

---

# Rejets polluants de Saint-Malo et Dinard dans l'estuaire de la Rance

## *Pollution of the La Rance estuary by effluent from Saint-Malo and Dinard*

**Philippe Crouzet**

**Paul Boissard**

Agence de Bassin « Loire-Bretagne »

Laboratoire de Télédétection INRA Versailles\*

avec la collaboration de la Direction Départementale de l'Équipement d'Ille-et-Vilaine

---

### Introduction

Les villes de Saint-Malo et de Dinard sont respectivement situées en rive droite et gauche de l'estuaire de la Rance dans lequel elles déversent leurs effluents non épurés, à l'aval de l'usine marémotrice, en fonction depuis 1967 (carte N° 1).

Ces rejets représentent respectivement 86 000 et 28 000 équivalents-habitants. D'autres rejets, de moindre importance pondérale, sont effectués dans la retenue — formée par le barrage de l'usine — qui s'étend dans l'ensemble de la Rance maritime jusqu'à la ville de Dinan.

L'ensemble de ces rejets, véhiculés par les courants, sont sources de nuisances, notamment bactériologiques dans l'estuaire (partie aval du barrage) et dans la retenue. La complexité des mouvements d'eau dans la Rance maritime, mouvements dûs aux marées dont l'amplitude peut atteindre 13,5 m et fortement dépendants de la gestion de l'usine, ne permet pas d'imputer a priori aux rejets les plus massifs la responsabilité majeure des nuisances constatées, comme cela aurait pu être le cas dans un estuaire où le libre jeu des marées n'aurait pas été perturbé.

Aussi, en vue notamment de préciser les rôles respectifs de ces différents rejets et du barrage dans la pollution de la Rance, de manière à permettre la mise en place de moyens adaptés d'épuration et de rejet, la Direction Départementale de l'Équipement d'Ille-et-Vilaine a fait procéder à une étude particulière financée intégralement sur crédits Fiane (\*\*). Cette étude a été réalisée en juin 1976 par la Société Organisation et Environnement, avec l'appui des services locaux de l'Équipement et la collaboration de l'Agence de Bassin Loire-Bretagne.

---

(\*) Précédemment, Membre de la Société Organisation et Environnement (Paris).

(\*\*) CIANE du 6 décembre 1972.

### Choix d'une méthode et de moyens d'étude

La considération des particularités du site a permis, sur la base de deux types de remarques essentielles, de définir la méthode et les moyens appropriés.

Tout d'abord, on peut avancer que les rejets polluants effectués sur la partie amont participent à la pollution de la retenue mais qu'ils n'ont, selon toute vraisemblance, que très peu d'influence sur la partie aval. En effet, on ne trouve sur la partie amont que la ville de Dinan (22 000 éq. hab. épurés) située à l'extrême amont de la Rance maritime et quelques agglomérations de faible importance.

La nuisance bactériologique de ces rejets est atténuée par le long temps de séjour de l'eau dans la retenue.

Par contre, les rejets effectués dans l'estuaire participent certainement à sa pollution et ces rejets sont susceptibles de contaminer la retenue lors de son remplissage. Une étude de la retenue ne s'imposait donc pas pour atteindre les objectifs proposés.

Ensuite, l'état hydrodynamique de l'estuaire est modifié de manière extrêmement rapide. Cette rapidité imposait de privilégier le suivi dans le temps de l'évolution des rejets. On a donc recherché les méthodes permettant l'appréhension de l'aspect dynamique des phénomènes mis en jeu plutôt que celles permettant la connaissance fine des concentrations en polluant dans le milieu. Ceci est d'ailleurs tout à fait cohérent avec la nature des rejets dont la nuisance est essentiellement d'ordre bactériologique.

Pratiquement on a recherché la connaissance relativement précise :

- de la trajectoire des polluants après émission dans le milieu sachant que la majeure partie de la pollution restera en surface,
- des courants généraux qui conditionnent leur transport et leur dispersion.

Par conséquent, plutôt que d'utiliser des moyens lourds comme par exemple le traçage en continu et le suivi par un navire, l'analyse d'échantillons prélevés en un grand nombre de points, il a paru préférable dans le cas particulier de faire appel à des techniques de télé-détection.

En effet, ces techniques sont les plus simples et les plus adaptées pour l'étude de la variabilité dans le temps des phénomènes de pollution sur une zone géographique étendue. Elles permettent en effet, sans imposer le dépouillement d'un grand nombre de données, d'obtenir une vue synoptique de l'ensemble des phénomènes mis en jeu dans le milieu considéré, ceux-ci s'expliquant les uns par les autres.

