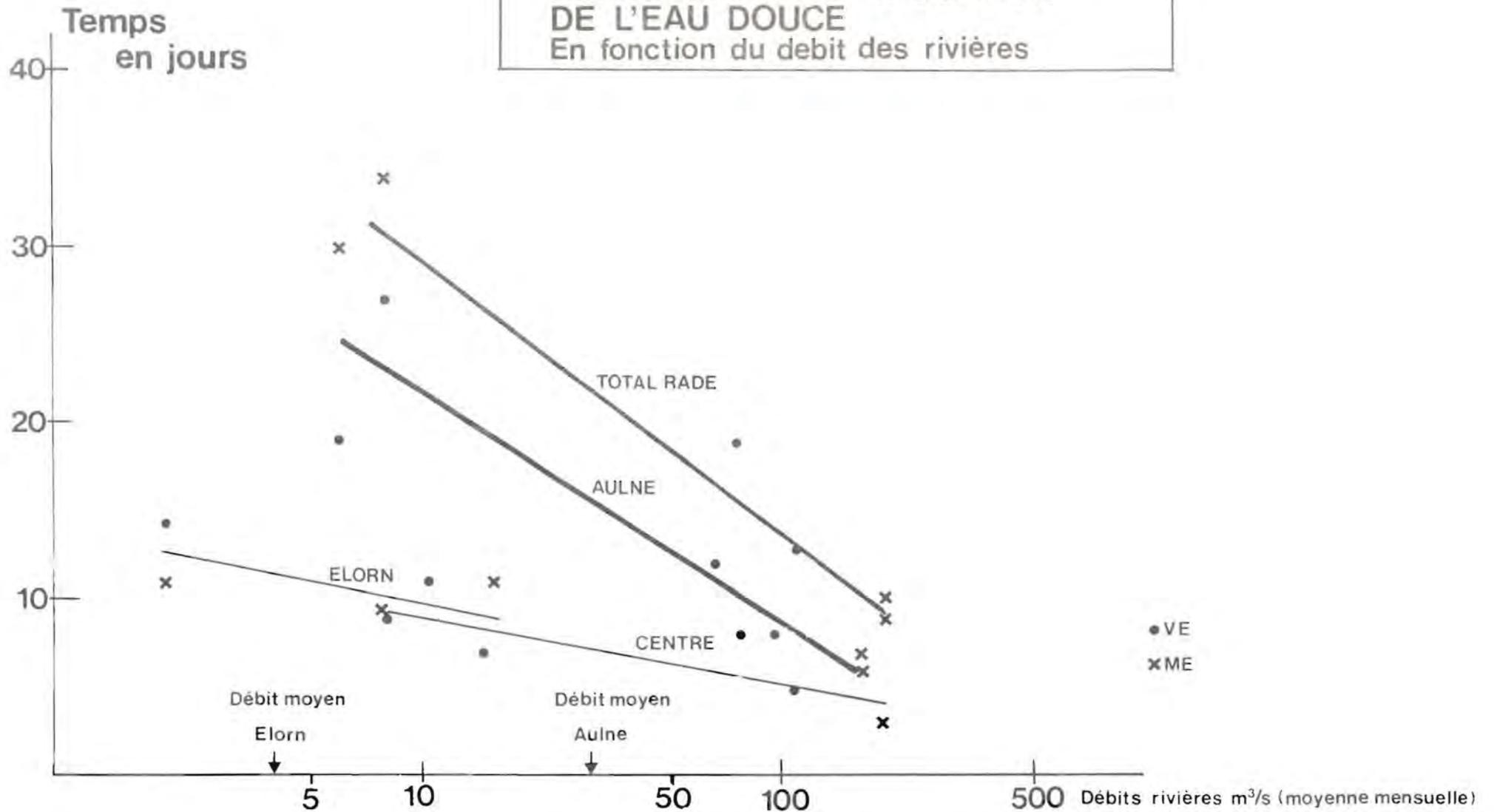
On appelle temps moyen d'évacuation de l'eau douce le temps nécessaire aux rivières pour remplacer le volume d'eau douce stocké en Rade, à un moment donné (en admettant un débit fluvial constant). La valeur obtenue est en fait un temps moyen, car certaines particules d'eau douce peuvent être évacuées très rapidement alors que d'autres séjournent plus longtemps en Rade.

Le temps moyen d'évacuation de l'eau douce hors de la Rade a été calculé pour différentes conditions hydrodynamiques dans trois régions différentes.

Sur la figure ci-jointe sont reportés les temps moyens d'évacuation de l'eau douce en fonction des débits fluviaux. En ce qui concerne la Rade dans son ensemble, ce temps varie de 10 à 15 jours lorsque les rivières sont en crue, à 30-35 jours l'été. C'est la partie dite "Aulne" qui imprime en fait son caractère à l'ensemble de la Rade. Dans cette région, le régime des rivières et le temps d'évacuation sont très liés : plus les débits sont élevés, plus l'évacuation est rapide (4 jours pour des débits de 180 m³/s, 35 jours pour 3 m³/s). Par contre, dans le Centre et le Nord de la Rade, le temps d'évacuation reste assez constant, quelque soit le débit.

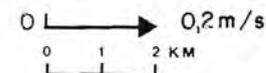
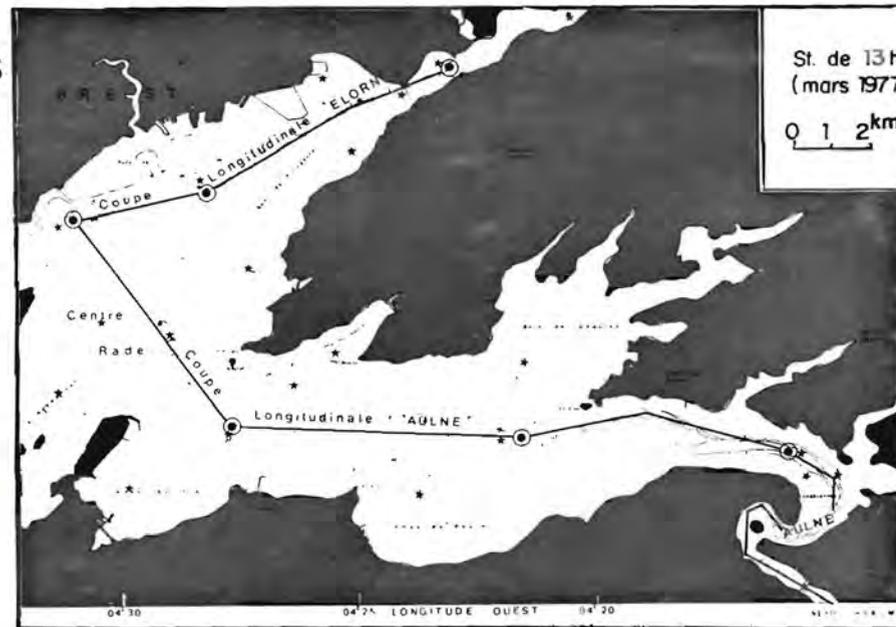
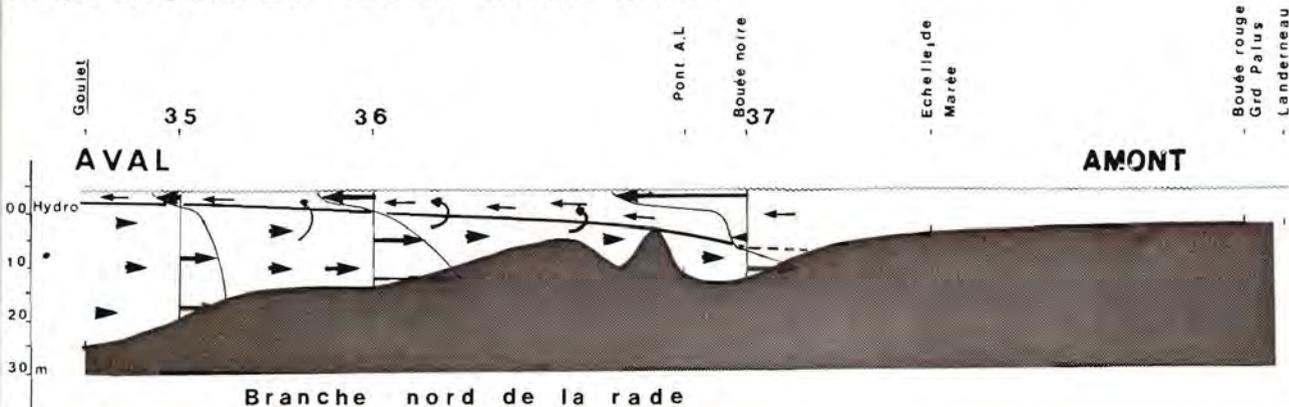
En période d'étiage, le temps moyen d'évacuation est de l'ordre de 30 à 35 jours. Cette valeur représente une moyenne et peut être comparée au temps de renouvellement total de la Rade dans les conditions d'étiage, calculé par AUFFRET, G. et L. BERTHOIS (1966-1968). Ces auteurs ont appelé ainsi le temps nécessaire à la Rade pour que

RADE DE BREST
TEMPS MOYEN D'EVACUATION
DE L'EAU DOUCE
 En fonction du debit des rivières

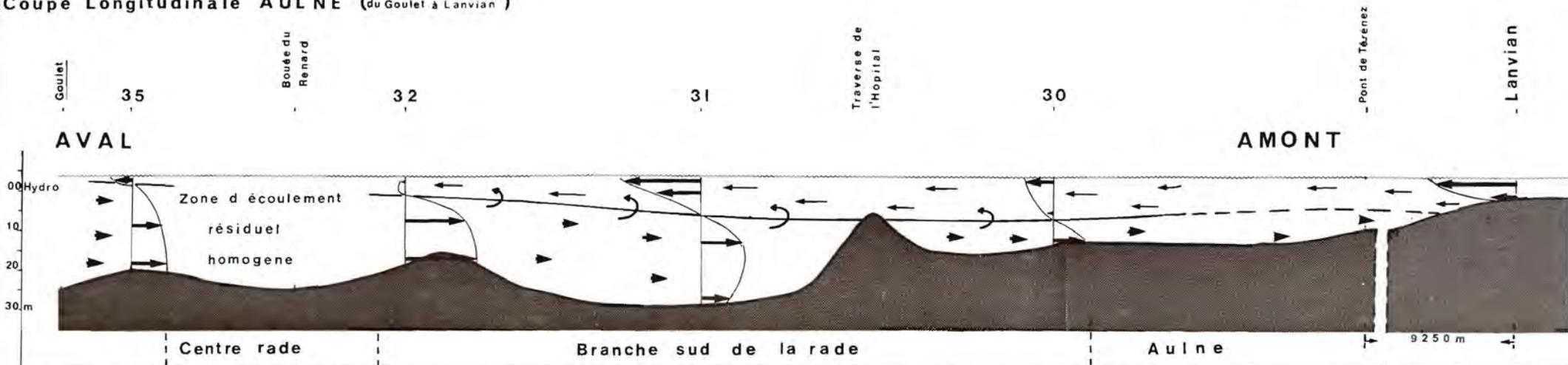


RADE DE BREST
 VITESSES RESIDUELLES
 VIVES EAUX - DECRUE
 (Mars 1977)

Coupe longitudinale ELORN (du Goulet à Landerneau)



Coupe Longitudinale AULNE (du Goulet à Lanvian)



La salinité moyenne au début de l'été (juillet 1966 - 34,50 ‰) atteint en septembre celle de l'eau côtière (35 ‰), c'est-à-dire pour que l'eau de mer se substitue à l'eau saumâtre (le débit des rivières étant supposé nul). Par cette méthode, ils ont trouvé qu'environ 1/140 du volume de la Rade à basse mer (marée moyenne) se renouvelait au cours d'un cycle de marée. Selon ces auteurs, il faudrait donc environ 175 cycles de marée, soit 87 jours pour renouveler entièrement toutes les eaux de la Rade de BREST. Le temps de renouvellement représente en fait une valeur maximum du temps moyen d'évacuation calculé ci-dessus.

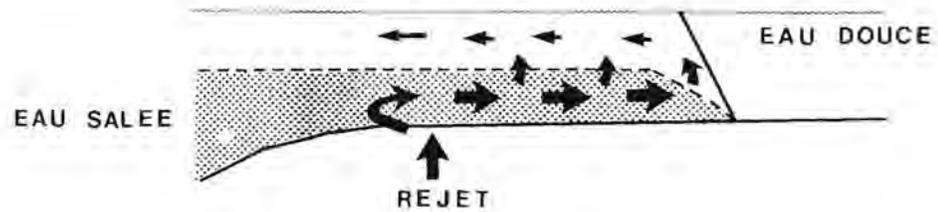
II) LA STRATIFICATION VERTICALE DE LA SALINITE DES EAUX DE LA RADE INDUIT UN MOUVEMENT RESIDUEL DES MASSES D'EAU DIRIGE VERS L'AVAL EN SURFACE ET VERS L'AMONT AU FOND, ET LIMITE LES ECHANGES ENTRE L'EAU DE SURFACE ET CELLE DU FOND

Le second résultat de cette étude est la mise en évidence d'un mouvement différent des eaux de surface et du fond. Cette stratification qui est due au relatif non-mélange des eaux saumâtres en surface et des eaux salées au fond, ainsi qu'aux gradients de pression résultants, se traduit par des déplacements résiduels de l'eau de surface vers l'aval et de l'eau du fond vers l'amont.

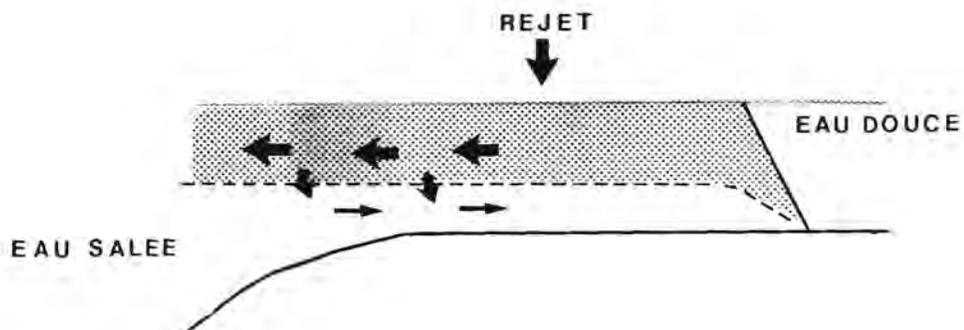
Le rapport préliminaire "Etude courantologique" a montré comment, à partir de l'étude de la variation des vitesses de courant, mesurées à un point donné et à une profondeur donnée, au cours d'un cycle de marée, il est possible de calculer la quantité d'écoulement s'effectuant vers l'amont au flot et vers l'aval au jusant. Par différence, on obtient une quantité d'écoulement dans un sens préférentiel -amont ou aval- (la vitesse résiduelle est obtenue en divisant l'écoulement préférentiel par la durée du cycle de marée).

