

Quand bien même on réussirait à écrire ces équations formellement, trop de termes en resteraient inconnus et inaccessibles à la détermination expé-

Un compromis entre ces deux solutions pourrait aussi être envisagé.

Il est à noter que le problème de gestion des données devrait être envisagé à l'échelle nationale. Confrontés à ce problème crucial bien avant nous, les Etats-Unis ont installé un gigantesque réseau (le STORET) en vue du contrôle continu, et dans tout le pays, de la qualité des eaux et d'identifier les sources et facteurs de pollution.

Les données sont introduites dans l'ordinateur qui les analyse et fournit à tout moment un tableau complet et précis de la situation en matière de pollution. C'est la condition indispensable d'une bonne gestion.

C'est là aussi un nouvel exemple de l'aide considérable apportée par l'ordinateur dans la maîtrise d'un problème crucial aujourd'hui, pratiquement insoluble demain, si l'on ne prend des mesures rapides et adéquates.

REFERENCES

- (1) Commissariat Royal au Problème de l'Eau (Belgique), « Rapports sur le problème et la politique de l'eau » (1966-67-68-69).
- (2) SAINT-PAUL et DESCLOS, « Etudes des systèmes d'épuration des eaux usées par filtre bactérien », *La Technique de l'Eau*, nos 271-272 (1969), pp. 31-48.

La Tribune du Cebedeau

TARIF 1972

ABONNEMENT : 954 francs en Belgique, T.V.A. incluse.

1.000 francs à l'étranger.

Numéro séparé :

138 francs en Belgique, T.V.A. incluse.

150 francs à l'étranger.

PUBLICITE : 1 page : 3.000 francs

1/2 page : 1.800 francs

1/4 page : 1.000 francs

1/8 page : 600 francs.

Publicité pour les pages de couverture ou pages en couleurs : suppléments à prévoir suivant convention.

Adresse : CEBEDOC, s. p. r. l.