### Moyens utilisés

Concrètement on a opéré à deux échelles différentes à partir d'un avion bi-moteur léger ; un cycle complet de marée (marée moyenne pour l'estuaire de la Rance) a été étudié avec un pas de temps fonction de la vitesse d'évolution des phénomènes.

- 1<sup>re</sup> échelle – Etude fine des trajectoires des effluents.

On a mis en évidence les effluents de Dinard et de Saint-Malo au moyen de deux colorants différents. Pour Dinard, de la fluoresceine en solution aqueuse a été introduite dans l'émissaire gravitaire de la pointe du Moulinet. A Saint-Malo, on a utilisé de la rhodamine B

en solution acétique, déversée au moment des rejets dans la chambre d'accumulation du Routhouan.

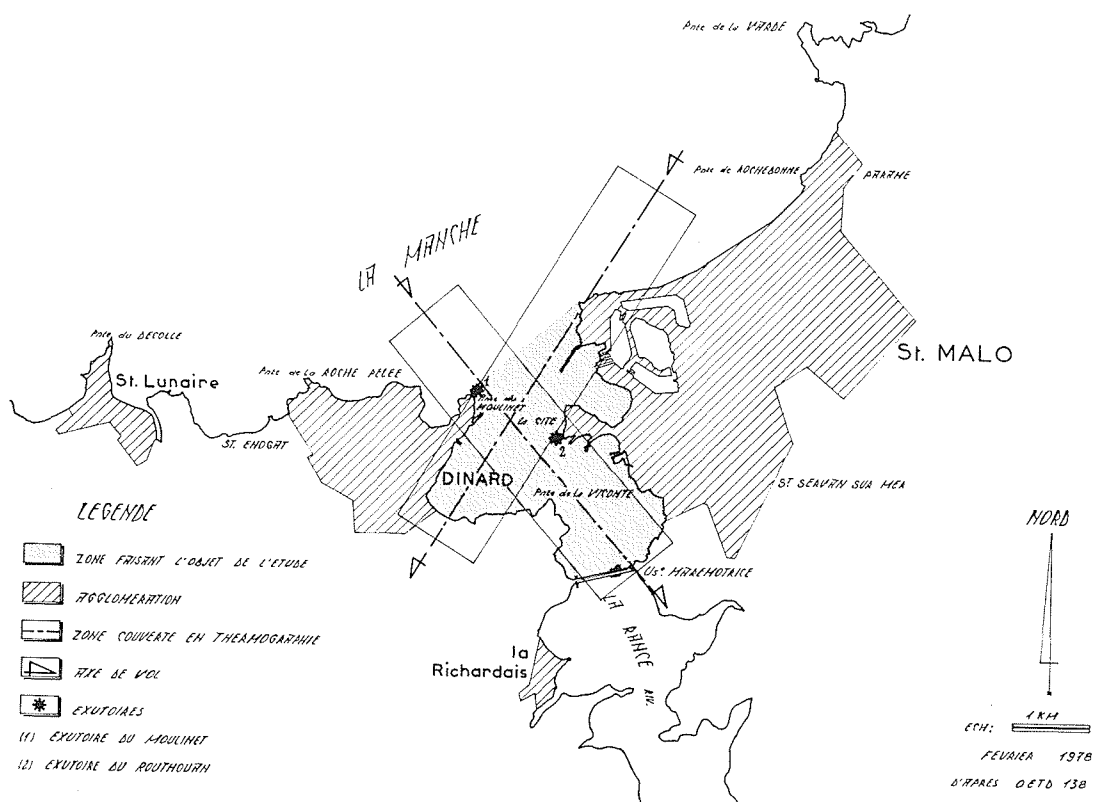
Les apports de colorant ont été maintenus pendant le temps nécessaire. Des photographies à axe vertical sur film couleur ont été prises à des échelles allant de 1/5000 à 1/10000. Ces photographies réalisées au cours de 11 passages ont permis d'identifier les taches colorées.

On a confirmé la signification de ces taches par rapport à la pollution au moyen de prélèvements effectués dans la zone la plus colorée depuis une embarcation. Cette embarcation était guidée depuis l'avion par radio (lors d'un premier passage d'observation) et sa position relevée au moyen de trois théodolites simultanément aux prélèvements.

- 2<sup>e</sup> échelle – Courantologie générale superficielle.

On a utilisé la bande infrarouge thermique (10-12 micromètres) pour visualiser le mouvement général des masses d'eau de l'estuaire à une échelle voisine de 1/20 000<sup>e</sup>. Ces thermographies au nombre de 12 ont été enregistrées de nuit ; elles exploitent les différences de température des eaux suivant que celles-ci proviennent du bassin amont, des anses de l'estuaire ou de la mer. Les axes de vol sont portés sur la carte N° 1.

