



LA MISE EN MODÈLE MATHÉMATIQUE DE L'AUTO-ÉPURATION DES RIVIÈRES

par Ch. DUBIN

Ingénieur en chef
Responsable scientifique de contrat de recherche
de la DGRST (modèle mathématique auto-épuration)

Le phénomène de l'auto-épuration des rivières, remède naturel à la pollution, est connu depuis longtemps. Les poètes ont célébré à satiété la pureté des torrents alpestres et les biologistes vous disent moins poétiquement que la vitesse de ces torrents leur permet une réoxygénation très rapide et, partant, l'élimination non moins rapide d'une pollution au demeurant pas très importante.

Le problème de la pollution magistralement posé par Jean de La Fontaine, dans *le Loup et l'Agneau* est devenu aujourd'hui un problème crucial pour tous nos fleuves et rivières bordés par la civilisation polluante qu'est la nôtre.

Nous nous devons d'essayer de le résoudre avec un peu plus de bonne foi que le loup de la fable sans croquer les coupables mais en les empêchant de nuire.

Ce problème n'aura de solution physique que si on le traduit en chiffres.

Un test évident de la pollution est la quantité d'oxygène dissous dans la rivière. Partout où cette quantité atteint la saturation, on peut dire que la rivière n'est pas souillée de matières organiques biodégradables en quantité excessive.

Par contre, là où il n'y a plus d'oxygène, la rivière est morte, les poissons, ne pouvant plus respirer, ont disparu, au grand désespoir des pêcheurs à la ligne furieux de voir la rivière exécuter en bloc ces goujons ou ablettes qu'ils souhaitaient exécuter en détail.

Entre ces deux cas extrêmes, la rivière se livre elle-même, par l'intermédiaire de bactéries, au travail d'auto-épuration; l'oxygène qu'elle dissout par respiration à sa surface est employé à faire vivre les bactéries qui absorbent les matières organiques polluantes, du moins celles

qui veulent bien se laisser absorber: c'est le phénomène de la biodégradation.

On voit tout de suite que si on veut traiter physiquement ce phénomène de biodégradation, il est nécessaire à un moment donné de connaître la charge par unité de volume en matière biodégradable ainsi que la quantité d'oxygène dont les bactéries disposent pour assurer cette biodégradation.

Afin de comparer entre elles deux quantités comparables, il a été convenu de baptiser DBO (Demande Biologique en Oxygène) la quantité d'oxygène qui serait nécessaire pour éliminer la totalité de la charge.

Cette élimination ne se produit pas instantanément mais dans un temps théoriquement infini, pratiquement de l'ordre d'une vingtaine de jours, limite assez floue dépendant de la capacité plus ou moins grande de la rivière à assurer cette biodégradation.

D'après les études des américains Streeter et Phelps, cette biodégradation combinée avec la réoxygénation serait régie par l'équation différentielle suivante:

$$dD/dt = K_1 L - K_2 D$$

équation dans laquelle D représente le déficit en oxygène de la rivière, c'est-à-dire la différence entre la teneur de saturation et la teneur en oxygène de la rivière, L représente la charge au point considéré c'est-à-dire comme nous l'avons vu l'oxygène nécessaire pour assurer la biodégradation des matières biodégradables et K_1 et K_2 sont des constantes de la rivière, constantes qui comme toutes les constantes sont bien entendu variables mais ont le bon

goût de rester constantes tant que les conditions de vitesse, de profondeur et de température de la rivière restent les mêmes.

L'équation s'intègre d'ailleurs en :

$$D = L_0 \frac{K_1}{K_1 - K_2} (e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t}) + D_0 e^{-K_2 t}$$

L'équation peut se traduire en une courbe dite courbe en sac, dans laquelle on porte en abscisse le temps de parcours c'est-à-dire à une autre échelle l'abscisse du point considéré et en ordonnée la teneur en oxygène.

On voit donc que cette teneur commence par diminuer jusqu'à un certain minimum pour augmenter ensuite, la courbe devenant asymptote à la droite qui figure la saturation.