La circulation résiduelle traduit en fait une dissymétrie entre le flot et le jusant et est donc responsable d'un transport au cours d'une marée. Les vitesses résiduelles, à différentes profondeurs (et au même endroit), ne sont ni dirigées dans le même sens, ni de même valeur.

DISPERSION D'UN REJET POLLUANT DANS UN ESTUAIRE STRATIFIE



REJET AU FOND : TRANSIT VERS L'AMONT



REJET EN SURFACE : TRANSIT VERS L'AVAL

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.

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. ci-contre). 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 des écoulements moyens en surface et au fond et ceci jusqu'à des points situés très en amont, puisque dans l'estuaire de l'Aulne il faut aller à plus de 9 km en amont de Térénez pour retrouver une circulation homogène vers l'aval (1).

En mortes eaux, et en période de crue, la stratification est très importante. L'eau douce, sous l'impulsion de la crue s'écoule en surface et l'eau marine plus dense pénètre en profondeur dans les estuaires de l'Aulne et de l'Elorn. Durant cette période, on peut observer des stratifications, au centre même de la Rade. Les échanges entre surface et fond sont d'autant plus restreints que cette stratification est plus forte.

En période d'étiage, la Rade de Brest est également le siège d'une circulation résiduelle à deux couches. (2)

La mise en évidence des mouvements de l'eau est très importante en particulier pour prévoir le comportement des rejets effectués en Rade. En effet, il est nécessaire de savoir à quel niveau les effectuer afin d'assurer une meilleure évacuation. La figure montre schématiquement comment transite un rejet dans une zone à deux couches (vitesses résiduelles de sens opposé en surface et au fond) :

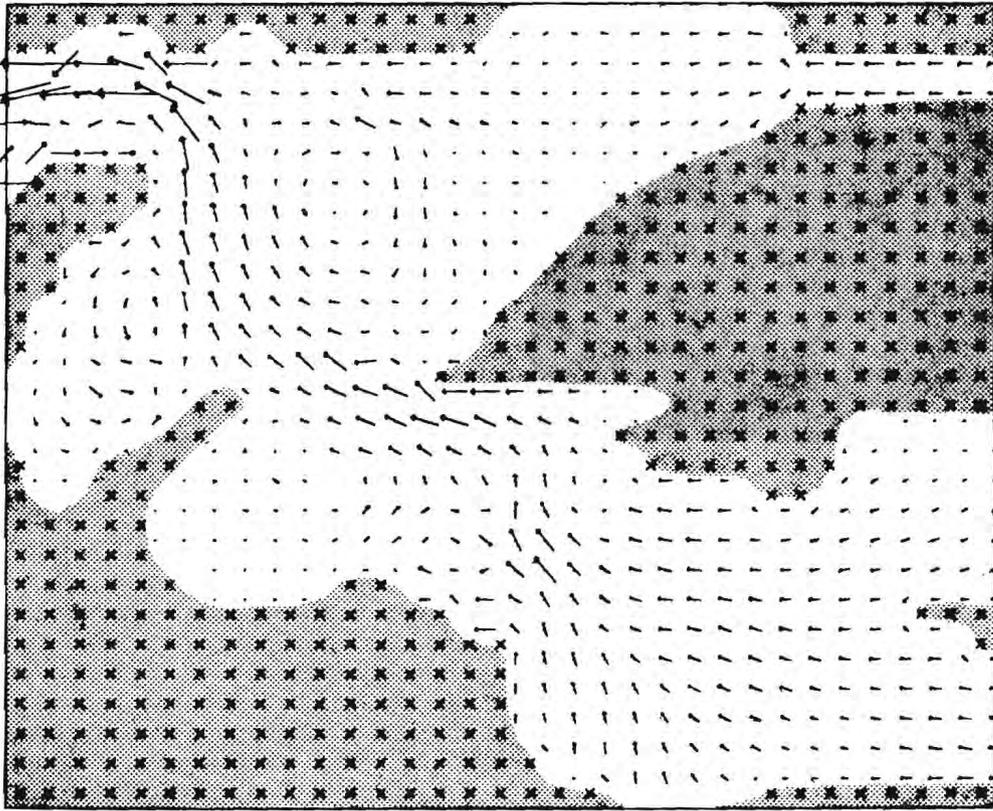
- pour un rejet au fond, il y a transit résultat vers l'amont,
- pour un rejet en surface, il y a transit résultat vers l'aval.

Ainsi, des rejets effectués au fond dans les zones aval des estuaires peuvent émigrer vers l'amont, où ils sont piégés.

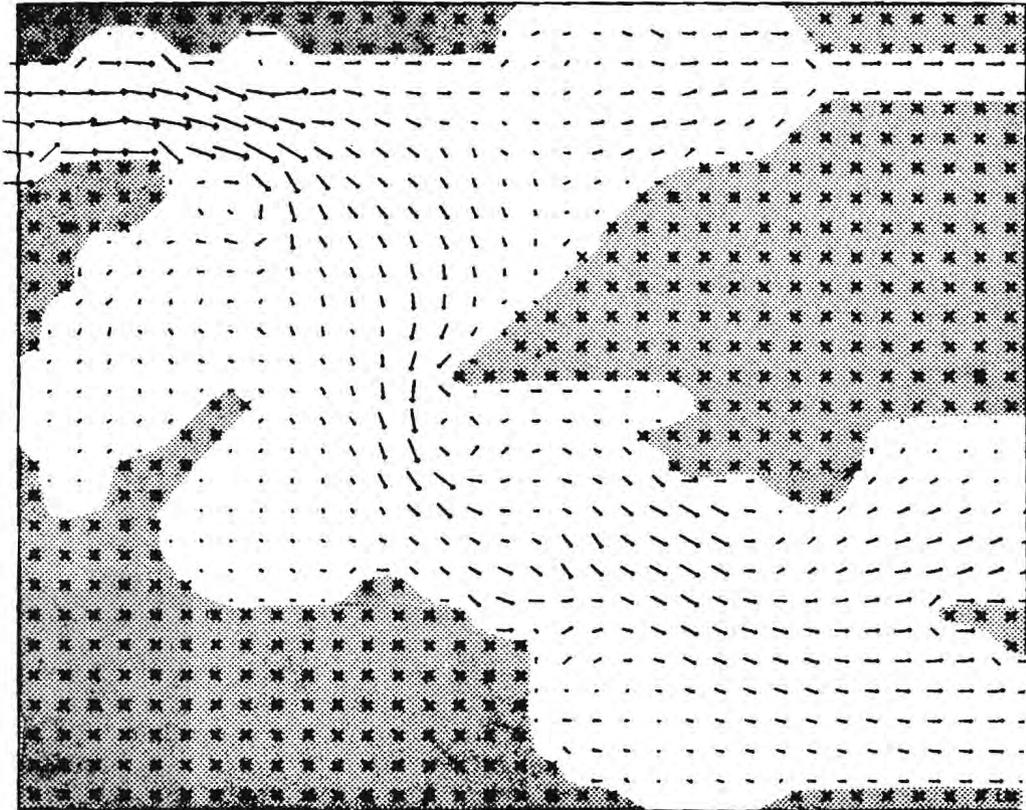
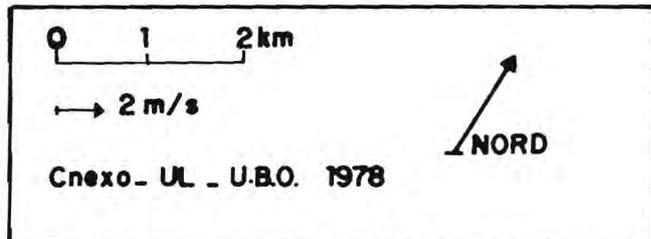
(1) BASSOULET, P. (thèse sous-presse).

(2) AUFFRET G. (thèse sous presse)

**SAUM DE LA RADE DE BREST
REPRESENTATION DES COURANTS
DE SURFACE VIVES-EAUX, ETIAGE,
SANS VENT.**



Courants calculés 2 heures après Pleine Mer



Courants calculés 2 heures après Basse Mer

III) LE VORTEX CENTRAL DE LA RADE PROVOQUE UNE DERIVE VERS LE SUD DES EAUX DU FOND

Les courants de surface de la Rade de BREST ont été relativement bien étudiés, notamment en vives eaux, et ont donné lieu à de nombreuses mesures du Service Hydrographique de la Marine. En outre, des champs de courant liés à la marée ont été établis sur maquette par le Laboratoire National d'Hydraulique (E.D.F.) et tiennent compte de la circulation en étiage.

Dans le cadre du S.A.U.M., une représentation numérique des courants de surface en vives eaux, durant une période d'étiage a été réalisée en collaboration avec l'Université de Bretagne Occidentale (1).

La circulation de surface est essentiellement commandée par la présence au centre de la Rade, pendant plusieurs heures, d'un tourbillon, ou courant giratoire, dans le sens des aiguilles d'une montre, qui induit un courant Nord-Sud à l'Ouest de la presqu'île de Plougastel. La figure ci-jointe montre que ce courant est faible pendant le jusant et qu'il se renforce pendant le flot.

La conséquence de cette circulation est importante en ce qui concerne la dispersion des eaux et des rejets en Rade. La carte ci-jointe simule la dispersion à partir d'un rejet continu effectué depuis trois points proches du Port de Commerce. On voit que les eaux issues de cette région auront trois destinations principales :

- le Goulet est atteint en moins de trois heures par des rejets effectués en début de jusant. Les calculs s'arrêtant au niveau du Goulet, il n'est pas possible de connaître le pourcentage des eaux usées qui reviennent dans la Rade au flot suivant,
- l'Elorn est atteint en moins de 6 heures par des rejets effectués au début du flot,

(1) SALOMON J.C., C N R S

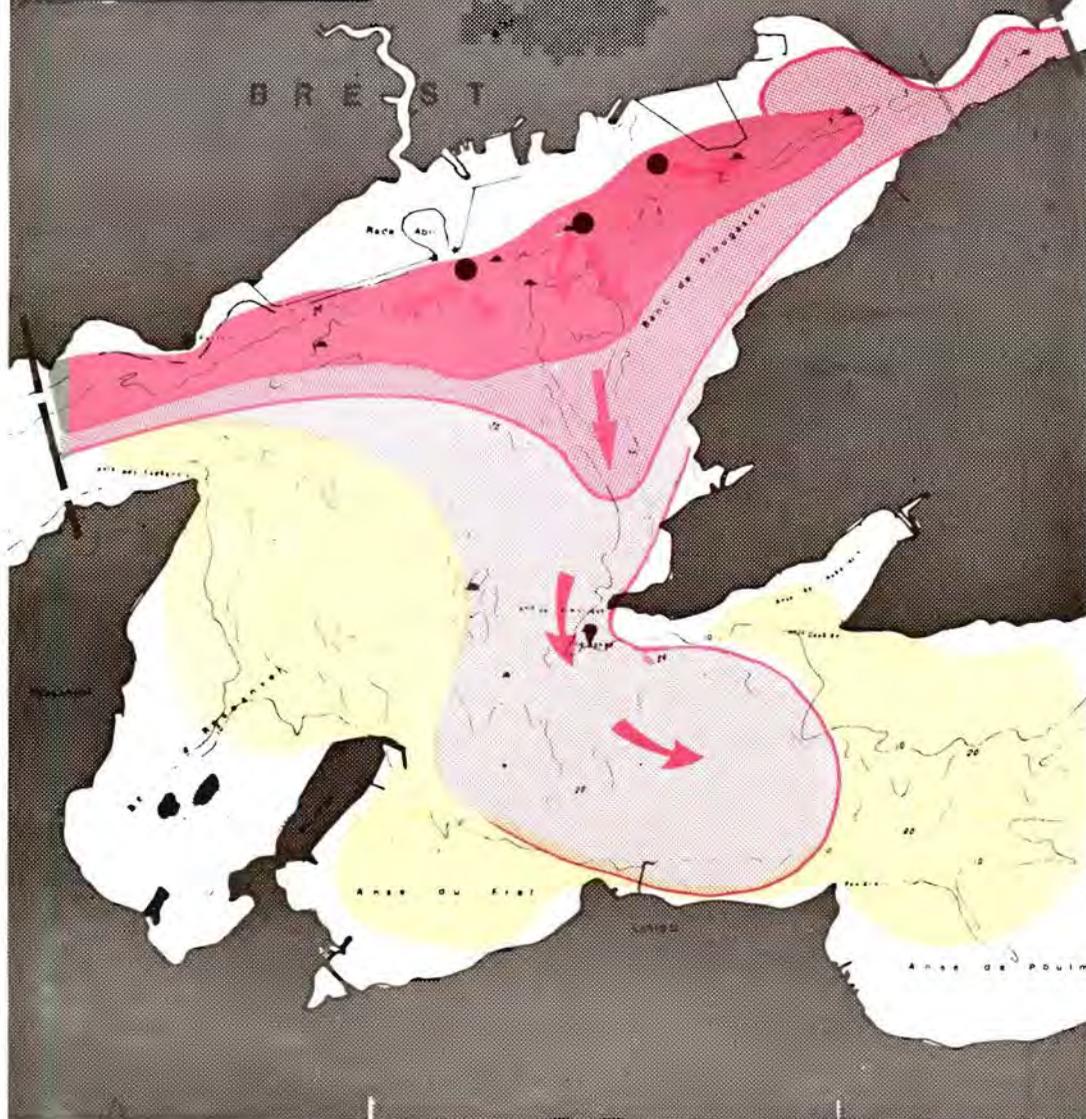
SAUM DE LA RADE DE BREST

REJET CONTINU PONCTUEL

(advection sans diffusion)