Grâce à ces documents, on a pu avoir une idée précise des directions et des vitesses des courants généraux affectant l'estuaire et conditionnant les transports de pollution.



Carte n° 1 – Délimitation de la zone d'étude et définition des axes de vol utilisés en thermographie.

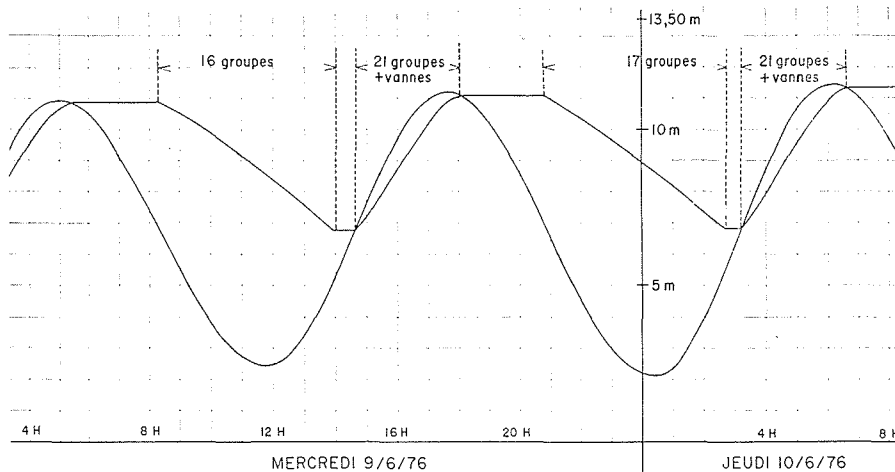


Figure 1 – Fonctionnement de l'usine marémotrice de la Rance : courbes des hauteurs d'eau à l'amont et à l'aval de l'usine (document prévisionnel EDF).

## Résultats

Cette étude a permis d'établir un certain nombre d'observations et de conclusions sur les points suivants :

- conditions courantologiques générales et rôle de l'usine marémotrice,
- conditions d'émission et de dispersion des polluants.

### 1) Conditions courantologiques générales

Celles-ci sont nettement influencées par le fonctionnement de l'usine. En effet, comme on peut l'observer sur la figure 1, le turbinage amont-aval se poursuit pendant 2 heures après l'étale de basse-mer. Ceci induit une situation courantologique confuse dans l'estuaire. Les vitesses sont faibles (0,3 nœud) et les directions aléatoires. Cette phase est évidemment critique puisque les polluants émis dans l'estuaire pendant cette période y restent piégés. Une telle situation courantologique ne pourrait pas être appréhendée par des moyens courantologiques classiques.

Au cours du flot, un courant net aval-amont s'établit, pouvant atteindre 1,7 nœuds pendant le remplissage de la retenue. Les eaux polluées proches de la côte sont plaquées dans les anses en raison de la force du courant qui s'établit dans le chenal. Ceci est particulièrement net pour l'anse du Prieuré, soumis aux rejets de l'émissaire du Moulinet. (Photo N° 1).

La situation est identique sur la rive où est situé Saint-Malo, mais cette rive ne présente pas d'anse de taille comparable à l'anse du Prieuré. On voit toutefois nettement le placage le long de la côte des eaux de l'avant-port de Saint-Malo. (Photo N° 2).

Après l'étale de haute-mer, la vidange est retardée de 3 heures mais cette situation est moins critique pour l'estuaire car des courants peuvent s'établir dans le sens amont-aval et permettent donc une relative évacuation des polluants hors de l'estuaire.

L'examen des conditions courantologiques générales met donc en évidence un rôle important de l'usine marémotrice dans l'établissement des courants.

### 2) Conditions d'émission et de dispersion des polluants

#### 2.1. – Emissaire du Routhouan

Pendant la mission, l'exutoire du Routhouan a fonctionné en régime interrompu par le libre jeu des portes-clapets à l'aval de la station de pompage de Saint-Servan ; il est donc en synchronisme avec le jusant.

La majeure partie des eaux est donc évacuée pendant la période favorable à l'entraînement du rejet vers la mer. Seule une fraction assez faible, émise trop tardivement, ne parvient pas à sortir de l'estuaire et est ramenée vers l'amont par le flot. Mais la fin du rejet se produisant une demi-heure après la basse-mer, on peut affirmer que la quasi totalité du rejet est évacuée vers la mer. En effet, les photographies aériennes montrent la présence de masses d'eau de qualité particulière ramenées par le flot. On a pu les identifier grâce à la rhodamine comme issues du Routhouan. Ces masses d'eau représentaient des quantités faibles et très fractionnées ; leur contour filiforme et leur surface réduite n'ont pas permis de les distinguer suffisamment nettement au cours de la mission aérienne et ont empêché de guider sur les taches l'équipe chargée des prélèvements.