Parallèlement la charge diminue suivant une courbe exponentielle :

$$L = L_0 e^{-K_1 t}$$

Cette courbe n'est valable qu'autant qu'il n'intervient sur les rivières aucun incident. Ces incidents peuvent être :

a) L'intervention d'un effluent : celui-ci apporte sa charge personnelle (ramenée bien entendu à l'unité de volume) et sa teneur personnelle en oxygène (laquelle peut être nulle dans le cas d'un effluent très pollué).

Charge et teneur se mélangent avec la charge et la teneur de rivière suivant la loi bien connue du mélange et créent ainsi dans la rivière de nouvelles conditions initiales donc l'étude d'une nouvelle courbe en sac.

Il n'y a théoriquement aucune différence entre un effluent industriel ou urbain, et un affluent sinon une différence de débit et le fait qu'après un confluent entre deux rivières de même importance il peut y avoir modification des constantes K_1 et K_2 .

b) Barrages. Ceux-ci sont d'importants facteurs de réoxygénation de la rivière. Des formules, que nous n'examinerons pas ici, ont été données pour déterminer l'importance de cette réaération d'après les caractéristiques du barrage.

Remarque sur la courbe en sac.

Remarquons ici que la courbe en sac que nous venons de décrire peut se présenter dans deux cas très différents :

a) S'il s'agit d'une rivière, la variable temps de parcours peut être rattachée à l'abscisse du point considéré (du moins tant que la vitesse reste constante).

La courbe en sac indique en tout point la valeur de la teneur en oxygène telle que pourrait la mesurer un observateur qui se promènerait sur la berge à la vitesse de l'eau dans la rivière.

b) S'il s'agit d'un lac, elle indique la teneur en oxygène à un instant t après introduction d'un polluant à l'instant 0. La courbe n'est évidemment valable que dans la mesure où n'intervient pas un nouveau polluant.

Après avoir fait une telle remarque, nous n'examinerons pas ici la question de la détermination *a priori* des constantes K_1 , K_2 , L_0 et D_0 , ceci fait partie du côté physico-chimique du problème et non du côté mathématique auquel nous entendons nous borner.

Le mathématicien a dans ce genre de problème une situation privilégiée.

Il demande au physicien :

— de lui donner les équations différentielles ou intégrales du problème, équations qui dans le cas présent résultent

d'expériences dont le mathématicien n'a pas à discuter le bien fondé;

— de lui fournir les données numériques, c'est-à-dire les constantes K_1 et K_2 pour différents tronçons successifs de la rivière pour lesquels ces constantes peuvent être considérées comme invariables.

— éventuellement les lois qui lient ces constantes à la température de la rivière, ou à d'autres paramètres tels que profondeur, vitesse d'écoulement...

— enfin, les valeurs de la charge L au point origine et pour chacun des effluents rencontrés le long du parcours.

Le mathématicien n'a pas à discuter la plus ou moins grande fiabilité de ces données.

Nous sommes payés pour savoir que dans tous les phénomènes hydrauliques que nous avons pu mettre en ordinateur : calcul de réseaux maillés, coups de bélier et ici autoépuration des rivières, nous nous heurtons au scepticisme facile de ceux qui disent : « A quoi bon ces calculs puisque vos données restent toujours incertaines. »

Nous sommes d'accord, il règne toujours une certaine incertitude sur les données; nous pensons cependant qu'il est préférable de se fier à ces calculs dont au demeurant nous pouvons prévoir la corrélation entre l'incertitude des données et l'incertitude des résultats, plutôt que de ramener le problème de la pollution au stade des discours virulents pour assemblées de pêcheurs à la ligne ou articles alambiqués à l'usage des lecteurs d'un grand quotidien.

Il s'agit de mettre le problème en ordinateur puisqu'aussi bien le calcul à la main de la formule de Streeter et Phelps est des plus fastidieux.

Dans le programme nous devons tenir compte de tous les paramètres pouvant modifier cette équation, ce qui nous amènera à fixer au droit de chaque effluent :

- l'abscisse de cet effluent;
- la vitesse de la rivière;
- la valeur de K_1 ;
- la valeur de K_2 ;
- la température;
- la valeur de la charge L de l'effluent;
- la valeur du déficit D de l'effluent;
- la température de l'effluent, notamment lorsque celui-ci est formé à gros débit et température très différente de celle de la rivière (centrales thermiques) ce qui amène ipso facto des modifications de K_1 et K_2 .