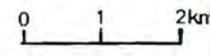
- VIVES EAUX - ETIAGE SANS VENT -

EN SURFACE

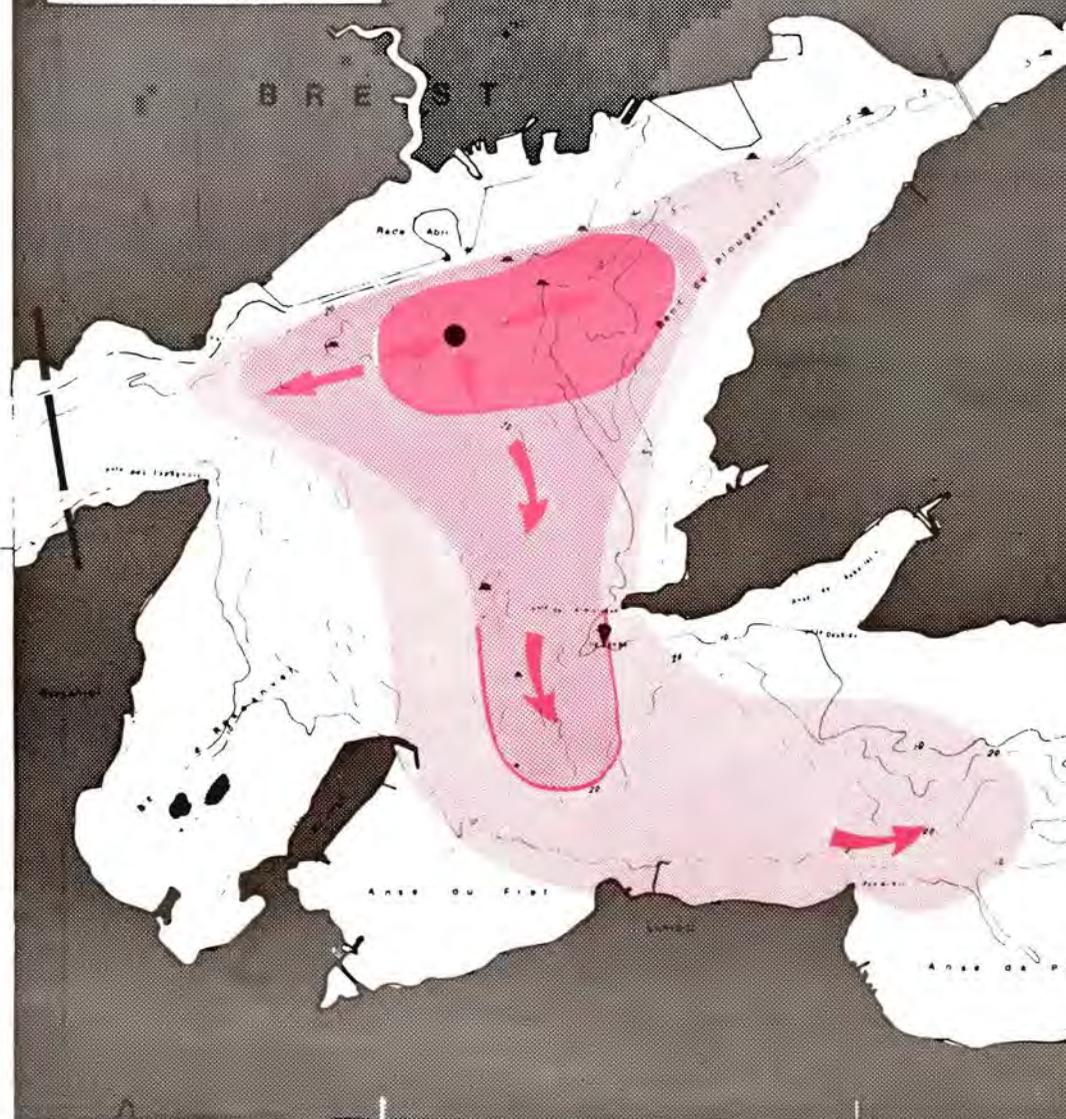


ZONES ATTEINTES

- en moins de 3 heures
- de 3 à 6 heures
- de 6 à 12 heures
- de 12 à 24 heures
- Point de départ
- Limites des calculs



AU FOND



- le Sud de la Rade est atteint en moins de douze heures, soit directement par des rejets faits aux alentours de la basse mer, soit indirectement. Dans ce dernier cas, il s'agit d'une part des eaux du Nord qui, dérivant en jusant vers le Goulet, sont reprises par le tourbillon central dès les premières heures du flot, et d'autre part des eaux qui ont transité dans la région en aval de l'Elorn. Elles atteignent alors cette région moins de douze heures après leur départ.

La figure ci-contre montre que 24 heures après le rejet, la plus grande partie de la Rade peut être atteinte, quelle que soit l'heure du début du rejet.

Ce schéma intéresse essentiellement la surface. Les études faites sur le courant de fond qui ne sont pas assez nombreuses pour donner lieu à un traitement sur ordinateur, ont fait l'objet d'un traitement manuel. Un rejet a été simulé au Sud de la Rade-Abri et montre que dans le cas d'un rejet au fond, l'évacuation vers le Goulet est plus difficile, les courants vers l'amont étant dominants. Il existe deux directions privilégiées dans ce cas : le Sud et l'Est (estuaire de l'Elorn). La progression vers le Sud-Est et le Nord est plus importante dans le cas du rejet au fond que dans le cas d'un rejet effectué en surface.

IV) LE MOUVEMENT DES MASSES d'EAUX EN SURFACE AU COURS D'UNE MAREE PERMET L'ETABLISSEMENT D'UN "ZONAGE" HYDROLOGIQUE DE LA RADE

Les résultats de ces études permettent d'aboutir à une zonation hydrologique de la Rade, basée d'une part sur les caractères hydrologiques de la Rade et d'autre part sur le mouvement des masses d'eaux au cours d'une marée.

1) Caractère hydrologique

La Rade de Brest peut être schématiquement divisée en trois grandes régions (correspondant à celles définies figure p. 14) :

- la zone Nord
- la zone Sud-Est
- la zone centrale

Les deux premières sont des zones à caractère estuarien dû aux apports fluviaux de l'Elorn et de l'Aulne, la troisième est une zone de mélange et d'échanges entre les eaux estuariennes et marines.

Ces régions ont des caractéristiques hydrodynamiques propres :

La zone nord est avant tout soumise à l'hydrologie de l'Elorn qui induit :

- une circulation résiduelle typiquement estuarienne caractérisée par des déplacements moyens en surface (aval) opposés à ceux du fond (amont),

- des variations de salinité au cours de l'année, liées au régime hydrologique de la rivière et associées à :
 - . des stratifications de salinité appréciables en période de crue de l'Elorn,
 - . un temps d'évacuation faible de l'eau douce, quelle que soit la saison (7 à 11 jours en hiver ; 15 jours environ en été).

La zone Sud-Est est localisée en aval de l'Aulne. Elle possède un caractère estuarien plus prononcé que la région Nord du fait du débit plus important de l'Aulne. Cette particularité est surtout sensible en période de crue où le débit de l'Aulne peut être 10 fois plus important que celui de l'Elorn. Cela se traduit par des variations de la salinité et par des stratifications halines importantes dans cette zone. De même, le temps d'évacuation de l'eau douce étant fonction du débit fluvial, le temps moyen d'évacuation de cette région est faible (7 à 8 jours) en période de crue et plus élevé (20 à 30 jours) en période d'étiage.

La zone centrale est une zone de mélange et d'homogénéisation des eaux, où s'effectuent les mélanges entre les eaux estuariennes et les eaux marines. C'est une zone de transit des eaux douces. C'est une région aux caractéristiques propres :

- peu de variations saisonnières de salinité ; il n'existe qu'exceptionnellement de faibles stratifications lors de très fortes crues,
- l'écoulement résiduel est homogène sur toute la tranche d'eau,
- les temps moyens d'évacuation sont faibles quelle que soit la saison et le débit des rivières. Ils sont de l'ordre de 4 à 9 jours.

En considérant le critère du temps d'évacuation des eaux fluviales et des dessalures en surface, comme un indice possible de la sensibilité d'une zone vis à vis d'un polluant associé aux eaux fluviales, il est possible d'effectuer un classement relatif de ces zones les unes par rapport aux autres : la zone Sud-Est apparait comme plus sensible que la zone Nord, elle-même plus sensible que la zone centrale.

2) Mouvement des masses d'eaux au cours de la marée

Les trois régions ainsi déterminées peuvent s'influencer mutuellement à des degrés divers. L'étude du mouvement des masses d'eaux au cours d'une marée permet de les appréhender, et d'établir un "zonage" des eaux de surface de la Rade.

La zone Nord : les résultats obtenus en période d'étiage montrent qu'une particule d'eau provenant de la zone Nord (du Port de Commerce au Pont A. LOUPPE) pourra atteindre en une marée la région située entre la Pointe d'Armorique, Lanvéoc, Pen ar Vir et la Pointe de Doubidy. Cette zone constitue donc la limite de l'aire affectée par les eaux du Nord au cours d'une marée. Cela permet d'établir une zonation séparant les eaux du Sud de celles du Nord. En période de crue, il est vraisemblable que cette limite sera repoussée plus à l'Ouest. Si l'on considère maintenant une particule d'eau située en surface, et issue de la région du Caro-Pointe de l'Armorique, elle pourra atteindre en une marée (toujours en période d'étiage), la région de la Baie de Daoulas. Cette extension vers l'Est de la limite d'influence des eaux du Nord est un facteur dont il est indispensable de tenir compte, pour déterminer les conditions de compatibilité et de zonage entre les activités industrielles et maricoles.

La zone Sud-Est : un exercice identique a été réalisé pour des rejets simulés issus de la Baie de Daoulas, du chenal de l'Aulne (au Nord de Landévennec) et de la Baie du Poulmic. En surface, la limite d'extension des eaux en une marée est alors située à l'Est d'une ligne Pointe de l'Armorique - Ile Longue.

La région comprise entre la Pointe de Pen ar Vir, la Pointe de Doubidy, la Pointe de l'Armorique et Lanvéoc, est donc influencée à la fois par des eaux en provenance du Nord de la Rade et des eaux issues du Sud. Après s'être mélangées, ces eaux transitent par la région centrale où elles peuvent séjourner pendant plusieurs cycles de marée avant d'être évacuées en mer.

II) - LES PROBLEMES

I) SELS NUTRITIFS

Les sels nutritifs sont des éléments essentiels de la production biologique, mais un apport trop important pour la capacité d'évacuation d'un milieu peut déclencher un développement végétal excessif conduisant à la consommation complète de l'oxygène dissous contenu dans le milieu (eutrophisation et dystrophie). En outre, il faut noter que des teneurs excessives en composés azotés et phosphorés, peuvent rendre les eaux impropres à la consommation ou à la vie des organismes vivants.

1) Bilan des apports en sels nutritifs

Les apports annuels en azote et, à un moindre degré en phosphore, varient en fonction des conditions hydrologiques : c'est ainsi que la Rade a reçu six fois plus d'azote et deux fois et demi plus de phosphore en 1977 qu'en 1976 (R.N.O., 1978). L'apport 1977 s'élève à environ 10.000 tonnes d'azote et 500 tonnes de phosphore. L'agriculture et l'élevage fournissent 70 % de l'azote et 40 % du phosphore apporté à la Rade, les agglomérations et l'industrie se partageant le reste (C.O.B./LITTORAL, 1978).

2) Les sels nutritifs dans les rivières

L'O.M.S. fixe la limite de potabilité sans traitement à 10 mg/l (=714 micro-atomes gramme par litre) d'azote nitrique (N-NO₃). Or, des teneurs de 9,2 mg/l N-NO₃ (657 micro-atomes gramme par litre) ont été atteintes en 1977 dans l'Elorn et probablement aussi dans la Penfeld et l'Aulne (maximum mesuré : 7,9 mg/l N-NO₃) (=564 micro-atomes gramme par litre).

Sachant que la tendance est à l'augmentation, du fait de l'accroissement du cheptel et de l'accroissement de la population (Brest et Landerneau), il conviendrait de se préparer au traitement des eaux pour abaisser leurs teneurs en azote.

Les teneurs en azote nitreux ou ammoniacal, toxiques pour la faune, ne sont atteintes que dans certains ruisseaux surchargés de la périphérie urbaine de Brest, tels le ruisseau de Kerminguy et le ruisseau du Vallon, ou dans des conditions d'étiage exceptionnel des rivières, comme l'Elorn durant l'été 1976.

3) Y-a-t'il risque d'eutrophisation en Rade ?

Différents auteurs (JAWORSKI, N.A., D.W. LEAR, J. et O. VILLA, 1972) proposent les teneurs limites suivantes, au-delà desquelles le déclenchement du phénomène est possible en milieu estuarien :

- azote (N) : 35,7 micro-atome-gramme par litre
- phosphore (P) : 3,2 μ atg/l

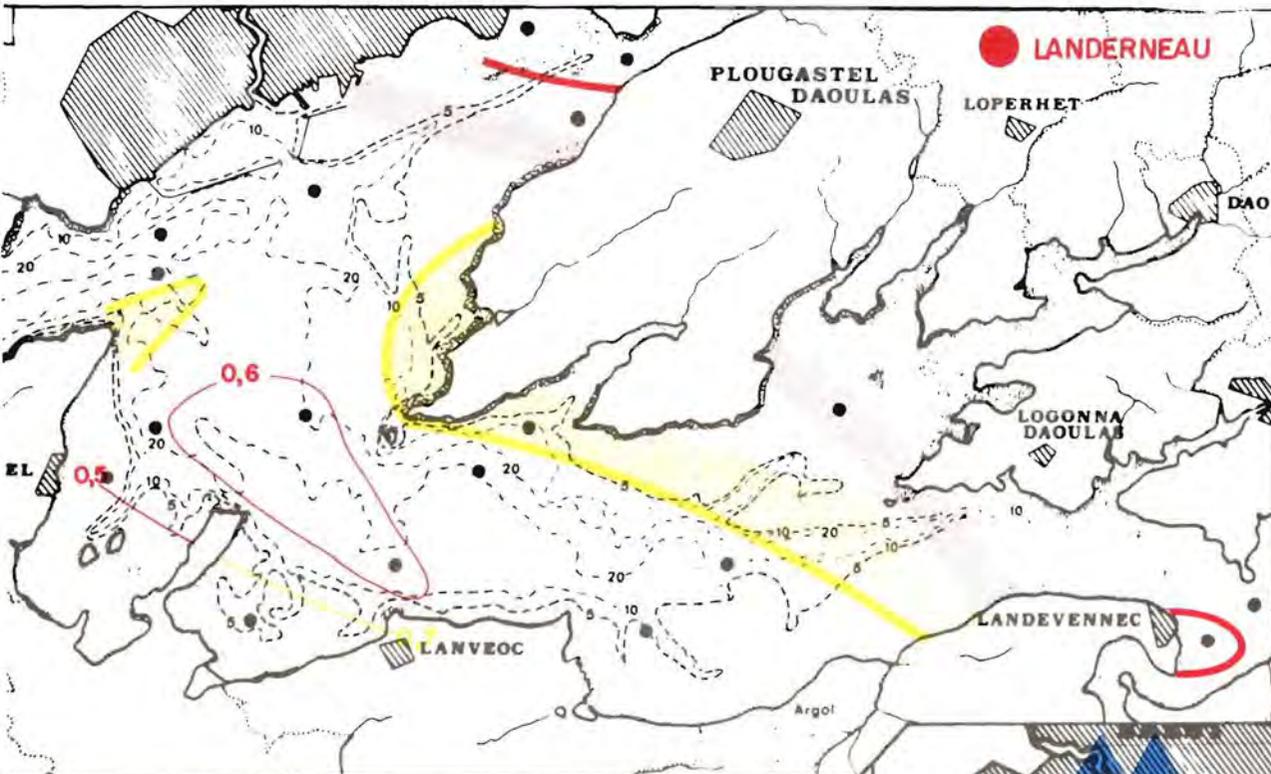
Les teneurs moyennes (surface-fond) observées dans la partie Nord de la Rade sur trois années (point R.N.O., n° 4, 1974, 1975, 1976) sont de :