En cas d'utilisation des pompes de la station de Saint-Servan afin d'empêcher l'accumulation des eaux en forçant le passage dans la canalisation, la situation serait différente. En effet, les eaux usées seraient alors rejetées de façon continue et la fraction des effluents émise entre la basse-mer et le mi-flot resterait piégée dans l'estuaire.

#### 2.2. – Emissaire du Moulinet

Cet émissaire n'est pas équipé de bassin de rétention permettant l'arrêt temporaire du rejet. En outre, il présente une fuite importante et l'émission d'eaux usées se produit à la côte pendant 1 heure 45 autour de l'étale de pleine mer, justement pendant la période défavorable, ce qui favorise encore davantage la pollution de l'Anse du Prieuré.

En fonctionnement normal et deux heures et quart environ après la basse mer, le rejet du Moulinet se partage en 2 :

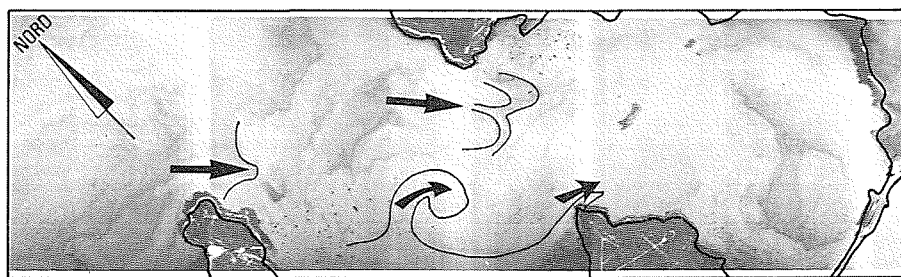
- une partie longe la côte en direction de l'Anse du Prieuré,
- l'autre partie se dirige vers le milieu de l'estuaire et rencontre le courant de flot.

Il s'ensuit que les eaux de l'exutoire du Moulinet stagnent dans l'anse du Prieuré où les mouvements sont atténués, ou bien atteignent le barrage. La fraction des masses d'eau issues de l'exutoire du Moulinet après le démarrage de l'usine (dans le sens mer-bassin) qui atteint le barrage transite en une heure et quart environ à travers l'estuaire. Le barrage est ainsi franchi pendant plus de deux heures entre 2 h avant la pleine mer et 10 mn après la pleine mer par des eaux polluées émises environ

1 heure avant ce franchissement (calcul effectué sur la base des séries thermographiques).

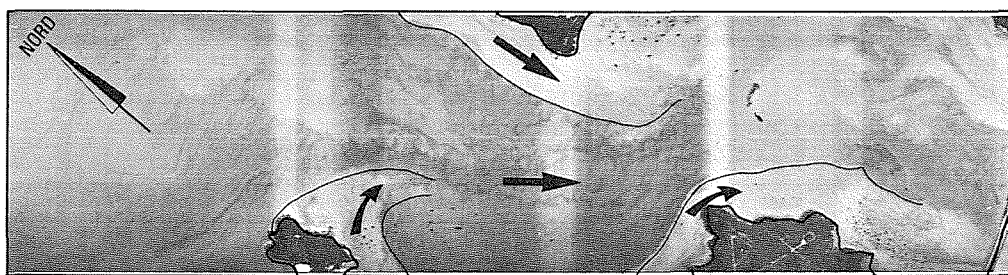
### 2.3. – Conclusion

La conjugaison des thermographies et du traçage des rejets a permis en situant les conditions courantologiques générales de l'estuaire, de préciser, pour chaque émissaire, et en fonction de l'heure de la marée, les moments défavorables au rejet. On entend par "défavorable" une période d'émission ne permettant pas l'évacuation des eaux polluées vers la mer. La superposition (fig. 2) des périodes effectives de rejet et de ces moments défavorables permet donc de définir des périodes critiques pendant lesquelles le risque de pollution est maximum.



| DATE                        | HEURE MAREE                   | INTERPRETATION   |
|-----------------------------|-------------------------------|--|
| jeudi<br>10.06.76<br>3 h 22 | 2 h 45<br>avant<br>pleine mer | . Situation hydrodynamique confuse dans l'estuaire. On observe un mouvement tourbillonnaire à mi-distance entre les pointes du Moulinet et de la Vicomté.<br>. Vitesse du courant à la pointe du Moulinet est de 0,5 noeud et de 0,3 noeud à mi-chemin entre l'exutoire du Moulinet et celui du Routhouan. |