Ainsi chaque effluent aura une fiche de données.

L'ordinateur à partir de ces fiches traitera l'équation de Streeter et Phelps et donnera les valeurs de la charge et du déficit en différents points de la rivière. Ou, par l'intermédiaire d'un traceur de courbe, il traduira ces valeurs en courbes.

Nous devons ici insister sur l'utilité pratique de ces calculs. Nous nous souvenons pour le calcul des réseaux maillés d'avoir entendu d'éminents hydrauliciens déclarer « très intéressant mais je ne vois pas à quoi cela peut servir » et un autre « j'ai calculé « mon » réseau une fois, ça collait, donc ça me suffit ».

L'un et l'autre n'avaient pas compris le but de ces calculs.

S'il s'agissait uniquement de calculer l'état actuel d'un réseau ou d'une rivière, ces calculs pourraient paraître inutiles puisqu'il suffirait de mesurer des pressions (ou des teneurs en oxygène) pour avoir directement ce que donne (ou à peu près) un pénible calcul.

L'ambition des usagers de ces programmes est toute différente, il s'agit non pas de traiter les problèmes du présent mais les problèmes à venir.

Prenons un exemple :

Une industrie importante doit s'installer au bord d'une rivière. On sait qu'elle doit déverser en rivière un effluent dont la teneur en matières organiques peut être évaluée d'après l'expérience que l'on a d'industries analogues.

A-t-on le droit de laisser cette industrie déverser ses eaux résiduaires à l'état brut dans le cours d'eau ?

Suivant l'état d'esprit de l'autorité chargée de donner la réponse, on pourra avoir une réponse négative ou positive.

Dans le premier cas, on pourra obliger l'industrie à de coûteuses dépenses d'épuration qui finalement ne sont peut être pas absolument nécessaires.

Dans le deuxième cas on peut courir à la catastrophe.

L'ordinateur, lui, pourra donner des réponses plus nuancées :

a) Il dira par exemple que telle position choisie pour l'industrie en question entraînera une pollution inadmissible tandis qu'une autre position en amont ou en aval aurait été favorable.

b) Il dira que le déversement peut être autorisé à certaines heures de la journée et interdit à d'autres.

c) Il donnera le chiffre admissible de la teneur en matières biodégradables de l'effluent permettant ainsi à l'industriel de décider par quel moyen il peut ramener cette teneur à la valeur autorisée.

On peut évidemment à toutes ces solutions ajouter prudemment des coefficients de sécurité mais nous croyons cependant cette manière de traiter le problème beaucoup plus payante que le fameux « pifomètre », quelle que soit la virtuosité de celui qui manie ce célèbre instrument.

Nous venons de dire que le calcul de l'état actuel d'une rivière en ordinateur n'était pas le but principal de l'opération.

En réalité, ce calcul actuel nous sera précieux pour apprécier la valeur de notre système de calcul.

Si nous faisons ce calcul il nous sera facile d'en comparer les résultats avec des mesures en rivière. Si nous trouvons une concordance satisfaisante nous serons bien obligés de reconnaître que nos données n'étaient pas si mauvaises.

S'il y a discordance, c'est donc qu'il y a quelque part une erreur.

Dans cet ordre d'idée, on nous permettra de citer une expérience pratique qui nous est arrivée il y a quelques années.

Dans un réseau de distribution d'eau en province, on nous signalait l'insuffisance d'alimentation d'un quartier. Nous mettons le réseau en ordinateur et trouvons que la pression dans ledit quartier devrait être supérieure de 24 m à celle qui était annoncée.

Alors nous avons dit aux exploitants qu'une telle erreur dans nos calculs ne nous paraissait pas possible et de vérifier s'il n'y avait pas une raison à cette chute de pression.

On découvrit qu'une certaine vanne avait été fermée de nombreuses années auparavant pour une raison quelconque. Le responsable de cette fermeture était parti à la retraite. L'alimentation du réseau s'était poursuivie plutôt mal que bien jusqu'au jour où par suite de l'augmentation de la consommation le réseau avait déclaré forfait.