- azote (N) : 11,7 μ atg/l
- phosphore (P) : 0,42 μ atg/l

ce qui les place assez loin des critères précédents ; mais il faut remarquer que les teneurs sont très liées aux conditions hydrologiques saisonnières et annuelles, si bien qu'on a pu relever au même endroit, **en surface** :

- azote (N) : 153 μ atg/l en février 1977 (crue)
- phosphore (P) : 1,20 μ atg/l en février 1975

CNEXO DDE
SAUM DE LA RADE DE BREST
REPARTITION DES TENEURS
NITRATES ET PHOSPHATES
 Crue - mortes eaux PM Surface (Janv.77)



PHOSPHATES (P04)

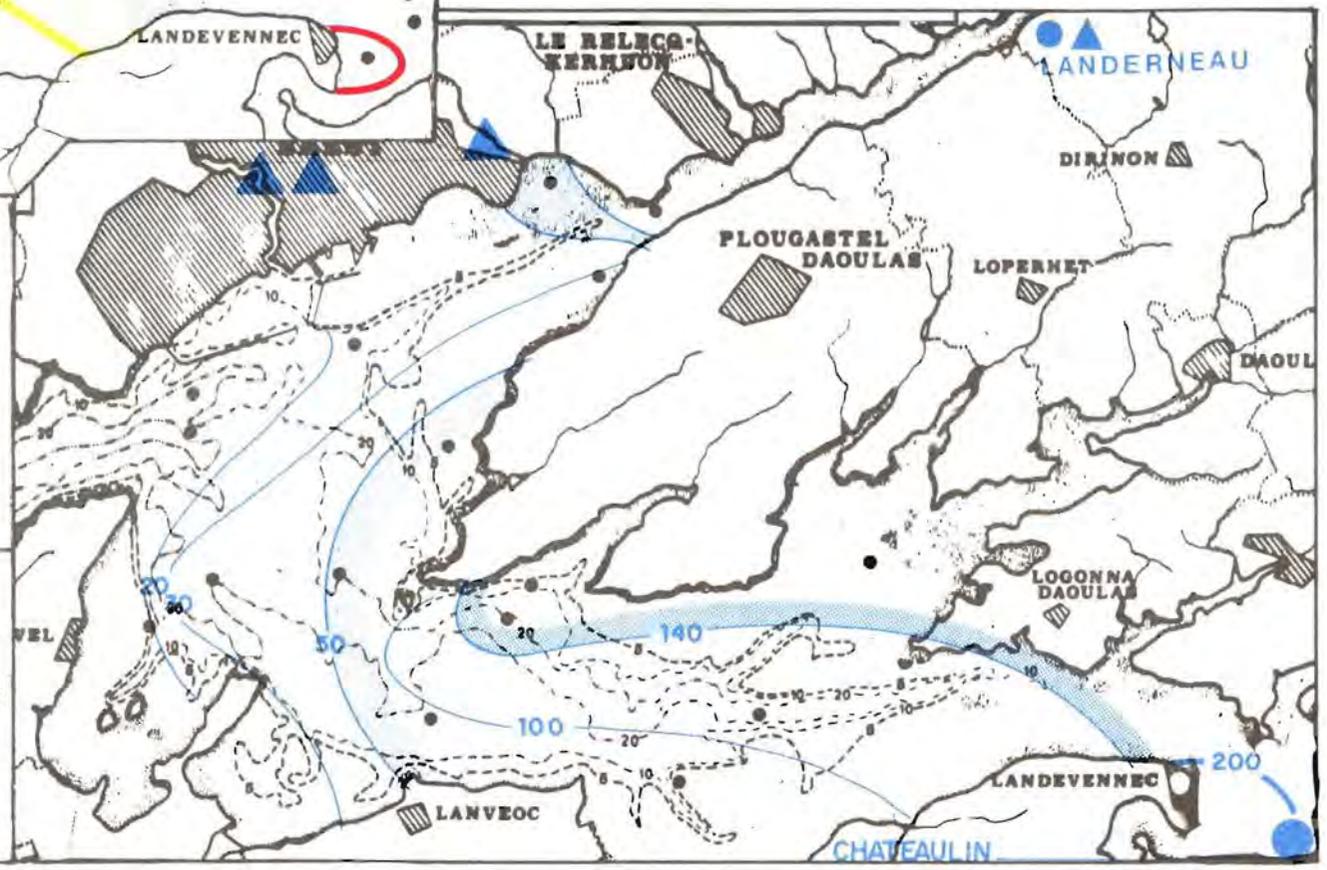
ISOTENEURS

- 0,7µatg / L
- 0,8µatg / L
- 1,0 µatg / L
- Teneur dépassant 1µatg / L

NITRATES (NO3 + NO2)

ISOTENEURS

- 50µatg / L
- 140µatg / L
- 200µatg / L
- Teneur approchant la norme O.M.S. de potabilité
- Teneur toxique NO2, NH3



Malgré ces apports importants, les stocks s'épuisent complètement après la période de développement phytoplanctonique ("blooms" printanier) et semblent assimilés normalement par le phytoplancton.

Toutefois, en période d'étiage des rivières, l'eutrophisation pourrait se manifester en premier lieu dans la partie amont des estuaires, ce qui nécessiterait un traitement plus poussé des rejets effectués dans ces zones.

II) BACTERIES

Rappelons que les bactéries pathogènes et les virus à voie de pénétration digestive transportés par les eaux étant, en très grande majorité, d'origine fécale, il est admis qu'une eau est susceptible de contenir de tels germes chaque fois que la présence de matières fécales dans cette eau est prouvée. Un certain nombre de bactéries sont des hôtes exclusifs de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud ;

- leur présence constante dans une eau témoigne de la permanence de la contamination et du risque pathogène,
- l'apparition d'*Escherichia coli* et de streptocoques fécaux dans une eau habituellement de bonne qualité, témoigne d'une pollution accidentelle et le risque demeure tant que les bactéries sont présentes (RODIER, 1975).

1) Les conclusions des études précédentes

Selon les travaux réalisés en 1968-1969 par l'I.N.S.E.R.M., le classement des eaux d'estuaires, selon le niveau décroissant de pollution bactérienne, était le suivant :

1. Landerneau-estuaire de l'Elorn $\longrightarrow 10^4$ coliformes en moyenne pour 100 ml
2. Port-Launay - Daoulas $\longrightarrow 10^3$ coliformes en moyenne pour 100 ml
3. Le Faou < 10 coliformes en moyenne pour 100 ml

La S.E.P.N.B. (1976) a classé les stations de prélèvement en trois groupes (cf. ci-contre) :

- stations à pollution accidentelle ou discontinue de faible amplitude : Tinduff, Pen-Al-Lan et Pointe d'Armorique. Les conditions hydrodynamiques particulières de la Rade entraînant vers ces zones des masses d'eaux polluées. Ces stations ne font l'objet que de fugaces pollutions pendant le jusant ; elles sont donc éloignées des principales sources de contamination,
- stations à pollution discontinue de forte amplitude : Térénez, Lanvoy, Kerascoët, Rosmelec, Brest Passe-Sud, Le Dellec et Keralliou,
- stations à pollution chronique, principales sources de contamination de la Rade de Brest : Landerneau, St-Jean, Kerhuon (Elorn), Brest St-Marc, Le Faou, Hopital-Camfrout, Daoulas et Kergoat (Penfeld).

CNEXO DDE
 SAUM DE LA RADE DE BREST

**BACTERIES
 DANS LES EAUX**

CARTE ETABLI D'APRES
 CARTES IGN 1/100000
 BREST-MORLAIX-CHATEAUL

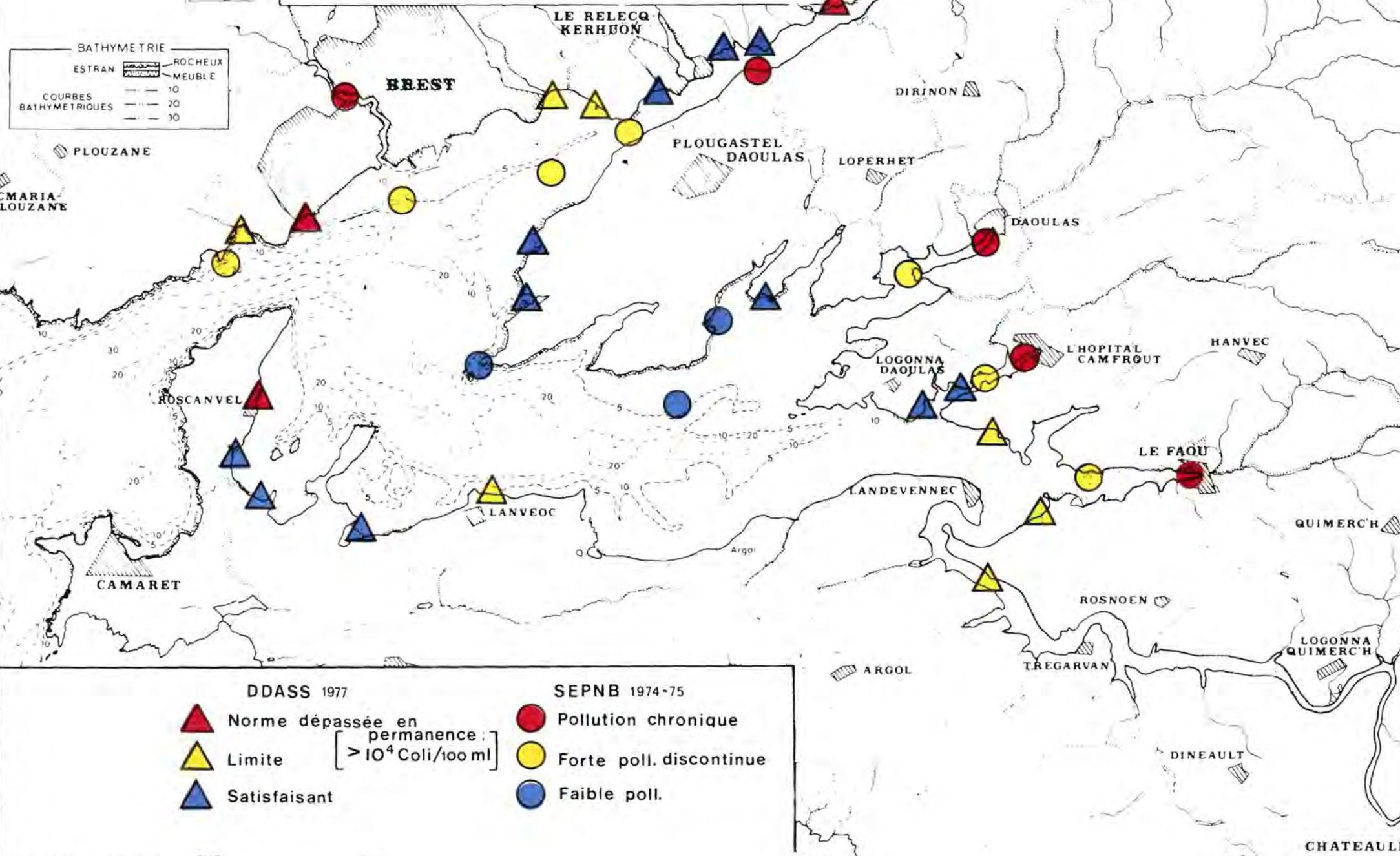


BATHYMETRIE

ESTRAN ROCHUEUX MEUBLE

COURBES BATHYMETRIQUES

10
20
30



DDASS 1977	SEPMB 1974-75
Norme dépassée en permanence	Pollution chronique
Limite [$> 10^4$ Coli/100 ml]	Forte poll. discontinue
Satisfaisant	Faible poll.

La salubrité des coquillages

Dans l'ensemble, l'I.N.S.E.R.M. a trouvé que l'examen des huîtres confirmait en 1968-1969 la pollution d'origine fécale des estuaires du FINISTERE (250 coliformes fécaux/E. Coli) pour 100 ml de chair d'huîtres à LANDERNEAU (1). L'estuaire de l'ELORN, compte tenu de la dégradation inévitable due à l'accroissement de la population depuis l'époque de ces études, requiert donc, comme nous l'avons vu plus haut, une action prioritaire.

2) Les résultats du contrôle permanent des eaux côtières

La D.D.A.S.S. effectue chaque année des contrôles des eaux des plages fréquentées (de la dernière semaine de juin à la première de septembre) ; certaines stations (MOULIN BLANC, LA FOREST LANDERNEAU) sont observées toute l'année avec une fréquence mensuelle ou bi-mensuelle). Les résultats sont exprimés en trois classes selon que les normes sont régulièrement dépassées (eaux inutilisables pour la baignade), qu'elles sont approchées (eaux à la limite de l'acceptable), ou enfin, jamais approchées (eaux satisfaisantes) ;

- la norme officielle à ne pas dépasser est de 10.000 coliformes pour 100 ml
 - ou de 2.000 coliformes fécaux pour 100 ml
 - ou de 1.000 streptocoques fécaux pour 100 ml.