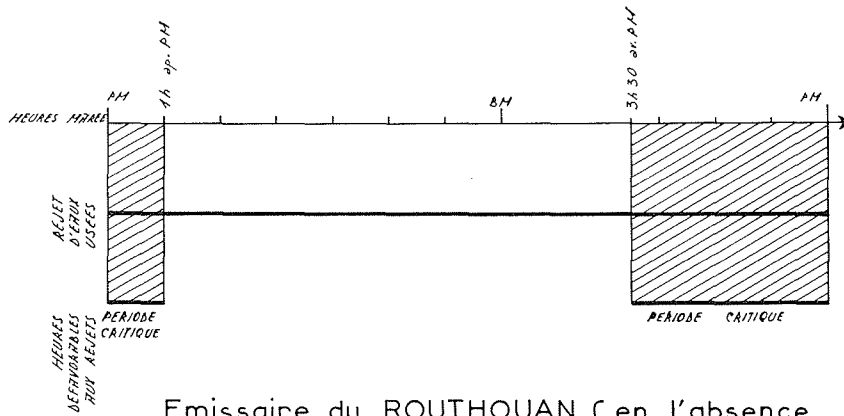
Photo 1



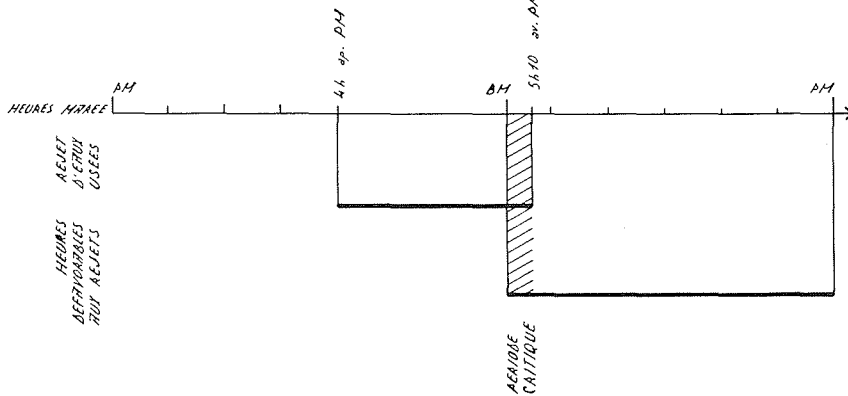
| DATE                        | HEURE MAREE             | INTERPRETATION  |
|-----------------------------|-------------------------|---|
| jeudi<br>10.06.76<br>5 h 03 | 1 h avant<br>pleine mer | Les eaux - plus chaudes - qui baignent la côte est du Moulinet sont contraintes à effectuer un mouvement tournant par le courant qui rentre dans l'estuaire. Elles se dirigent ensuite vers la pointe de la Vicomté à la vitesse de 1,7 noeud - mesuré d'après thermo - et la contournent pour progresser vers l'usine. |

Photo 2

Emissaire du MOULINET ( en l'état de juin 1976 )



Emissaire du ROUTHOUAN ( en l'absence de l'utilisation des pompes )



REMARQUE

On note que la position de l'exutoire du Moulinet, proche de la sortie de l'estuaire, est plus favorable que celle de l'estuaire du Routhouan parce que le total des heures défavorables aux rejets est moins élevé dans le premier cas que dans le second - 3 h 30 pour le Moulinet si la canalisation est en bon état contre 5 h 45 pour le Routhouan.

Figure 2 - Périodes défavorables et critiques de rejet d'eaux usées.

Conclusion

L'étude ainsi effectuée a permis de montrer de manière nette les rôles respectifs des rejets de Saint-Malo (Routhouan) et de Dinard (Moulinet) eu égard à la présence d'un ouvrage particulier (usine marémotrice).

La contribution la plus importante de la méthode utilisée pour cette étude a été l'obtention de données précises et directement interprétables sur les courants :

- généraux principalement pendant les périodes de régime transitoire,

- locaux pendant tout le cycle.

Grâce à la juxtaposition de ces deux types de données, on a pu apprécier les transports dans l'estuaire et vers la retenue des rejets effectués dans l'estuaire. Les modes et lieux de rejet les plus appropriés découlent alors directement des considérations sur la courantologie et le transport des effluents par les courants.

La méthode employée s'est donc révélée tout à fait adaptée à l'objectif proposé, alors que des moyens plus traditionnels n'auraient pas permis, pour un coût comparable, l'atteinte des objectifs proposés.

## Discussion

Président : M. C. LEFROU

M. le Président remercie M. CROUZET et lui fait préciser que l'ensemble de l'étude a coûté 100 000 F en 1976.

Il ouvre ensuite la discussion.