La vanne fut ouverte et la pression se rétablit au niveau annoncé par le calcul.

L'ordinateur ainsi par le fait qu'il était en désaccord avec la réalité avait décelé le défaut du réseau.

Il n'est pas impossible qu'un jour, ayant à traiter un problème de rivière, l'ordinateur en annonçant des résultats manifestement erronés ne permette de déceler par exemple un effluent clandestin.

Il nous reste à donner quelques exemples de l'utilisation de ces méthodes. Nous ne pourrions mieux faire que de passer la parole à un utilisateur qui vous fera part de ses expériences.

Exemple d'application du programme de calcul sur ordinateur

par G. BUJON

Ingénieur principal à la SETUDE (Paris)

Bien que le programme de calcul dont vient de parler M. Dubin soit de création relativement récente, nous avons déjà eu l'occasion de l'utiliser à quelques études de prévision de pollution de rivières.

Naturellement, il a fallu au préalable s'assurer de la validité de la méthode, ce qui a été fait de la manière suivante.

Dans le cadre d'études de pollutions effectuées antérieurement, la SETUDE avait été amenée à procéder sur des tronçons de rivières longs de plusieurs dizaines de kilomètres, d'une part à la mesure du débit et des vitesses d'écoulement et, d'autre part, à des dosages d'échantillons

prélevés au fil de l'eau. Des mesures de débit et des prélèvements avaient également été effectués dans les affluents de ces rivières ainsi que dans les principaux effluents urbains et industriels s'y déversant. On pouvait donc songer à vérifier si la méthode de calcul permettait de retrouver les caractéristiques mesurées dans la rivière. Pour effectuer la vérification, il convenait de connaître les coefficients de biodégradation K_1 et réoxygénation K_2 des rivières sous examen, coefficients que l'on pouvait calculer dans des biefs judicieusement choisis, délimités par deux profils de prélèvements entre lesquels la rivière ne reçoit aucun affluent ou rejet d'eaux résiduaires.

On disposait alors de tous les éléments dont le programme de calcul nécessite l'utilisation, c'est-à-dire principalement les caractéristiques de la rivière (débit, vitesses d'écoulement, oxygène dissous et DBO₅ à l'origine), les caractéristiques des affluents ou rejets d'eaux usées (abscisse, débit, oxygène dissous, charge polluante) et les coefficients d'auto-épuration et de réoxygénation particuliers aux cours d'eau. Il ne restait plus qu'à procéder au calcul sur ordinateur pour obtenir l'évolution théorique de deux des paramètres de pollution organique du cours d'eau, la teneur en oxygène dissous et la demande biochimique d'oxygène. On a pu ainsi constater la concordance satisfaisante existant entre les résultats fournis par l'ordinateur et la qualité réelle des eaux de la rivière, et ce n'est qu'après ces mises à l'épreuve indispensables que le programme de calcul a été utilisé dans des études nouvelles de pollution de cours d'eau.

Comme l'a fort justement fait remarquer M. Dubin dans son exposé, l'intérêt du programme de calcul ne réside pas dans la détermination de la qualité actuelle des eaux d'une rivière, qualité dont on peut avoir une représentation satisfaisante par l'exécution de mesures *in situ*, mais dans des prévisions de qualité liées à des modifications des conditions hydrauliques du cours d'eau ou à des changements dans la pollution apportée par les déversements d'eaux résiduaires.

Ces modifications ou changements peuvent résulter de l'expansion démographique ou industrielle (croissance de la population, agrandissement des établissements industriels existants ou création de nouvelles industries), ce qui a pour effet de provoquer des dégradations de la qualité des eaux; ils peuvent par contre, avoir un résultat bénéfique sur la qualité des eaux s'il s'agit de la création de barrages permettant de relever le débit d'étiage, de la mise en œuvre de stations d'épuration, ou de l'établissement de dispositifs d'amélioration de la qualité du cours d'eau lui-même (réaération par exemple).