Ces contrôles portent sur les eaux d'une bande côtière très étroite ; les résultats paraissent assez probants, en ce sens que des prélèvements très suivis ont été effectués. Il a été aussi possible de présenter une carte bactériologique des rivages de l'ensemble de la Rade (BALAY G. (2)).

(1) Norme I.S.T.P.M. : zones salubres \leq 300 coliformes pour 100 ml de chair de coquillages vivants. Art. 2, arrêté du 12 octobre 1976.

(2) DDASS FINISTERE, CELLULE DE BREST - 1978

- les résultats I.N.S.E.R.M., de la S.E.P.N.B. et, de la D.D.A.S.S. concordent sur les points généraux suivants : les stations les plus contaminées sont proches des rejets urbains (Brest, Landerneau et les petites agglomérations littorales).

L'Elorn et la partie Nord de la Rade sont particulièrement affectées.

Au contraire, les stations les moins contaminées sont les plus éloignées des agglomérations (ainsi, dans les estuaires, le degré de pollution diminue d'amont en aval).

Il apparaît que la partie Sud de la Rade, à l'exception des estuaires et des baies, reste pour le moment indemne.

L'accroissement de la population suburbaine résidentielle (Plougastel, Daoulas, Lanvéoc) et de la fréquentation estivale justifie cependant pour la zone Sud, comme pour l'ensemble de la Rade, une attention particulière à porter aux problèmes bactériens.

III) METAUX LOURDS (1)

- Les traces métalliques dans le milieu marin peuvent être recherchées sur l'eau, la matière en suspension ou les sédiments.

L'examen des sédiments semble être la meilleure solution : les sédiments sont formés par l'accumulation de couches successives de matière. L'analyse des sédiments fins donnera une valeur moyenne pour certains polluants déposés sur une longue période. Ceci est particulièrement vrai pour les métaux lourds qui sont fortement adsorbés par les argiles minérales et la fraction organique sédimentaire.

Cette étude se double habituellement d'une étude comparative des teneurs en métaux présentes chez les organismes marins benthiques vivant sur les sites.

(1) D'après CHARLOU, J.L. et MARTIN J.L. (1976).

La classification des métaux en fonction de leur toxicité pour les organismes marins (BRYAN, 1971) est la suivante (toxicité décroissante) :

- classe 1 : mercure, argent, cuivre,
- classe 2 : zinc, plomb,
- classe 3 : chrome, nickel, cobalt.

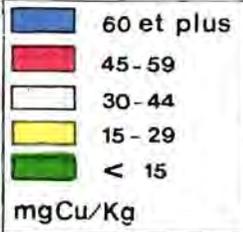
L'action par exemple du cuivre sur les organismes peut être néfaste pour des concentrations, à peine deux fois supérieures aux concentrations rencontrées dans les eaux de mer côtières normales.

Concentrations dans les sédiments

Les plus fortes concentrations en métaux lourds dans le sédiment superficiel (fraction $< 160 \mu$) se rencontrent dans les points suivants de la Rade (1) :

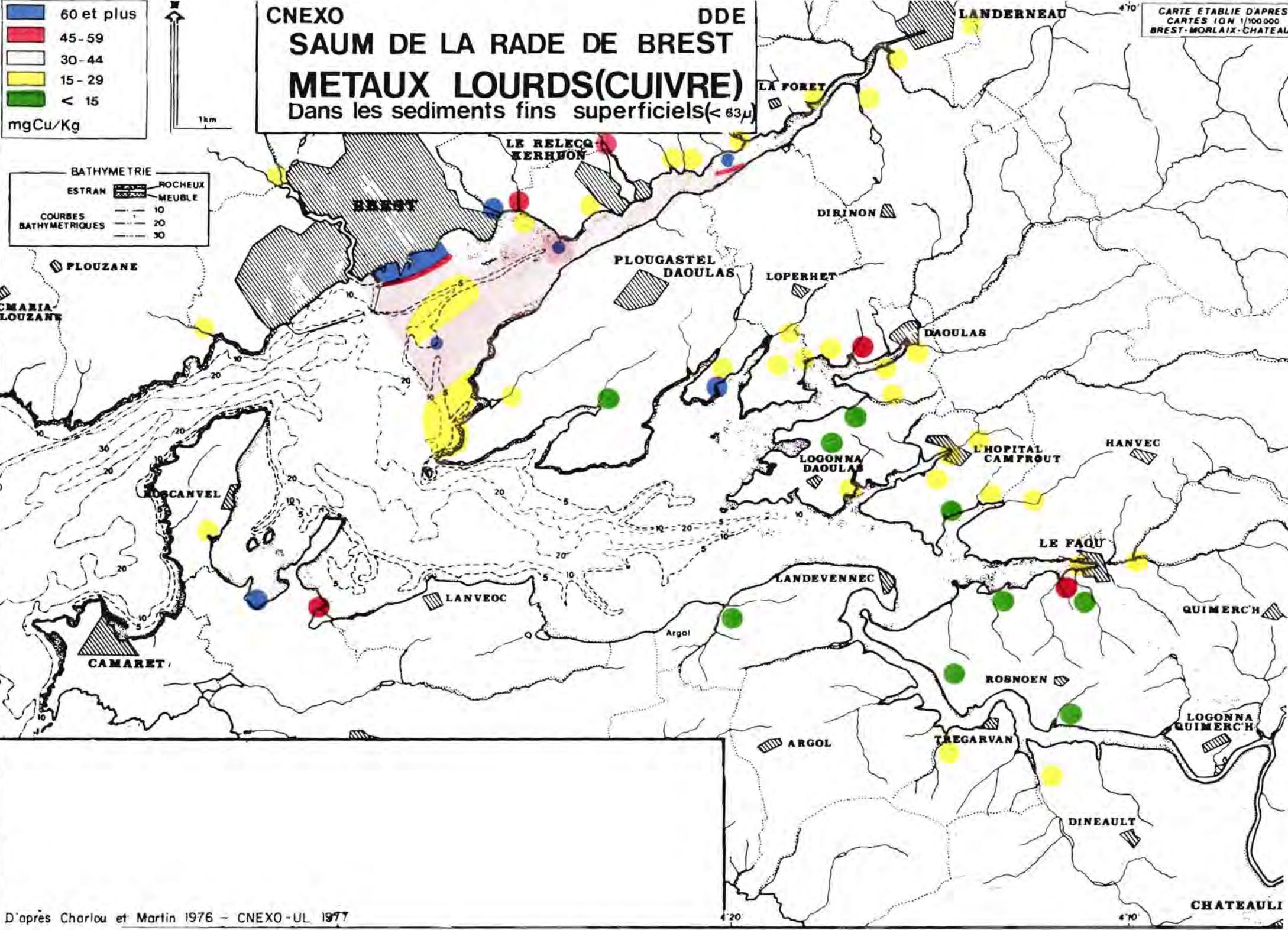
- "1) à proximité immédiate de la forme de radoub n° 2 (teneurs en cuivre et zinc très élevées et absence de macrofaune),
- 2) dans la partie Nord du Port de Commerce (fortes teneurs en cuivre et zinc et sélection d'espèces),
- 3) sur le Banc de St-Pierre,
- 4) dans l'Anse du Moulin-Blanc (où l'on constate les plus fortes teneurs en cuivre dans les *Arenicola marina*) et la Baie de Plougastel,
- 5) dans l'Estuaire de l'Elorn."

(1) D'après FABRE-TESTE, L. (1977).



CNEXO **DDE**
SAUM DE LA RADE DE BREST
METAUX LOURDS(CUIVRE)
 Dans les sediments fins superficiels (< 63µ)

CARTE ETABLI D'APRES
 CARTES IGN 1/100.000
 BREST-MORLAIX-CHATEAULI



D'après Charlou et Martin 1976 - CNEXO-UL 1977

L'origine du cuivre et du zinc se situe dans la zone industrialisée et urbanisée de Brest, du Relecq et de Landerneau.

Les teneurs en cuivre et zinc décroissent en s'éloignant du Port de Brest et en allant vers la partie Sud de la Rade où les concentrations dans les sédiments et les alluvions des ruisseaux sont en général faibles. Il en va d'ailleurs de même pour les concentrations dans les mollusques (COUM, A., 1976).

Si, dans l'état actuel de nos connaissances, des problèmes de pollution par le cuivre devaient se présenter, le site géographique probable en serait la partie Nord de la Rade et plus précisément le Port de Commerce et une ceinture autour de celui-ci.

L'observation des concentrations du cuivre dans les dix premiers centimètres superficiels des sédiments montre que la tendance de l'évolution des concentrations est à l'augmentation. Les mêmes observations ont été faites pour le zinc et le plomb. Il est vraisemblable que l'accroissement de l'activité de réparation navale par l'ouverture de la nouvelle cale de radoub se traduise par un accroissement de l'impact sur le milieu environnant.

A partir de la zone très concentrée en métaux (Port) les vases peuvent être transportées dans la Rade par le jeu des courants et des marées, et suivre des passages préférentiels. Les analyses mettent en évidence une dissémination très irrégulière à partir de la zone considérée "très polluée" et une accumulation évidente sur les bancs vaseux (Banc de Saint-Pierre, Banc du Corbeau, Banc de Plougastel).

En conclusion, on peut dire que l'ensemble de la partie de la Rade située au Nord du parallèle de la Pointe du Corbeau constitue l'aire de dispersion des vases chargées en métaux lourds avec dépôt préférentiel sur les fonds inférieurs à 5 m. Les teneurs en métaux lourds ne présentent actuellement pas de danger direct pour la faune marine ou de toxicité pour l'homme, sauf à proximité immédiate des formes de radoub.

7) REFERENCE AUX AUTRES SITES COTIERS FRANCAIS (R.N.O. 1978).

MOYENNES SUR TROIS ANNEES DE MESURES (SEPTEMBRE 1974-AOUT 1977)

		SELS NUTRITIFS (natg/l)				APPORT TOTAUX 77 EN TONNES $\times 10^4$		MICROPOLLUANTS MINERAUX (en $\mu\text{g/L}$)					DETER- GENTS ANIO- NIQUES ($\mu\text{g/L}$)
		N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₄	P-PO ₄	N	P	Cu	Cd	Zn	Pb	Hg	
BAIE DE SEINE Chenal (2)	29,9	38	2,1	7,5	3,9	10,8	1,4	4,8	2,2	62	2,7	0,15	34
RADE DE BREST Nord Rade (4)	34,2	10 ^x	0,25	1,5	0,42	0,73	0,035	1,4	0,17	3,9	0,64	0,04	25
ESTUAIRE GIRONDE Chenal	26,0	29	0,48	1,8	1,1	5,52	0,31	10	1,0	27	2,8	0,15	12
GOLFE DE FOS Rhone (They)	31,9	17	0,47	3,3	1,1	6,35	0,84	1,3	0,11	3,9	2,0	0,05	20
CANNES-VILLEFRANCHE Baie Centre	38,0	0,4	0,14	0,44	0,03			0,22	0,03	2,5	0,35	0,00	29

^x Cette valeur moyenne faible s'explique par le fait que les nitrates présentent des valeurs proches du zéro durant la période qui s'étend du mois de mai au mois de septembre.

IV) MATIERES OXYDABLES

L'apport des matières oxydables à la Rade de BREST, qui comprend notamment les sels nutritifs oxydables (NH_4 , NO_2), englobe l'ensemble de la matière organique rejetée par les animaux, l'homme et ses industries.

Cet apport impose au milieu marin et estuarien une contrainte traduite en consommation d'oxygène dissous nécessaire à la dégradation de ces matières organiques, consommation exprimée en DBO et DCO. (Demande biochimique en oxygène)
(Demande chimique en oxygène)

Si l'on veut conserver à telle partie de la Rade son potentiel biologique entier, il convient de veiller à ce que cette contrainte ne dépasse pas la capacité du milieu de fournir ou de renouveler l'oxygène consommé, dépassement qui se traduirait par un déficit de l'oxygène dissous (DOD) par rapport au taux de saturation, déficit qui peut s'accroître jusqu'à disparition complète de l'oxygène (anoxie).

L'estimation des rejets de matières oxydables (M.O.) et de matières en suspension (M.E.S.) à partir de l'évaluation forfaitaire, est un des domaines d'intervention des Agences Financières de Bassin ; "il ne s'agit que d'une approximation de la réalité, probablement inférieure à celle-ci" (G.I.P.M., 1973). Il faut notamment y ajouter les apports de type diffus principalement engendrés par l'élevage. La carte ci-contre indique l'apport théorique journalier que l'on peut considérer comme minimum, puisqu'il tient compte d'un niveau d'épuration qui n'est peut être pas toujours atteint dans la réalité. C'est pourquoi il nous a semblé utile de faire figurer la production potentielle de l'ensemble du bassin versant considéré.