3, Boulevard Frère Orban, 4000 Liège

A 52

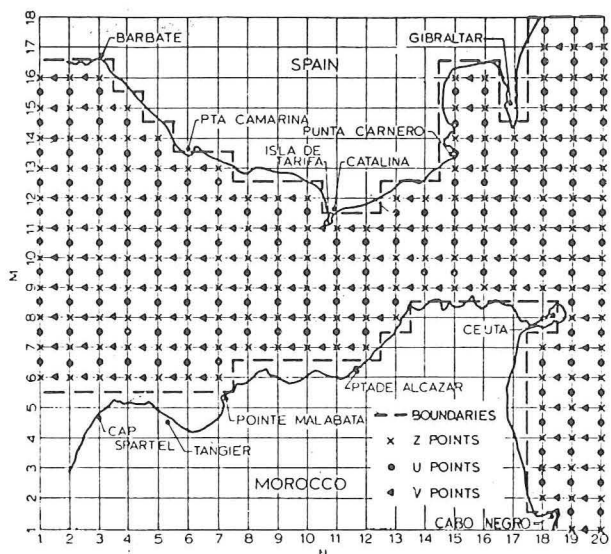


Figure 2

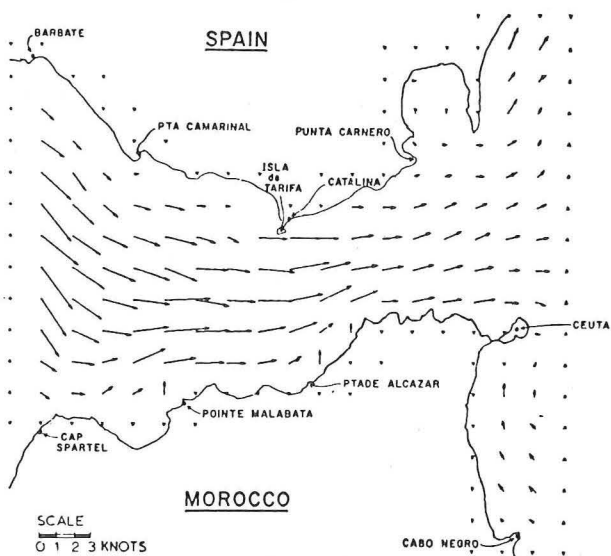


Figure 3

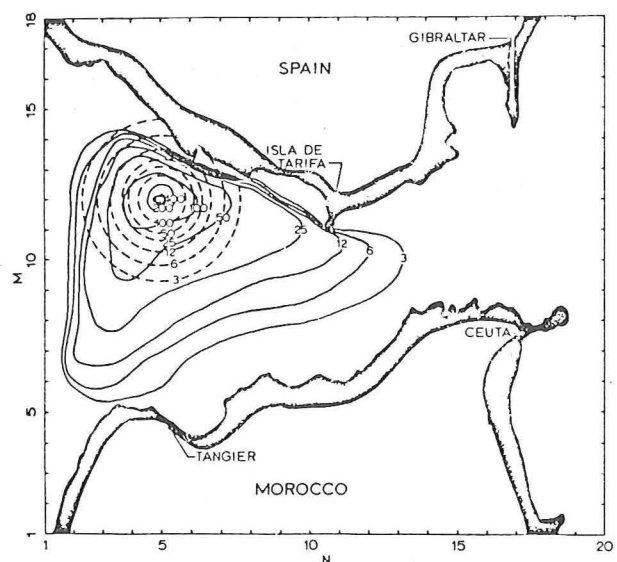


Figure 4

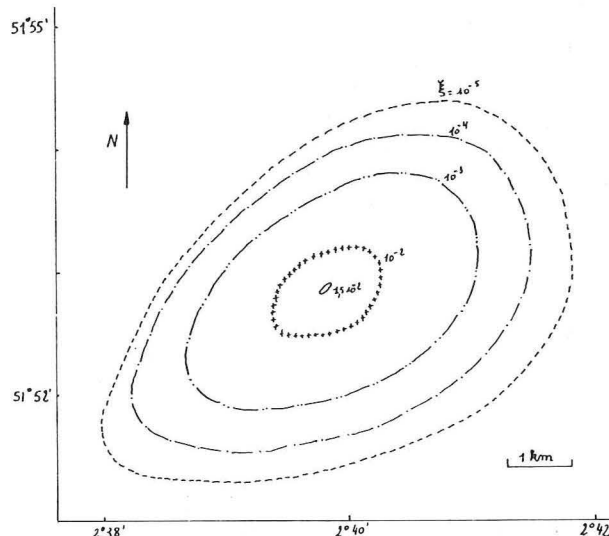
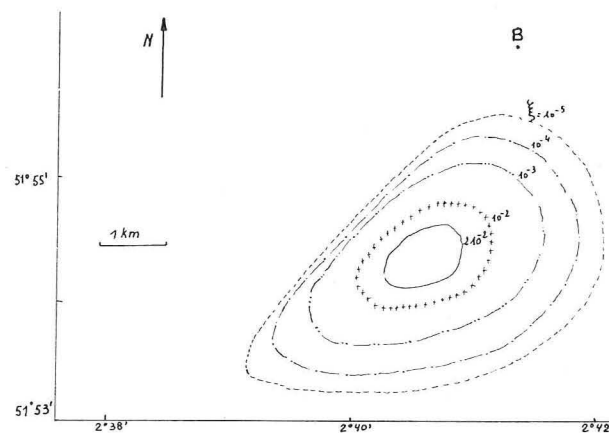
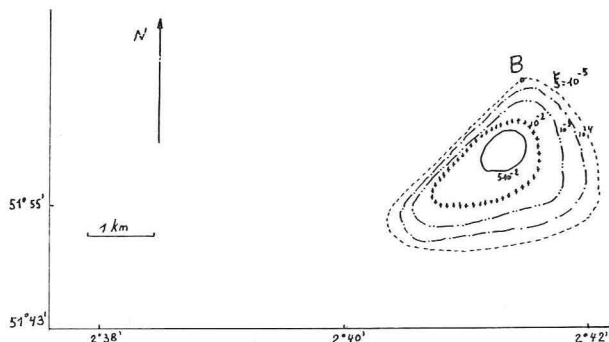
Figures 2, 3 et 4

Etude numérique des courants et de la dispersion d'un polluant passif dans le détroit de Gibraltar (Wolff, 1970).