Il se trouve par ailleurs qu'en raison de contingences financières, il n'est souvent pas possible d'envisager de mettre en place simultanément tous les dispositifs souhaitables de lutte contre la pollution; dans ces conditions, il convient de rechercher des mesures d'assainissement, permettant de maintenir au moindre coût dans le cours d'eau, des caractéristiques encore acceptables pour l'usage auquel on le destine.

Ainsi la recherche de ces mesures nécessite généralement l'examen de nombreuses variantes.

Les calculs correspondants sont longs et fastidieux et ils sont, de ce fait, source d'erreurs éventuelles; le programme de calcul permet d'effectuer l'étude dans un temps record et avec toute garantie de sécurité en ce qui concerne les résultats numériques.

Nous avons récemment étudié, à l'aide du programme, le cas d'une rivière française, à très faible débit d'étiage,

polluée par les effluents à caractère biodégradable d'une agglomération urbaine et industrielle de 40 000 habitants. Certaines des principales industries de cette agglomération, autrefois situées dans le tissu urbain, viennent de s'installer dans une zone industrielle créée en amont de la ville; d'autres doivent s'y implanter dans les années à venir. La position de cette zone industrielle par rapport à l'agglomération urbaine est évidemment très défavorable car cette dernière va être traversée par des eaux de rivière de plus en plus polluées par des effluents industriels; de plus, on est en train de mettre en place un réseau d'égouts qui collectera les effluents urbains pour les évacuer à l'aval de l'agglomération, à quelques kilomètres seulement d'une région dont l'aménagement touristique est envisagé.

Il était demandé de concevoir un schéma d'assainissement pour l'horizon 1975, permettant de conserver aux eaux de la rivière des caractéristiques compatibles avec la vie du poisson et acceptables du point de vue sanitaire dans la traversée de l'agglomération et de la zone touristique à aménager.

Après avoir procédé sur le terrain aux mesures hydrauliques et physico-chimiques permettant de déterminer les caractéristiques d'auto-épuration du cours d'eau, ce problème a donné lieu à l'examen de *seize solutions*; il est probable que sans l'outil extrêmement pratique que constitue le programme de calcul, il n'aurait pas été possible de procéder à une étude aussi poussée.

On a pu définir ainsi, dans des délais extrêmement rapides :

— l'abattement de pollution que devraient procurer des stations urbaines et industrielles pour maintenir la rivière en deux catégories différentes (rivières à salmonidés et à cyprinidés);

— l'amélioration procurée par le report du point de rejet des effluents industriels en des points judicieusement choisis à l'amont de l'emplacement des établissements, ceci permettant d'éviter l'effet cumulatif néfaste de rejets trop rapprochés juste à l'amont de la ville;

— les résultats que l'on peut attendre de la mise en place de stations d'épuration ayant un rendement de l'ordre de 80 %, rendement que l'on sait obtenir sans trop de difficulté technique;

— les améliorations de qualité complémentaires qui résulteraient, les effluents étant toujours traités à 80 %, du relèvement du débit d'étiage ou du report en amont du point de rejet des effluents industriels.

Il est hors de question de faire ici un exposé sur les résultats obtenus et sur les solutions à adopter qui font d'ailleurs intervenir des considérations économiques dont il n'a pas été question auparavant. Ma seule intention était d'illustrer par un exemple concret, le genre de problème que permet de résoudre en toute commodité le programme de calcul dont dispose la SETUDE.

Discussion

Président : M. ESTIENNE

M. le Président félicite M. DUBIN pour son exposé mené avec beaucoup de brio car dit-il « en quelques minutes il a réussi à nous faire passer des mathématiques de l'école maternelle à celles de l'Université ». Il remercie vivement M. BUJON d'avoir donné un exemple d'application du programme de calcul sur ordinateur, élaboré par M. DUBIN.

M. le Président ouvre la discussion à la fois sur la Communication de M. LEFORT et sur celle de M. DUBIN.

M. TRUCHOT présente diverses observations qu'il a résumées comme suit :

1. — Limite des modèles mathématiques d'autoépuration.