CNEXO DDE
SAUM DE LA RADE DE BREST
 PRODUCTION DES BASSINS ET REJETS ESTIMES EN
 M.O et M.E.S en TONNES / JOUR

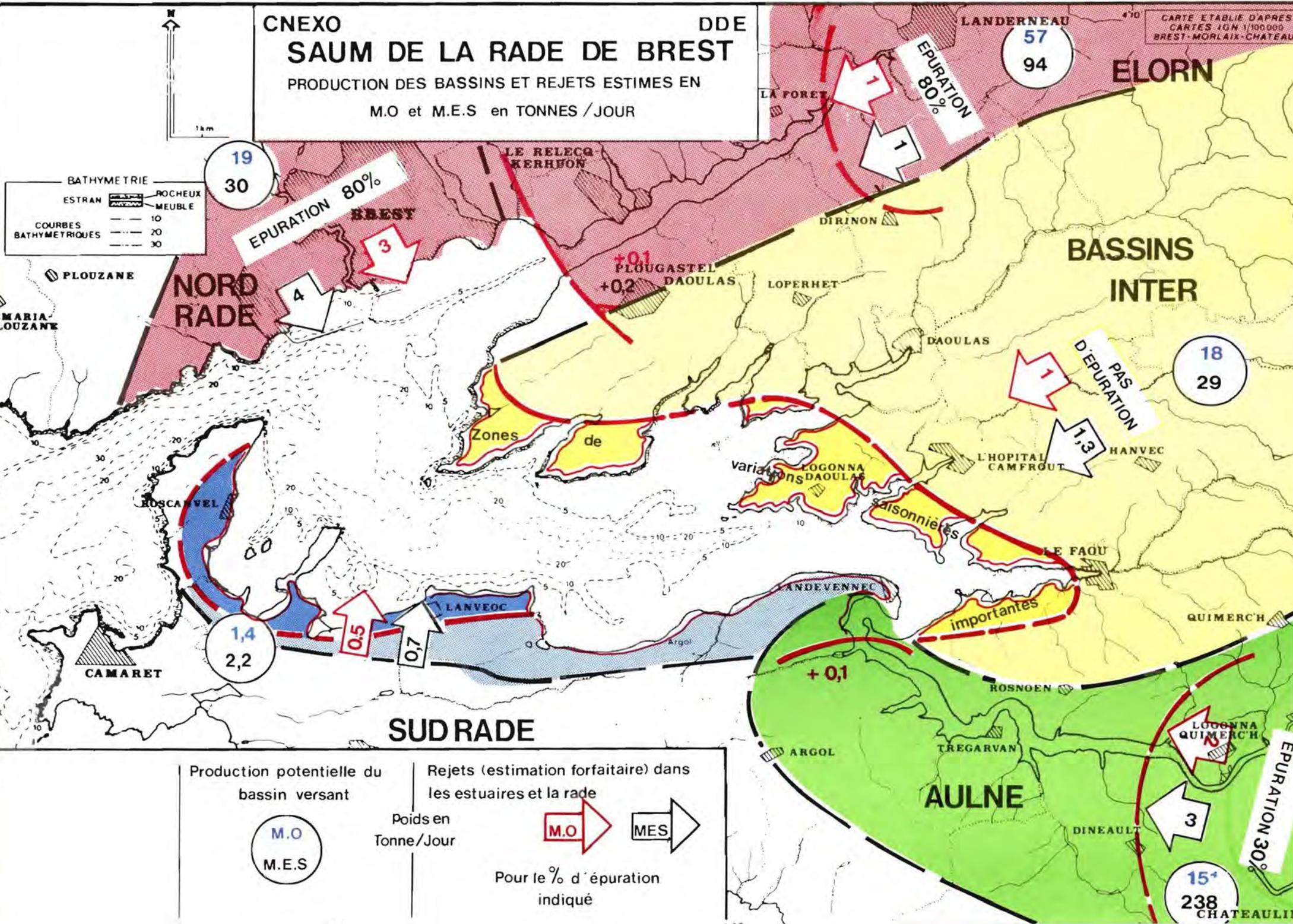
CARTE ETABLI D'APRES
 CARTES IGN 1/100 000
 BREST-MORLAIX-CHATEAULIN

BATHYMETRIE

ESTRAN ROCHER MEUBLE

COURBES BATHYMETRIQUES

10
20
30



19
30

EPURATION 80%

NORD RADE

4

3

Zones de variat ions saisonniè res importantes

+0,1
+0,2

DIRINON

EPURATION 80%

57
94

ELORN

BASSINS INTER

PAS D'EPURATION

18
29

1,13

1,4
2,2

0,5

0,7

SUD RADE

+0,1

AULNE

3

EPURATION 30%

15
238

Production potentielle du bassin versant

M.O
M.E.S

Rejets (estimation forfaitaire) dans les estuaires et la rade

Poids en Tonne/Jour

M.O

MES

Pour le % d'épuration indiqué

Les sources de matière oxydable en Rade

1) Les estuaires de l'ELORN et de l'AULNE

- Le bassin de l'ELORN produisait environ 4,8 tonnes/jour de matière oxydable dont 4 tonnes/jour rejetées directement dans la zone de l'estuaire (LANDERNEAU compris) en 1972.
La charge en 1975 se serait accrue d'environ 20 % par rapport à 1972 (2) soit un rejet en estuaire de 4,8 tonnes/jour, théoriquement épurées à 80 %, soit une charge résiduelle de 1 tonne/jour.
- Le bassin de l'AULNE produisait environ 10 tonnes/jour de matière oxydable en 1975, dont 30 % environ rejetées en milieu estuarien (CHATEAULIN, PORT-LAUNAY, PONT-DE-BUIS 50.000 éq./hab. sur 180.000 environ) soit 3 tonnes/jour avec une épuration de 80 % sur 40 % des rejets, soit environ 2 tonnes/jour de charge résiduelle.
(Les mesures de DBO_5 effectuées en 1972 dans l'AULNE à CHATEAULIN donnaient le 28/06 1,7 tonne/jour de DBO_5 = teneur 1,4 mgO_2/l x débit 14 m^3/s).

2) Les bassins de la Rade

- La capacité de production de matières organiques de l'agglomération brestoise est élevée mais sa capacité d'épuration l'est également.
- la multiplicité des points de rejets sur le littoral des Bassins Intermédiaires (de Plougastel au Faou) divise un volume d'apports non négligeable qui doit s'accroître en été (estivants) et qui est encore peu épuré.
- Les rejets de la zone Sud-Rade sont, au contraire, groupés vers l'Ouest dans les anses de Poulmic, du Fret et de Roscanvel.

(1) Estimation forfaitaire de l'Agence de Bassin (1972).

(2) Estimation forfaitaire de l'Agence de Bassin (1977).

1) Etude I.N.S.E.R.M. 1968-1969

Dans un travail mené par la Section des Maladies Transmissibles de l'I.N.S.E.R.M. en 1968-1969 des mesures comparatives ont été effectuées dans quatre sites distincts de la Rade ; les résultats concernant les matières organiques et la D.B.O. sont présentés ci-dessous : il faut auparavant remarquer que du point de vue hydrologique (position dans l'estuaire) traduit par la salinité, seuls les points de Landerneau et de Daoulas sont comparables :

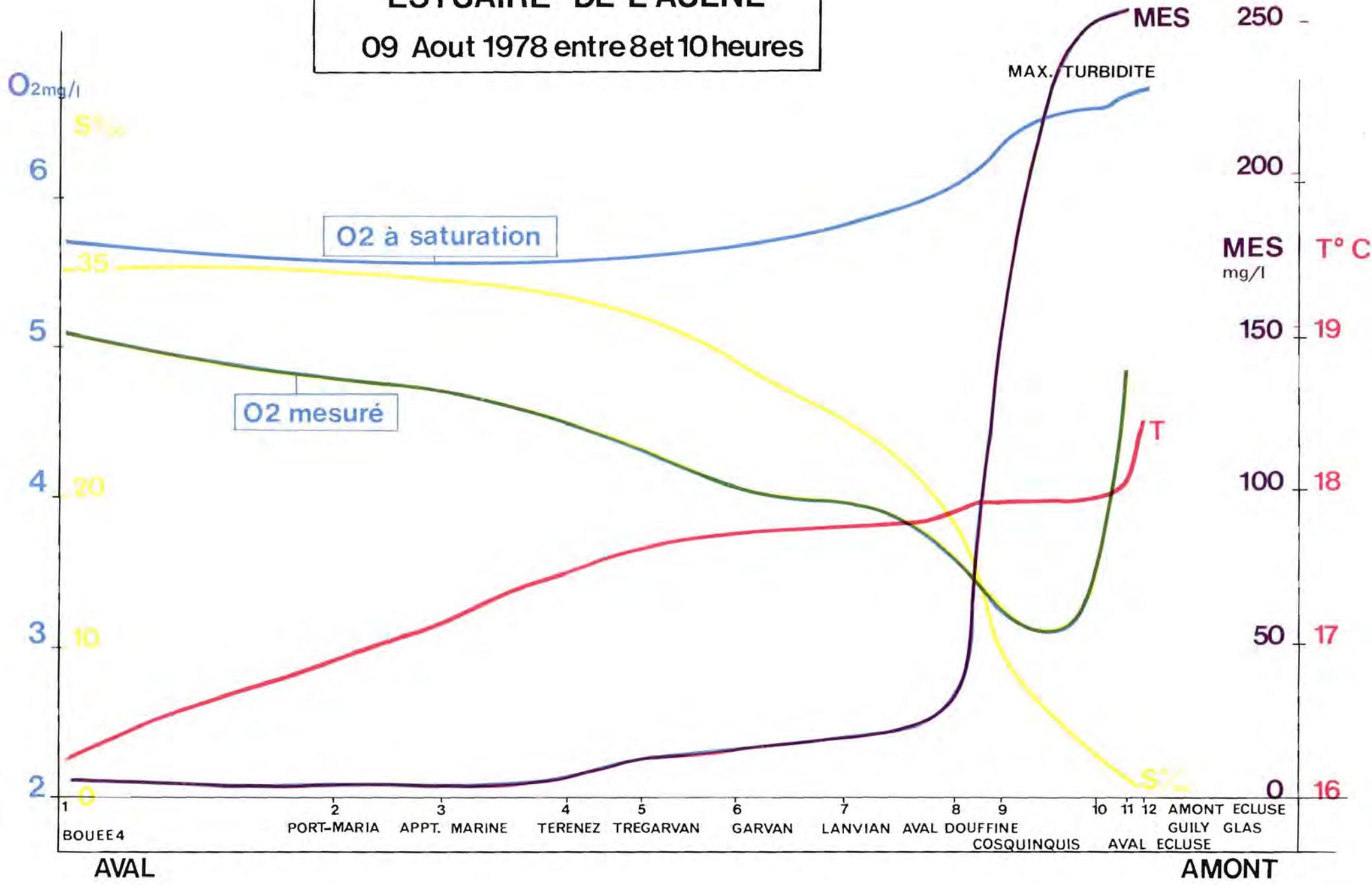
Moyenne sur l'ensemble des prélèvements	Rivière Aulne à Port-Launay	Limite estuaire-rivière Daoulas	Estuaire de la rivière du Faou	Estuaire de l'Elorn Landerneau
Nombre prélèvements	96	48	66	48
Salinité (g/ kg)	0,83	6,61	29,34	4,93
Matière organique	3	2,20	0,80	2,45
DBO ₅ (mgO ₂ /l) mg/l	3,41	2,79	1,70	4,73
O ₂ (mg/l)	9,96	11,02	8,99	7,93
pH	7,26	7,95	8,03	7,23

Compte-tenu des débits moyens, cela donnerait un apport de 6,9 tonnes/jour de matières organiques apportées par l'Aulne.

Selon le même rapport I.S.E.R.M. , il semble que l'apport de pollution provenant de l'Aulne soit constant au cours de l'année, la concentration de la pollution organique réglée par le débit étant plus forte en été qu'en hiver. La S.E.P.N.B. note "un maximum en novembre probablement dû à la remise en suspension des particules organiques."

ESTUAIRE DE L'AULNE

09 Aout 1978 entre 8 et 10 heures

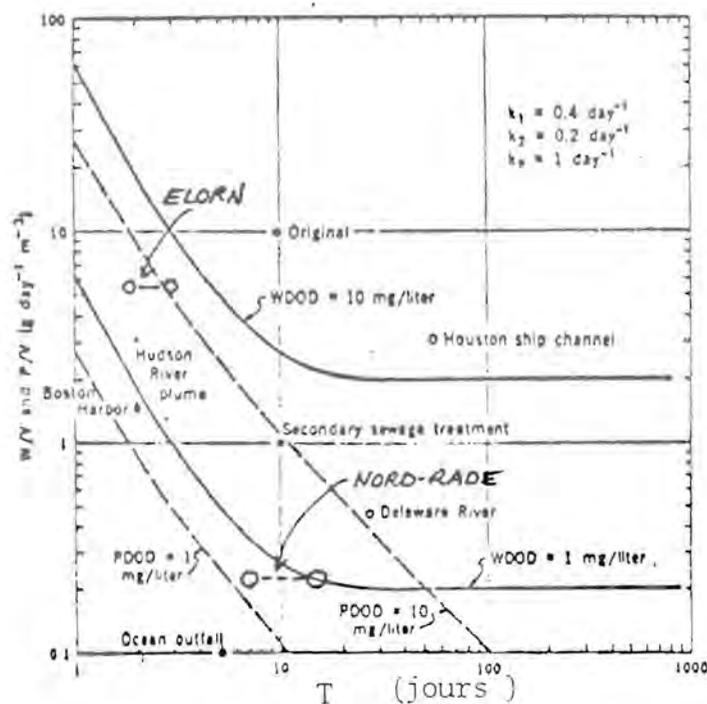


2) Le déficit en oxygène dans les estuaires (1978)

Selon les mesures récentes effectuées dans l'AULNE et l'ELORN, il est possible d'avancer les points suivants :

- la demande en oxygène croît avec les matières en suspension dans les deux estuaires,
- la partie organique des matières en suspension est proportionnellement plus importante dans l'ELORN que dans l'AULNE.

En conséquence, la partie amont des estuaires de l'ELORN ou de l'AULNE est exposée à un déficit chronique en oxygène, dont le maximum doit plus ou moins suivre le déplacement du bouchon vaseux. La carte ci-contre montre la situation coincidente du minima d'oxygène et du maxima de matières en suspension (turbidité) mesurés dans l'estuaire de l'AULNE.

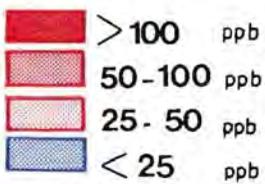


Le graphique ci-joint, dû à OFFICER (C.B.) permet de définir le déficit, connaissant d'une part le volume des apports de matières oxydables (W), et d'autre part le volume liquide récepteur (V), et son temps de renouvellement (T) en jours.

Le déficit serait en tout temps inférieur à 1 mg/l dans la zone Nord de la Rade mais serait plus élevé dans les parties internes des estuaires (notamment l'ELORN) où il fluctuerait selon les saisons (débits fluviaux) entre 1 et 10 mg/l. Au vu de ces premières estimations une épuration s'imposerait surtout pour les effluents rejetés dans les parties internes des estuaires. Cette méthode permet de définir dans quels sites il convient a priori de contrôler les teneurs en oxygène dissous. Elle nécessite cependant la connaissance préalable de données hydrologiques précises qui sont actuellement en cours d'obtention.

CNEXO DDE SAUM DE LA RADE DE BREST PCB DANS LE SEDIMENT

CARTE ETABLIE D'APRES
CARTES IGN 1/100 000
BREST-MORLAIX-CHATEAU



● Point de mesure



● PLOUZANE

● MARIA-LOUZANE

● ROSCANVEL
● CAMARET

● LE RELECQ-KERHON

● BREST

● PLOUGASTEL DAULAS

● LOPERHET

● DIRINON

● DAULAS

● LOGONNA DAULAS

● L'HOPITAL CAMFROUT

● HANVEC

● LE FAOU

● QUIMERC'H

● LANDEVENNEC

● LANVEOC

● Argol

● ROSNOEN

● ARGOL

● TREGARVAN

● LOGONNA QUIMERC'H

● DINEAULT

● CHATEAULI

V) LES ORGANOCHLORES

Les polychlorobiphényles (= PCB) sont employés dans l'industrie comme agents diélectriques dans les transformateurs et les condensateurs comme solvants pour matières adhésives, peintures, ou encore comme fluides échangeurs de chaleur.