Figure 2 : grille numérique

Figure 3 : courants

Figure 4 : isoconcentrations après 30 heures d'un déversement continu de cinq unités par minute (trait plein : diffusion + advection; trait pointillé : diffusion sans advection).



Figures 5, 6 et 7

Etude d'un déversement dans la région test du programme belge (Ronday, 1971).

Figure 5 : isoconcentrations après 12 heures

Figure 6 : isoconcentrations après 36 heures

Figure 7 : isoconcentrations après 72 heures

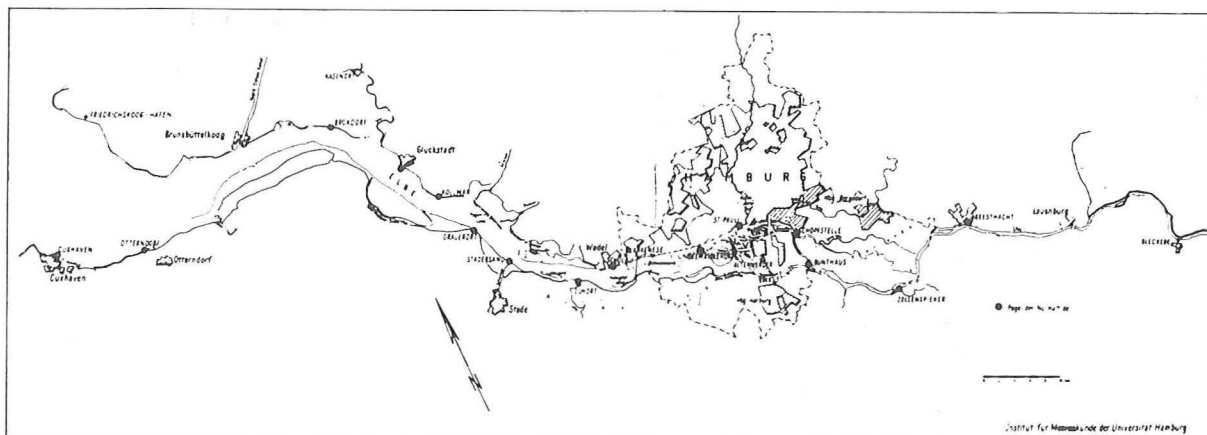


Figure 8
Répartition du seston dans l'estuaire de l'Elbe : région étudiée.

mentale, tandis que le nombre gigantesque de ces équations rendrait chimérique l'espoir de les traiter un jour numériquement ou seulement de pouvoir préciser les conditions initiales et les conditions aux frontières nécessaires à leur résolution.

La première étape de la construction d'un modèle est par conséquent le choix d'un nombre limité, mais néanmoins représentatif de paramètres qui devront constituer les variables d'état.

Ici, quatre approches peuvent être distinguées. La première, que l'on pourrait appeler l'approche « hydrographique », consiste en réalité à désespérer, devant la complexité des interactions chimiques et biochimiques qui gouvernent le sort des polluants, de pouvoir un jour connaître et résoudre leurs équations d'évolution. Dans cette approche, l'accent est mis dès lors sur l'établissement (par voie d'observations ou de calculs) de cartes de courants de surface et de fond, de marées, accumulant les données sur les hauteurs d'eau, les houles, les turbulences et devant permettre, sur la base d'une longue expérience, l'estimation grossière du sort des polluants. La seconde approche est celle de « l'analogie thermodynamique » où, face à la complexité de l'environnement, on imagine de le caractériser par quelques fonctions d'état analogues aux fonctions thermodynamiques et en particulier de résumer le monde confus de la vie, des interactions biologiques, des chaînes alimentaires par un index de diversité, dans l'hypothèse implicite que la multiplicité des espèces est un signe de santé. La troisième approche est celle des « traceurs », où l'on suit quelques substances ou espèces faciles à étudier avec l'espoir que leur disparition ou leur abondance témoignent univoquement de la présence et de l'absence d'autres substances et d'autres espèces plus difficiles à connaître, mais plus importantes du point de vue de la pollution ou inversement de la survie.