En réponse à une question de Mme VALERIO, M. CROUZET précise les modalités de rejet dans les émissaires et d'injection de rhodamine :

*M. CROUZET.* — Il faut distinguer l'émissaire du Moulinet et celui du Routhouan. Ce dernier comporte une chambre de rétention : le débit évacué décroît donc rapidement avec la vidange pour atteindre le débit de base de l'égout qui dépend de l'heure dans la journée, des apports pluviaux, etc. Il n'était pas possible de connaître exactement le débit évacué au cours de la campagne, mais seulement de l'approcher, compte tenu des caractéristiques de l'ouvrage et de l'enregistrement du niveau. On a donc observé de l'ordre de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  alors qu'en orage ce débit peut atteindre  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ .

L'injection de Rhodamine à chaque cycle observé a été effectuée de la manière suivante : 5 kg de colorant en solution acétique (15-20 litres) juste avant l'ouverture des vannes, puis des injections de 1 kg environ toutes les 1/2 heures au cours de l'évacuation. On a pu observer que l'évacuation de colorant était quasiment constante compte tenu du mélange important dû au trajet dans l'émissaire.

En ce qui concerne le Moulinet, nous avons rencontré davantage de difficultés car il n'y a pas de chambre d'accumulation et aussi à cause de la mauvaise accessibilité de l'émissaire.

En outre, les fuites importantes dues à une fissure du tuyau ont inquiété vivement les riverains. Les injections n'ont pu être effectuées dans ce cas que toutes les 2 heures, mais pendant la durée du cycle de marée.

M. de BOUARD et M. QUETIN demandent à M. CROUZET s'il a pu faire des mesures de dilution et si les valeurs obtenues "étaient de l'ordre de 10 ou de 100 000".

*M. CROUZET.* — Nous n'avons pas fait de mesure de diffusion. On a toutefois effectué des sondages indiquant une dilution de  $10^{-3}$  à  $10^{-4}$ . Il nous a semblé que des mesures de dilution immédiate n'avaient pas d'intérêt compte tenu de la proximité de la côte et de la grande variabilité du niveau de submersion (l'extrémité du tuyau du Routhouan est à - 0,50 m hydro, et le marnage est de 13 m). Nous nous sommes intéressés au problème de connaître la vidange et le risque de pollution par retour loin du flot. A mon avis, *dans le cas particulier*, la connaissance quantitative de la dilution n'a pas d'intérêt pour l'élaboration d'un projet d'assainissement.

*Mme VALERIO.* — Nous sommes allés beaucoup plus loin dans le sens de la quantification du phénomène. Je vais rapidement exposer notre méthode qui a été déjà expérimentée en divers lieux : Ajaccio, Propriano, St-Brieuc, La Ciotat, Etang la Vaïne.

La télédétection photographique utilisant un traceur fluorescent et des radeaux (surface, et mi-eau) permet d'accéder expérimentalement sur le site et surtout simultanément à une connaissance spatiale des phénomènes nécessaires à l'étude dynamique des masses d'eau d'une unité hydrique, telle qu'une baie par exemple. Ces phénomènes sont : houle, courants, diffusions, modélisation et mouvements d'eau.

La méthode utilisée repose sur le principe de l'extraction de la lumière réémise par le phénomène étudié, de celle réémise par son milieu environnant. Elle procède par sélection spectrale de la lumière reçue sur l'appareil photographique, muni d'un filtre approprié. Il est alors possible de quantifier ce phénomène à partir de la photographie. Le traitement automatique des photographies commence par la numérisation point par point sur microdensitomètre digitalisé. Les valeurs trouvées sont ensuite traitées sur ordinateur par différents logiciels (corrections, classements, sorties graphiques).

Cette méthode, appliquée à un lâcher de rhodamine en mer, permet le passage de la grandeur physique enregistrée en chaque point de la photographie à la quantité de rhodamine correspondante. La visualisation quantitative du phénomène devient alors possible par la sortie sur table traçante de cartographies en quantité de matière.

Différents exemples d'utilisation ont été réalisés. On se contentera de la simulation d'un rejet en mer.

Saturé l'été par l'augmentation considérable de la population, le système d'épuration des eaux usées de la ville de Propriano nécessite une amélioration. Le problème qui se pose à l'Agence de Bassin est de définir les caractéristiques d'épuration de la nouvelle station à prévoir dans l'hypothèse où l'on conserverait l'émissaire existant tel quel.