Teneurs dans les eaux : distribution dans la Rade de Brest (MARCHAND, M. et J.C. CAPRATS, 1977 - CNEXO/COB)

Dans l'ensemble, la distribution des concentrations mesurées des quatre résidus organochlorés identifiés sur l'ensemble de la Rade de BREST est relativement homogène. La plus grande homogénéité des résultats est observée pour l'isomère γ HCH et la plus grande dispersion pour les composés du D.D.T. Deux zones nous semblent présenter de légers maxima : la zone du Port de BREST pour les teneurs en lindane γ HCH et en P.C.B., et la partie orientale de la zone Sud de la Rade soumise à l'influence de l'AULNE pour les teneurs en lindane et γ HCH pesticide en résidus du DDT. Il ne semble pas que l'ELORN soit une source de pollution résiduelle d'organochlorés pour la Rade de BREST. Une légère décroissance des teneurs de P.C.B., et des isomères α H.C.H. et γ H.C.H. (lindane) est observée dans la zone océanique voisine, extérieure à la Rade.

Il apparaît que les niveaux résiduels de D.D.T. et de P.C.B. dans l'eau de mer de la Rade de BREST sont peu élevés en comparaison des valeurs observées dans certaines zones côtières françaises (DUNKERQUE, Baie de SEINE, MEDITERRANEE) ou américaines.

Teneurs dans le sédiment (MARCHAND, M. et J.C. CAPRAIS, 1977 - CNEXO/COB)

Les plus fortes concentrations en P.C.B. sont observées au niveau du port de BREST, à l'embouchure de l'ELORN et à proximité de l'ILE LONGUE (installations navales). Des teneurs non négligeables de P.C.B. dans les sédiments prélevés dans la zone Sud de la Rade reflètent vraisemblablement l'influence des apports fluviaux de l'AULNE. Les plus fortes concentrations de D.D.T. dans le sédiment se situent dans la zone du Port de BREST et à un degré moindre, à l'embouchure de l'ELORN et dans la zone méridionale de la Rade.

Des études sont en cours pour définir les processus d'apports (eau, air et pluie) et les mécanismes de transfert de ces composés dans l'environnement marin.

CONCENTRATIONS OBSERVEES DANS LA RADE DE BREST

Unité ng/l = nanogrammes par litre

EAU DE MER	Nombre d'analyses	α HCH	γ HCH	Σ DDT	PCB
Teneurs moyennes de mars à septembre 1977	63	1,4 \pm 0,4	1,5 \pm 0,5	1,7 \pm 3,3	4,1 \pm 2,9
Zone extérieure	18	1,3 \pm 0,4	1,2 \pm 0,4	1,6 \pm 1,3	3,7 \pm 1,9
Zone centrale	15	1,4 \pm 0,5	1,5 \pm 0,4	1,0 \pm 0,9	3,2 \pm 1,2
Zone du Port de BREST	11	1,5 \pm 0,5	1,9 \pm 0,6	4,0 \pm 7,5	5,9 \pm 5,4
Zone Sud (Aulne)	4	1,5 \pm 0,2	1,7 \pm 0,2	2,1 \pm 1,1	3,4 \pm 1,6
Zone Nord (Elorn)	2	1,5 \pm 0,1	2,0 \pm 0,1	0,4 \pm 0,0	3,4 \pm 0,1

SEDIMENT

Teneurs exprimées en ng/l = nanogrammes par litre

Pas de lindane

Σ DDT : de non déterminé à 17,6

PCB : de 0,4 à 184,1

VI) HYDROCARBURES

1) Généralités

Le mot "hydrocarbures" est un terme très général, pour le chimiste, il désigne tous les corps organiques composés de carbone et d'hydrogène, allant des paraffines aux terpènes. Pour le législateur, il englobe un ensemble de produits industriels de compositions différentes. Et, aux termes des dispositions de l'Article 1 de la Convention Internationale de 1954 de l'I.M.C.L. pour la prévention de la pollution de la mer, sont appelés "hydrocarbures" :

- le pétrole brut
- le fuel-oil
- les boues
- les résidus d'hydrocarbures
- les produits raffinés dérivés des précédents

2) Observations récentes

"D'une façon générale les teneurs totales mesurées dans les eaux côtières sont inférieures à 20 µg/l (0,02 mg/l). Lors d'une étude effectuée en avril 1976, P. GENTIER a montré que ces teneurs, habituellement liées à la floraison printanière, avaient subi des variations importantes. En effet, en raison de l'échouage du "Boehlen", des teneurs de 7 à 15 fois supérieures avaient été observées dans les eaux de la Rade de Brest.

Le 25 avril 1978 (soit un mois et demi après l'échouage de l'Amoco-Cadiz), des teneurs inférieures à 20 µg/l sont mesurées dans la Rade de Brest, donc à leur niveau habituel. Par contre, dès la sortie du Goulet, de Camaret (24 µg/l) à la Parquette (66 µg/l) et à Bertheaume (75 µg/l), des teneurs anormales sont encore trouvées en surface (MOREL, G. et P. COURTOT, 1978).

3) Conclusion

"La Rade de Brest ne semble soumise actuellement qu'à une faible pollution d'origine pétrolière proprement dite (...). Cette conclusion vaut pour les sédiments et la masse de l'eau ; elle ne peut pas être appliquée pour les eaux superficielles certainement souillées par places par des films d'hydrocarbures (CNEXO, 1973).

Mais les teneurs peuvent augmenter brutalement par suite de déversements accidentels intérieurs ou extérieurs à la Rade principalement lorsque le vent favorise la progression des nappes d'hydrocarbures.

II.B. LES PROBLEMES DE LA RADE DE BREST

NATURE ET ETENDUE DES IMPACTS DES ACTIVITES SUR LA QUALITE DU MILIEU MARIN
(EAU OU SEDIMENT OU ECOSYSTEMES)

Nature des apports Activité	Demande en oxygène	Sels nutritifs	Métaux	Bactéries	P.C.B.	Pesticides	Hydrocarbures	Zones affectées
Agriculture		Impact actuel				Impact faible		Sels nutritifs : toute la rade Pesticides : - Sud-Rade
Elevage	Impact localisé probable	Généralisé		Impact actuel localisé				Ruisseaux pourtour Rade Estuaires Elorn-Aulne Eaux côtières - Sud-Rade
Agglomérations	Impact actuel localisé	Impact actuel localisé	Impact actuel localisé	Impact actuel localisé	Impact actuel localisé			Elorn - Penfeld Aulne Nord-Rade
Industries agro-alimentaires	Impact actuel localisé	Impact localisé		Impact actuel localisé				Elorn Aulne Nord-Rade
Industries métallurgiques et navales Fort			Impact actuel localisé		Impact localisé		Impact accidentel à prévoir	Nord-Rade pour PCB et métaux ensemble Rade pour hydrocarbures
Bilan des risques	Situation actuelle	Risque faible et localisé	Risque de toxicité pour faune en rivière	Risque très localisé	Risque immédiat	Faible et localisé	faible	faible
	Situation prévisible	Risque possible dans les estuaires	Risque sur potabilité des eaux fluviales et éventuellement d'eutrophisation dans les estuaires	Faible si zone affectée ne s'étend pas	Intensification notable des impacts si non épuration	Fonction de l'extension de la zone affectée		Risques accidentels
Zones principalement influencées (synthèse)	Amont estuaires Elorn Aulne	Estuaires Elorn Aulne Penfeld	Nord-Rade Estuaire de l'Elorn	Estuaires eaux côtières surtout Nord-Rade	Nord-Rade Estuaire	Estuaires	Toute la Rade	

III - SOLUTIONS PRECONISEES

A) SOLUTION GENERALE : LE ZONAGE DES ACTIVITES

I) RAPPEL DES NOTIONS

1) Les activités influent sur la qualité du milieu marin

Dans le milieu avoisinant les zones industrielles et urbaines (eau, sédiment, faune), il existe des "auréoles" de concentrations de polluants divers ; les teneurs actuelles, bien que n'atteignant pas, pour le moment des niveaux alarmants, montrent bien le caractère indubitable de l'impact sur le milieu des rejets ponctuels et diffus dans ces zones. Malgré toutes les précautions possibles, il existe toujours :

- . des risques à caractère accidentel,
- . des rejets diffus non contrôlables (ruissellement de surface, par exemple).

C'est pourquoi le développement prévisible de ces activités risque vraisemblablement d'entraîner un accroissement des impacts.

Les activités agricoles influent plus globalement sur les eaux de la Rade, en particulier par l'intermédiaire des eaux du bassin de l'Aulne. Un accroissement de ces activités sur les bassins versants (agriculture, élevage) doit également entraîner une augmentation de ces impacts sur l'ensemble des eaux de la Rade.

2) Les eaux du Nord de la Rade dérivent vers le Sud

L'étude courantologique montre que, dans certaines conditions, les eaux provenant de la zone de l'embouchure de l'Elorn et avoisinant l'agglomération brestoise peuvent en quelques heures, atteindre la branche Sud de la Rade.

Cependant, l'examen des paramètres de qualité de l'eau indique qu'à l'heure actuelle, la dilution s'effectuant durant ces transits est suffisante pour assurer une bonne qualité dans le secteur Sud.

Par contre, une source d'apports située plus au Sud risquerait d'affecter cette partie Sud de la Rade.

04°30

04°25

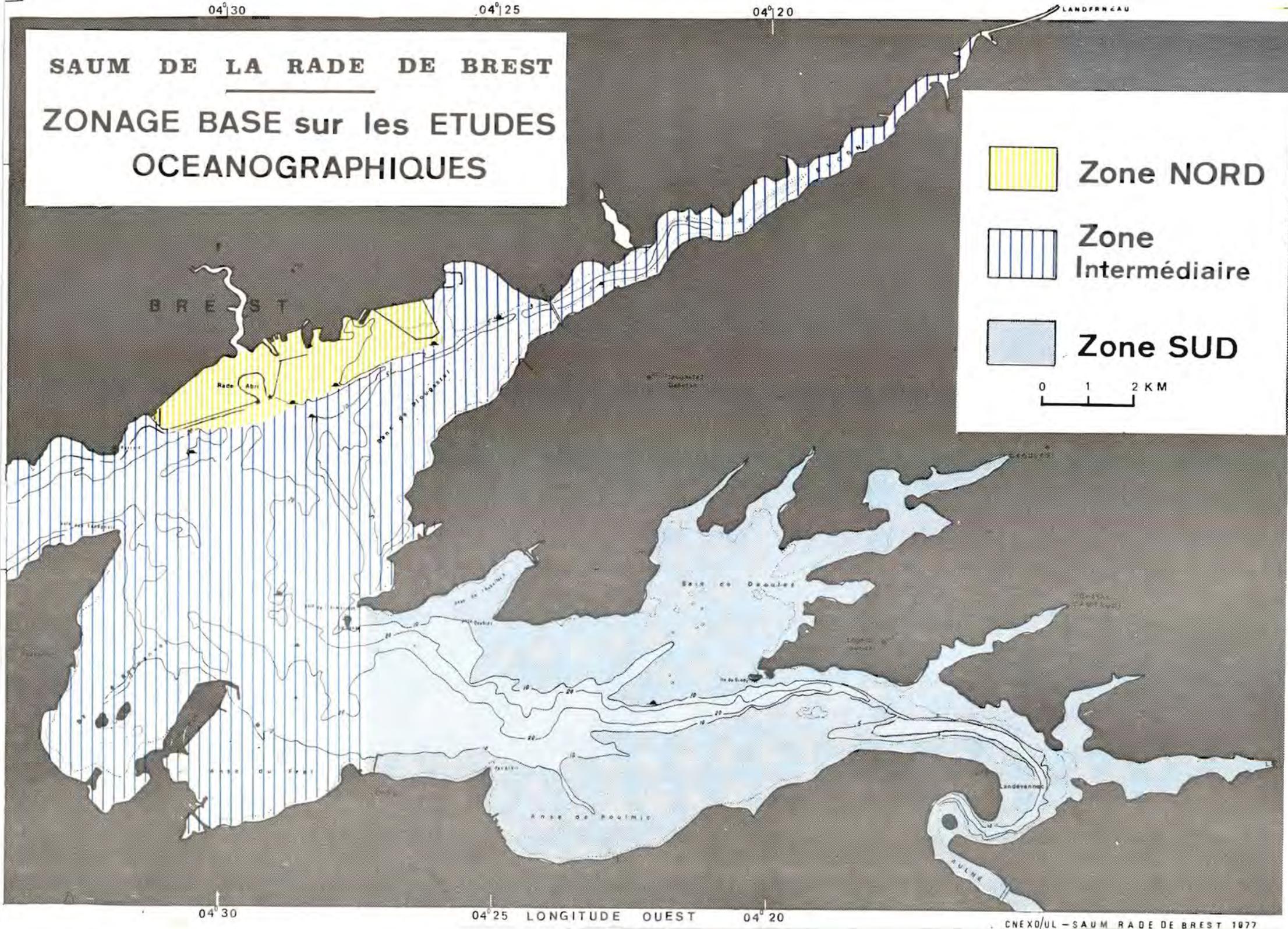
04°20

LANDFRNCAU

SAUM DE LA RADE DE BREST
ZONAGE BASE sur les ETUDES
OCEANOGRAPHIQUES

-  Zone NORD
-  Zone Intermédiaire
-  Zone SUD

0 1 2 KM

04°30

04°25 LONGITUDE OUEST 04°20

3) Sur le plan du milieu naturel, la Rade de Brest est elle-même zonée

Trois zones se dégagent :

- . deux zones à caractère estuarien : le Nord (Elorn) et le Sud (Aulne),
- . une zone plus marine où se mélangent les eaux des deux premières zones et les eaux marines.

4) L'étude des sites favorables à l'aquaculture montre la grande richesse de la partie Sud de la Rade

Si on veut maintenir et développer le potentiel aquacole de la Rade, comme le préconise le Schéma d'Aménagement du Littoral Breton et des Iles, tout en conservant et développant les activités industrielles :

IL EST NECESSAIRE D'EVITER A TOUT PRIX UN RISQUE DE CONFLIT ENTRE CES DEUX ACTIVITES EN SEPARANT GEOGRAPHIQUEMENT LES ZONES CONSACREES A CES ACTIVITES ET EN MAINTENANT UNE ZONE INTERMEDIAIRE DE DILUTION (Z. TAMPON).