La quatrième approche qui a été proposée par l'équipe du Modèle Mathématique pour l'Etude de la Pollution Océanique, s'attaque directement aux polluants les plus dangereux, mais sans ambitionner de les suivre dans toutes les variétés (c'est-à-dire, par exemple, d'analyser séparément chaque composé chimique d'un polluant comme le mercure), choisit de les caractériser par leur concentration totale dans

un certain nombre de compartiments ou « phases » définis par la nature de leur mélange à la mer ou la rivière. Les phases, dans l'océan, sont par exemple : (1) l'ensemble des corps dissous, (2) les suspensions, (3) les organismes marins transportés par la mer comme le plancton ou le phytoplancton, (4) les sédiments de fond... et différentes classes d'espèces vivantes à différents stades de la chaîne alimentaire.

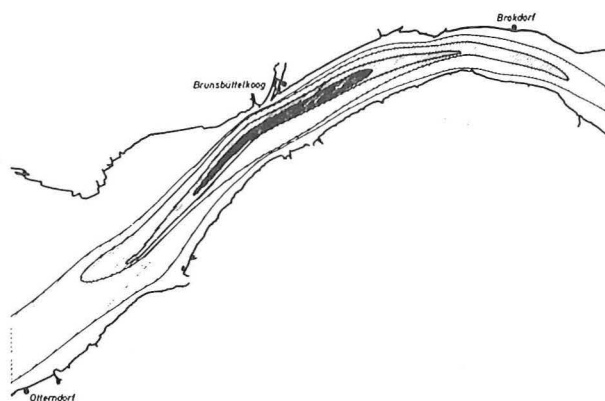


Figure 9
Estuaire de l'Elbe : isoconcentrations près de Brunsbüttelkoog au moment de la concentration maximum à Cuxhaven (kg/m^3). Les courbes dessinées sur la figure sont les courbes d'isoconcentration de suspensions (seston). Elles correspondent dans l'ordre respectif (en partant du centre) à des concentrations de :

0,2 kg/m^3 .	0,1 kg/m^3 .
0,15 kg/m^3 .	0,05 kg/m^3 .

Ainsi, un nombre réduit mais significatif de variables d'état peut être établi; des équations d'évolution peuvent être écrites formant un système complet accessible au calcul numérique et suffisamment concis pour que la détermination expérimentale des conditions frontalières soit possible avec des moyens raisonnables.

Il suffit dès lors que les critères de tolérance soient décidés, que les contraintes opposées des nécessités de la société industrielle et urbaine et de l'approvisionnement et la survie de cette société soient appliquées et les calculateurs ont tous les éléments pour rechercher les conditions d'optimum du système et énoncer les directives devant présider à sa gestion.

TABLEAU I DES EQUATIONS APPLICABLES

$$U = \int_{-h}^{\zeta} \overline{v_1} dz, \quad V = \int_{-h}^{\zeta} \overline{v_2} dz,$$

$$S_\alpha = \int_{-h}^{\zeta} \overline{Q_\alpha} dz, \quad I_\alpha = \int_{-h}^{\zeta} \sum_{\beta=1}^s \overline{P_{\alpha\beta}} dz$$

$$M_\alpha = \int_{-h}^{\zeta} \left(\frac{\partial m_{\alpha,1}}{\partial x_1} + \frac{\partial m_{\alpha,2}}{\partial x_2} \right) dz,$$

$$R_\alpha = \int_{-h}^{\zeta} \rho_\alpha dz \quad \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial x_1} + \frac{\partial V}{\partial x_2} = 0.$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} - f V = -H \frac{\partial}{\partial x_1} \left(\frac{p_a}{\rho} + g\zeta \right) - \frac{\partial}{\partial x_1} \overline{v_1 v_1} - \frac{\partial}{\partial x_2} \overline{v_2 v_1}$$