Il est apparu nécessaire de visualiser l'évolution spatiale du futur rejet tant du point de vue qualitatif que quantitatif. Pour cela, on simule le comportement du rejet par des injections ponctuelles de rhodamine, l'une continue, l'autre instantanée, en surface, à la verticale de l'émissaire. Les injections sont réalisées deux jours consécutifs, presque aux mêmes heures, sous des conditions météorologiques définies comme étant les plus défavorables.

Lorsqu'on veut prévoir ou étudier le comportement d'un émissaire en mer, l'évolution des cartographies représente une somme considérable de résultats expérimentaux qu'il faut ensuite interpréter.

Le suivi sur 24 heures de l'évolution du lâcher ponctuel continu (débit constant pendant 6 heures à la verticale de l'émissaire existant) donne par lecture directe sur les cartographies :

- le taux de dilution à la côte, c'est-à-dire les quantités de polluant à y attendre,
- le mouvement de balayage de la plage par le rejet,
- la zone de dépôt de l'émissaire existant correspondant certainement à une zone benthique perturbée.

Au vu de ces résultats, il semble donc que l'émissaire doive être conservé en son état actuel, un traitement très poussé des eaux usées avant leur rejet est nécessaire, pour éviter une contamination de la plage.

*Le Président.* — Comment mesurez-vous les quantités de rhodamine en mer en un point ?

*Mme VALERIO.* — Au moment du passage de l'avion, on fait trois prélèvements sur une même verticale en trois profondeurs différentes. Les mesures des concentrations obtenues permettent de tracer la courbe de variation de la concentration en fonction de la profondeur qui est assimilée à une demi-gaussienne. On obtient la profondeur de tâche par extrapolation graphique et la quantité de matière sur la verticale au point considéré, par intégration graphique. La courbe de correspondance entre cette quantité et l'éclairement de la photographie a été établie théoriquement puis vérifiée expérimentalement au cours de cette expérience. On s'est alors aperçu que l'expression de la loi de la conservation de la quantité de matière exige la prise en compte d'un taux de dégradation de la rhodamine de 90 % au bout de 37 heures.

*Le Président.* — Ne serait-ce pas plutôt qu'une partie de la rhodamine est diluée et que vous ne la détectez pas ?

*Mme VALERIO.* — Non. Quand on fait des mesures quantitatives sur les photographies, on s'aperçoit que la rhodamine varie assez régulièrement et chute brutalement sur les bords, ce qui semble révéler qu'il n'y a pas de perte de rhodamine sur les bords de la tâche.

*Le Président.* — Comment tenez-vous compte de l'absorption ?

*Mme VALERIO.* — La rhodamine est un corps fluorescent,

c'est-à-dire qu'elle absorbe la lumière solaire dans un domaine de longueur d'onde et réémet dans un autre domaine moins énergétique (plus près du rouge). Dans ces conditions, la lumière fluorescée par une molécule de rhodamine à une certaine profondeur n'est pas absorbée par les molécules de rhodamine la surplombant mais uniquement par la couche d'eau de mer. Pour une eau claire en Méditerranée, nous avons calculé que de négliger en première approximation cette absorption introduit une erreur de 12 % lorsque la profondeur de la rhodamine est de 5 m.

*M. BOISSARD.* — Vous nous présentez une méthode mixte analogique-numérique dont la finalité est de fournir des données quantitatives. Le fait d'utiliser au niveau de la saisie des données un procédé photographique pouvant présenter des défauts de *non-linéarité* ou de *non-reproductibilité* ne pose-t-il pas des problèmes ?

*Mme VALERIO.* — Je suppose que vous faites allusion au passage : densité optique, éclaircissement. Nous étalonnons expérimentalement sur une gamme de gris le film utilisé, dans les mêmes conditions de développement. Nous ajustons la courbe expérimentale obtenue à la forme théorique de la courbe donnée par la fonction de Torrè de la Véga, et nous nous servons de cette courbe théorique ajustée.

*M. CROUZET.* — Je pense que vos méthodes sont plus précises mais qu'elles ne peuvent s'appliquer que dans un milieu homogène et peu variable. Elles pourraient s'appliquer en zone côtière ouverte mais pas en estuaire. En effet, nous avons observé une variation de la transparence de 0,02 m à 1 à 2 m, par suite de la remise en suspension de vases, des apports d'égouts dont le débit relatif n'est plus négligeable à certaines périodes. Il faudrait alors, compte tenu de l'adsorption de la Rhodamine, apporter des correctifs dépendant de l'heure de mesure. Je ne crois pas que l'on puisse comparer notre expérience, qui en fait est une visualisation par colorant de la dispersion d'une eau d'égout effectivement rejetée dans un milieu déjà turbide, avec la simulation, en eau dont la transparence est de 15 à 20 m au moins, d'un rejet qui n'est pas effectué. Dans le cas de la Rance, le débit rejeté peut varier d'un facteur 100, la concentration bactérienne au moins de 10 et le flux polluant organique au moins de 2 à 3.