Il est non moins nécessaire de prévenir toute influence néfaste provenant des activités agricoles ; la partie Sud de la Rade, sous l'influence principale de l'Aulne est, en effet, particulièrement ouverte aux apports, non seulement de ce dernier bassin, mais aussi de ceux des rivières de Daoulas, L'Hopital, Le Faou et des rivages de la Rade.

II) CONSEQUENCES

1) Proposition de zonage (basée sur l'analyse océanologique de la Rade)

- . La zone NORD réservée au développement des activités industrielles comprend la rive NORD de la Rade,
- . La zone SUD réservée au développement des activités requérant une bonne qualité de l'eau (aquaculture, conchyliculture, pêche, loisirs) couvre la partie SUD de la Rade.
- . Une zone intermédiaire, dite "tampon", capable de diluer les apports de la zone NORD, occupe le centre de la Rade et l'estuaire de l'Elorn, ce qui implique de ne pas industrialiser la presqu'île de PLOUGASTEL. Ces trois zones figurent sur la carte ci-contre.

2) Mesures de contrôles

- . Contrôle des émissions venant du Nord (Port de Brest) et épuration de l'estuaire de l'Elorn.
- . Contrôle et épuration des apports aboutissant directement dans la partie Sud de la Rade, avec, notamment, la prise en compte des problèmes d'apports diffus agricoles.

B) RECOMMANDATIONS PRATIQUES

1) ETABLISSEMENT D'UN SCHEMA D'ASSAINISSEMENT GLOBAL POUR LA RADE

Les études ont montré que les différentes parties de la Rade étaient non seulement bien caractérisées, mais solidaires les unes des autres. Il s'ensuit que l'assainissement d'une partie de la Rade ne peut se concevoir indépendamment de celui d'une autre partie ; une action concertée s'impose.

- Sachant ce que l'on veut faire dans telle zone, il faut d'abord définir les normes de qualité des eaux convenant à l'activité choisie.

Il n'existe officiellement en France, pour le milieu marin, que des normes bactériologiques, les unes concernant la salubrité des zones conchylicoles, les autres celle des zones de baignade. Pour les paramètres tels que sels nutritifs, métaux, organochlorés, hydrocarbures, on pourrait, dans un premier temps, utiliser des normes étrangères existantes (1) et par la suite, les adapter si nécessaire aux conditions locales.

- En considérant les paramètres dont le niveau excède le plus souvent les normes connues, on peut ensuite définir des priorités d'assainissement et élaborer un planning d'équipement.

Les problèmes les plus urgents déjà recensés (II.B.) concernent surtout l'état bactériologique des estuaires et de certains rivages de la rade. Viennent ensuite les questions de sels nutritifs.

(1) Water Quality Control Plan. Ocean Waters of California - Chapitre IV - Table B.

- La norme de rejet qui conditionne le niveau de traitement des effluents groupés urbains et industriels sera définie en fonction des normes prévues pour les eaux de la zone réceptrice (rade, estuaires).

Le calcul des normes de rejet doit tenir compte des facultés de dilution et de diffusion de l'élément considéré (matière organique, bactéries, sels nutritifs) d'une part, et du volume, du pouvoir d'auto-épuration, de dispersion et d'évacuation du milieu récepteur d'autre part.

Il faut prévoir, en outre, une marge de sécurité tenant compte des apports supplémentaires de type diffus.

- La surveillance du respect des normes dans les milieux considérés pourrait être effectuée en collaboration. Une commission inter-administrative, réunissant les services responsables, répartirait les tâches de prélèvement, d'analyse et de diffusion des résultats.

L'animation de cette commission pourrait être assurée par la D.D.E., chargée de la Cellule Anti-Pollution, avec l'aide de la D.D.A.S.S., de la D.D.A., du C.N.E.X.O. et de l'Université.

Les trois points d'observation R.N.O. (C.N.E.X.O.) situés dans la Rade, pourraient être utilement complétés par des points dans les estuaires (Cellule Anti-pollution) et dans les rivières (D.D.A.).

Il serait possible de synchroniser les observations dans les différents milieux, seul moyen de donner une vision globale des relations de cause à effet entre les bassins versants et la Rade.

II) PRISE EN COMPTE DES FACTEURS NATURELS DANS LA CONCEPTION DES EQUIPEMENTS

Le plus souvent, le choix du site de rejet est lié à la présence de la station d'épuration dont la position elle-même dépend de la configuration du réseau et de la topographie de l'espace urbain et industriel à assainir.

1) Rejets ponctuels

Dans le cas où l'on peut choisir le site de rejet (avant conception du réseau) il convient de tenir le plus grand compte de la morphologie de la côte et des courants côtiers.

C'est ainsi qu'en Rade de Brest :

- les rejets effectués à l'Ouest d'une ligne joignant Brest à l'Ile Longue seront plus rapidement évacués de la Rade que les autres, à cause de la composante Sud - Nord de la partie Ouest du vortex (tourbillon) central,
- il est recommandé de rejeter dans la tranche d'eau supérieure puisque les courants résiduels de la tranche d'eau profonde sont généralement orientés vers l'amont, et risquent de ramener les effluents dans les parties internes de la Rade. De plus, les eaux du fond possèdent une inertie qui se traduit par une moindre sensibilité aux influences continentales que les eaux de surface et une qualité proche de celle des eaux côtières (néritique externe), qualités qu'il est important de ne pas perturber cette qualité par des apports polluants qui, pour les mêmes raisons (inertie de mélange) y resteraient stockés plus longtemps.

- les rejets effectués dans la Rade proprement dite seront moins néfastes que les rejets effectués dans les estuaires. En effet, ces derniers présentent un rapport plus défavorable entre volume récepteur et volume d'effluents injectés, situation aggravée en étiage, à basse mer et en vive eau.

De plus, les estuaires constituent le passage obligé des poissons migrateurs, ainsi que des secteurs traditionnellement favorables au captage du naissain d'huître et de nombreux gisements naturels conchylicoles y sont implantés.

2) Pertes diffuses

L'ensemble du pourtour de la Rade est occupé à des degrés divers par une agriculture active, susceptible d'influencer les eaux du proche littoral par ruissellement, érosion, percolation et suintement d'eaux chargées d'éléments minéraux et organiques.

Les caractéristiques du sol et du sous-sol (topographie, pédologie, géologie) doivent servir de base à toute mesure de protection du milieu marin :

- la pente, parce qu'elle commande le ruissellement,
- la granulométrie, la structure, l'épaisseur des sols et le mode cultural, comme facteurs de rétention et de fixation des éléments nutritifs.

Le premier moyen de planification dont devraient disposer les responsables et les agriculteurs pourrait être une carte des zones où l'épandage des fertilisants minéraux ou organiques peut influencer sur la qualité des eaux courantes et marines, carte regroupant et synthétisant les critères précités.

Les unités de culture, englobées dans ce "périmètre d'influence" se verraient attribuer des quotas d'épandage à ne pas dépasser, basés sur les expériences effectuées par l'I.N.R.A. en Bretagne (1).

Ces quotas pourraient être modifiés selon la présence ou l'absence d'obstacles topographiques tels que les talus, ou de filtres naturels tels que les zones marécageuses, prairies humides, zones humides et marais estuariens, bois, tous capables d'assurer une protection supplémentaire des littoraux.

Les modifications ou "dérogations" des quotas nécessiteraient probablement un examen cas par cas sur le terrain.

(1) Convention de recherche 75/50. Centre de Recherches de Rennes - Laboratoire des Sciences du Sol.

B I B L I O G R A P H I E

B I B L I O G R A P H I E

Agence Financière de Bassin Loire-Bretagne. Communication du 8 septembre 1977. Réf. DEG/DEQ/355/BB/CD.

AUFFRET, G.. Thèse sous-presse (Université de Paris).

AUFFRET, G. et L. BERTHOIS, 1968-1969. Contribution à l'étude des conditions de sédimentation dans la Rade de Brest. Cah. Oceanogr., décembre 1968 - mai 1969 - juillet-août 1970.

BASSOULET, P.. Dynamique sédimentaire dans l'Aulne (thèse sous-presse) (Faculté des Sciences, Brest).

BRYAN, G.W., 1976. Heavy metal contamination in the sea. In Marine Pollution. R. Johnston Ed. Academic Press : p. 187.

CHARLOU, J.L. et M. CHARLOT, 1977. Etude géochimique du cuivre et des autres traces métalliques.

CHARLOU, J.L. et J.L. MARTIN, 1976. Les répercussions de la réparation navale sur la pollution de la Rade de Brest par le cuivre. Aspects géochimiques et biologiques. C.N.E.X.O./C.O.B. : 85 p. + annexes.

CNEXO, 1972. Implantation d'un terminal pétrolier en Rade de Brest, examen préliminaire des problèmes éventuels posés par la pollution de la Rade. 1 rapport : 22 p. + 6 rapports annexes.

CNEXO, 1977. S.A.U.M. de la Rade de Brest. Etude courantologique. Rapport Préliminaire. C.O.B./Unité Littoral. Décembre 1977 : 27 p. + figures.

CNEXO, 1978. S.A.U.M. de la Rade de Brest. Rapport Préliminaire à la Sous-Commission "Environnement - Cadre de Vie". C.O.B./Unité Littoral. Juin 1978 : 27 p. + figures.

- CNEXO, 1978. Etude de la qualité des eaux de la rivière Elorn. C.N.E.X.O./C.O.B./U.R.D.A./D.S.-Chimie.
- CNEXO, 1977. Les organochlorés à haut pouvoir moléculaire dans la Rade de Brest. Rapport d'Activités 1977 : pp. 46-49.
- CNEXO/ISTPM, 1977. Inventaire des Sites Potentiels pour l'Aquaculture sur le Littoral du Finistère - Ière phase. Secteur V : Rade de Brest. I.S.T.P.M./C.N.E.X.O./C.O.B./Unité Littoral : 55 p.
- COUM, A., 1976. La spectrophotométrie d'adsorption atomique. Application à l'étude des métaux lourds chez quelques mollusques de la Rade de Brest (D.E.A. Faculté des Sciences, Brest).
- Electricité de France (Direction des Etudes et Recherches), 1968-1969. Etude de la diffusion en Rade de Brest d'un rejet pollué.
- FABRE-TESTE, L., 1977. Etude de métaux lourds dans les sédiments et chez quelques annelides polychètes de la Rade de Brest. C.N.E.X.O./C.O.B./Station Marine d'Endoume : 25 p. + cartes + annexes.
- GENTHEN, P., 1977. Dosage des alcanes dans la Rade de Brest. Variations saisonnières et facteurs extérieurs. Thèse de Spécialité - Laboratoire d'Océanographie Chimique, Université de Bretagne Occidentale, Brest : 60 p.
- GUILLOU, M., 1977. Contraintes anthropiques sur les peuplements benthiques de la Rade de Brest. I.E.M./U.B.O., contrat C.N.E.X.O. 77/5416 : 32 p.

- I.N.S.E.R.M., 1973. Evaluation de la pollution des eaux de surface en plusieurs points en relation avec les zones de conchyliculture de la Rade de Brest. Section des Maladies Transmissibles de l'I.N.S.E.R.M. et Laboratoire des Eaux de l'Ecole Nationale de la Santé Publique. In Rev. Intern. Oceanogr. Méd., tomes XXXI-XXXII, 1973 : pp. 91-121.
- JAWORSKI, N.A., D.W. LEAR, O. VILLA Jr., 1972. Nutrient management in the Potomac Estuary. Nitrient and Eutrophisation. Spec. Symp. I Limnology and Oceanography : pp. 246-73. Likens G.E. Ed.
- LE CORRE, P. et P. TREGUER, 1976. Contribution à l'étude de la matière organique dissoute et des sels nutritifs dans l'eau de mer. Caractéristiques chimiques du Golfe de Gascogne et des upwellings côtiers de l'Afrique du Nord-Ouest. Thèse d'Etat, Université de Bretagne Occidentale : 490 p.
- LE MUT, C., 1977. Etude des sédiments en suspension dans la Rade de Brest (D.E.A. Faculté des Sciences, Brest).
- MARCHAND, M. et J.C. CAPRAIS, 1977. Résidus d'insecticides chlorés et de P.C.B. dans l'eau de mer de la Rade de Brest. Premières observations, mars-juin 1977. 1 rapport : 18 p.
- Marine Nationale (G.E.A.), 1968-1969. Etude de site du Port de Brest.
- Marine Nationale, 1978. Examen de l'Etat de Pollution de la Mer (hydrocarbures). Rapport n° 238. Laboratoire de Chimie de l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine : 20 p.
- MOREL, G. et P. COURTOT, 1978. Résultats préliminaires de la pollution pétrolière par l'Amoco-Cadiz. Teneurs en hydrocarbures totaux dans les eaux de mer de la Rade de Brest à la Presqu'île du Cotentin (mars-avril 1978). Laboratoire d'Océanographie Chimique - U.B.O./Brest. In publ. C.N.E.X.O. n° 6, 1978 : pp. 39-50.

- PARK, Y.H., 1977. Evolution des courants de marée en Rade de Brest (D.E.A. Faculté des Sciences de Brest).
- R.N.O., 1977. Interprétation des résultats R.N.O. concernant le site de Brest. I. Paramètres physicochimiques et hydrobiologiques. II. Métaux lourds et détergents : 18 p. + annexes.
- R.N.O., 1978. Synthèse des travaux de surveillance 1975-1976-1977. Document R.N.O./MG/MCR/111/78.
- RODIER, J., 1975. L'analyse de l'eau. 5ème édition. Dunod Ed. Paris.
- SALOMON, J.C., 1978. Sur un procédé numérique d'exploitation des données courantométriques (Rapport Interne C.N.R.S.).
- SAUZAY, G., 1977. Propagation de polluants en Rade de Brest (Étude C.E.A. Contrat CNEXO).
- S.E.P.N.B., 1976. Pollution de la Rade de Brest. 1 rapport D.D.E. : 187 p.
- S.R.A.E., 1972. Etude de la qualité des eaux de l'Elorn. 1 rapport : 48 p.
- S.R.A.E., 1976. Etude de la qualité des eaux de l'Aulne et de l'Hyères. 1 rapport : 66 p.
- S.R.A.E., 1977. Etude des pesticides dans les eaux courantes de Bretagne. Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes. Laboratoire de Chimie des Eaux et de l'Environnement - A -. 1 rapport : 70 p.