$$- \frac{\partial}{\partial x_1} \overline{\hat{v}_1 \hat{v}_1} - \frac{\partial}{\partial x_2} \overline{\hat{v}_2 \hat{v}_1} - \left[\overline{\hat{v}_3 \hat{v}_1} \right]_{z=-h}^{z=\zeta}$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + f U = -H \frac{\partial}{\partial x_2} \left(\frac{p_a}{\rho} + g\zeta \right) - \frac{\partial}{\partial x_1} \overline{v_1 v_2} - \frac{\partial}{\partial x_2} \overline{v_2 v_2}$$

$$- \frac{\partial}{\partial x_1} \overline{\hat{v}_1 \hat{v}_2} - \frac{\partial}{\partial x_2} \overline{\hat{v}_2 \hat{v}_2} - \left[\overline{\hat{v}_3 \hat{v}_2} \right]_{z=-h}^{z=\zeta}$$

$$\frac{\partial R_\alpha}{\partial t} = S_\alpha - M_\alpha + I_\alpha - \frac{\partial}{\partial x_1} \overline{\rho_\alpha v_1} - \frac{\partial}{\partial x_2} \overline{\rho_\alpha v_2} - \frac{\partial}{\partial x_1} \overline{\hat{\rho}_\alpha \hat{v}_1}$$

$$- \frac{\partial}{\partial x_2} \overline{\hat{\rho}_\alpha \hat{v}_2} - \left[\overline{\hat{\rho}_\alpha \hat{v}_3 + m_{\alpha,3}} \right]_{z=-h}^{z=\zeta}$$

Notations du tableau I:

(U, V)	Vitesses horizontales intégrées,
R_α	Concentration du polluant α intégrée sur la profondeur,
ζ	Elévation moyenne de la surface libre,
S_α	Quantité de polluant α déversé par unité de surface par seconde,
I_α	Quantité de polluant α produit (ou détruit) par unité de surface par seconde à la suite d'interactions chimiques ou biochimiques,
M_α	Migration horizontale intégrée,
f	Paramètre de Coriolis,
p_a	Pression atmosphérique,
$\sim$	Désigne une quantité intégrée sur la profondeur,
$-$	Désigne une moyenne sur le temps T d'étude du polluant,
$\wedge$	Désigne une fluctuation autour de cette moyenne.

Le modèle mathématique pour l'Etude de la Pollution des Océans a été exposé en détails ailleurs (e.g. Nihoul, 1971, Réf. 1 et 2) et ne sera pas repris ici. Il peut également être appliqué à la pollution des estuaires et des rivières.

A titre d'indication, le tableau I montre la forme des équations applicables à la région test (figure 1)

après certaines simplifications telles que l'intégration des courants et des concentrations sur toute la profondeur.

Ces équations contiennent comme cas particuliers celles qui ont été utilisées pour la résolution numérique des applications décrites dans les figures 2 à 9.

REFERENCES

1. NIHOUL J.C.J., 1971, a, ICES Meeting on Pollution in the North Sea, Lowestoft, March 25-26, 1971.
2. NIHOUL J.C.J., 1971, b, Liège Third Colloquium on Ocean Hydrodynamics, Liège May 3-7, 1971.
3. RAMMING H.G., 1971, Hydrodynamisch-Numerische Untersuchungen über strömungsabhängige Horizontalausbreitungen von Stoffen in Modellflüssen mit Anwendungen auf die Elbe, Mitteilungen des Instituts für Meereskunde der Universität Hamburg. Nr. XVIII.
4. RONDAY F., 1971, Dispersion d'un polluant en mer, thèse d'ingénieur physicien, Université de Liège.
5. WOLFF P.M., HANSEN W., JOSEPH J., 1970, Proc. FAO Technical Conference on Marine Pollution and its effects on living resources and fishing, Rome, December 9-18, 1970.