On a donc jugé que la recherche d'une grande précision apporterait surtout des complications.

Je pense que l'objectif doit être rappelé : fournir une réponse nette à la question : Peut-on imputer une pollution de la retenue aux rejets effectués en aval ? Cette question ne se situe pas tout à fait dans un domaine technique mais plutôt politique.

*Le Président.* — Je crois que les deux méthodes exposées poursuivent des objectifs assez différents.

*Mme VALERIO.* — Pas tellement. La même question se posait à l'Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse : il y avait une plage et il s'agissait de définir les caractéristiques de la station d'épuration.

*Le Président.* — Oui, mais les méthodes sont différentes. L'une est purement qualitative et l'autre est quantitative.

Pouvez-vous donner quelques indications sur la différence de moyens à mettre en œuvre au niveau du matériel de télé-détection, des procédures d'interprétation et des équipements au sol.

*Mme VALERIO.* — Les cartographies obtenues permettent le calcul des quantités de matière à partir des seules photogra-

phies (en écrivant la loi de conservation de la quantité de matière). Nous n'avons donc plus besoin de barques de prélèvement sur le site. Seule une barque assurant le lâcher est nécessaire. De plus nous utilisons une caméra photogrammétrique 23 x 23 pour repérer la position de la tâche par rapport à la côte. Nous n'avons donc pas besoin de station théodolite. Nous utilisons un avion bimoteur spécialement équipé pour la photogrammétrie et des "Hasselblad" munis de combinaisons film-filtres appropriées. Le traitement automatique se fait sur un microdensitomètre digitalisé. Nous devons nous déplacer pour nous en servir. Nous utilisons maintenant un système interactif (console de visualisation) associé à un miniordinateur et muni d'une mémoire tampon. Le coût de production des cartographies est négligeable par rapport au reste de l'étude. Un suivi d'une journée coûte entre 70 000 et 100 000 francs tout compris sauf les moyens maritimes.

*M. Le Président.* — Dans quelle mesure ce qui a été mesuré a-t-il des chances d'être représentatif des situations qu'on trouve dans l'estuaire de la Rance ?

*M. CROUZET.* — La situation expérimentée est plutôt critique puisque les apports d'eau douce étaient très faibles. Les courants observés ont été comparés aux études antérieures, notamment celles effectuées pour la réalisation du barrage. Mais à mon avis les approximations faites sur les courants ne sont pas significatives par rapport aux autres déjà citées.

*M. ARMANGAU.* — Des difficultés de méthode de coloration pour l'étude par télé-détection du devenir des rejets polluants réside dans le choix du colorant. Est-il ou non dispersé de la même façon que le type de pollution que l'on cherche à étudier ?

Au C.E.R.G.H. nous n'avons pas totalement maîtrisé ce type de problème et continuons à chercher des solutions simples : mélange de plusieurs colorants facilement discernables l'un de l'autre, chacun traçant une pollution particulière.

*M. CROUZET.* — Ce point est effectivement important. Je peux citer comme exemple une étude effectuée par le Centre d'Etudes et de Recherches Océanographiques de La Rochelle sur le rejet de Lorient. La ville de Lorient rejette au large des boues résultant du traitement biologique de ses effluents. On a dû tester une cinquantaine de colorants. Il s'est avéré, tant *in vitro* qu'*in situ*, que la Rhodamine colorait l'eau de dilution des boues mais pas la fraction particulière. Par contre, on a pu utiliser un autre colorant (violet Foulon) qui traçait bien cette fraction. On a donc pu mettre en évidence une séparation de phase au niveau du rejet, les particules (et le violet) remontant en surface, l'eau (et la Rhodamine) ne remontant pas.

Il est donc possible que la Rhodamine ne suive pas le comportement des bactéries. Toutefois, dans la Rance, je ne pense pas que ceci puisse amener à revoir, même légèrement, les conclusions. Je dirai en particulier que la méthode était adaptée à l'objectif. Ce qui signifie pas que la méthode ici décrite soit valable dans tous les cas.

Ceci me paraît d'autant plus sûr qu'en estuaire à marée, on ne peut suivre le rejet que pendant quelques heures, temps pendant lequel la décroissance bactérienne sera d'un ou 2 logs. Je ne crois donc pas que dans ce cas il soit nécessaire d'avoir trop de scrupule quant à l'utilisation du colorant qui s'avère le plus commode.

*M. Le Président* remercie *M. CROUZET* et se félicite de l'intérêt de la discussion.