Les modèles exposés prennent en compte deux paramètres décrivant la qualité de l'eau : l'oxygène dissous et la DBO 5. Or, les conditions de vie dans le milieu aquatique dépendent de bien d'autres facteurs : présence ou absence de produits toxiques dans l'eau, nature des fonds, présence ou absence de végétations, etc.

D'autre part, la pollution est actuellement de moins en moins due essentiellement à des matières organiques biodégradables, mais plutôt à des produits stables et souvent toxiques (métaux lourds, pesticides...). Ces produits sont souvent absorbés par des sédiments et les matières en suspension.

Il faut donc bien être conscient que décrire la qualité de l'eau par les seuls paramètres oxygène dissous et DBO 5 constitue une simplification importante et que bien d'autres facteurs conditionnent l'équilibre biologique du milieu.

2. — Acquisition des données.

Les modèles ne peuvent être utilisés que sur des données acquises spécialement à cet effet : il est difficile de les utiliser sur les données trop incomplètes recueillies jusqu'à présent. Les données provenant d'origines différentes peuvent être incohérentes entre elles (méthodes d'analyse différentes, techniques de prélèvement et d'échantillonnage différentes).

3. — Estimation des coefficients K , lorsqu'il n'y a plus d'oxygène dissous dans l'eau.

On a envisagé de tester l'un des modèles sur la Seine; mais il y a des périodes où les eaux de ce fleuve à l'aval de Paris présentent une teneur nulle en oxygène dissous sur des longueurs de 50 à 100 km; dans ces conditions presque anaérobies, quelle valeur donner au coefficient kl de bio-dégradation ?

M. BUJON (SETUDE) répond :

Il est bien évident que la teneur en oxygène dissous et la DBO 5 ne constituent pas les seuls critères de pollution des rivières, mais il faut bien voir ce qui était demandé à M. DUBIN dans le cadre de la D.G.R.S.T. : Etude bibliographique sur les modèles existants, établissement d'un programme de calcul basé sur le ou les modèles les mieux élaborés. Si les effluents d'eaux résiduaires contiennent des substances toxiques (et c'était, par exemple, le cas pour une tannerie dans l'exemple d'utilisation du programme dont j'ai parlé), le problème qui se pose n'est pas l'étude de leur évolution dans le cours d'eau mais l'interdiction de leur rejet dans le milieu naturel.

M. PREISSMANN résume les conclusions des travaux effectués dans ce domaine par la SOGREAH : elles rejoignent souvent celles de M. LEFORT mais avec quelques nuances :

Pour la rivière que nous avions à examiner, il ne nous a finalement pas été possible de choisir un seul coefficient kl : nous avons été amené à admettre que la pollution provenait de plusieurs constituants : un constituant à dégradation rapide et l'autre à dégradation lente, chacun suivant son processus de dégradation propre.

Par ailleurs, M. LEFORT a dit qu'il regrettait de ne pas avoir pu introduire dans son modèle la diffusion longitudinale.

Je désire souligner que, dans le cas de rejets qui ne varient pas trop vite, cette diffusion longitudinale n'intervient presque pas. Si, au contraire les rejets arrivent très rapidement, rejet accidentel d'une substance toxique, par exemple, la diffusion longitudinale est la cause principale de la dilution de ladite substance.

Dans le cas normal de rejets en rivière qui varient d'une heure à l'autre, mais non d'une minute à l'autre, la diffusion longitudinale

existe, mais ne change pas fondamentalement l'évolution de la pollution.

En ce qui concerne le coefficient k_2 , on ne saurait être trop attentif dans la comparaison des résultats des différents auteurs avec ceux obtenus dans tel ou tel cas particulier. Le coefficient ne dépend pas seulement de la vitesse moyenne et de la hauteur de l'eau; il dépend aussi de la rugosité.

En outre, la valeur de k_2 peut être sensiblement modifiée par des phénomènes de stratification. Dans une rivière, la diffusion turbulente en est profondément modifiée. Il ne paraît pas impossible que dans le cas de stratification (et c'est un point pratique important) on ait des valeurs de k_2 plus faibles.

Quant au reste, je suis d'accord avec les idées de M. LEFORT. Il ne s'agit pas d'avoir de beaux résultats mais de pouvoir expliquer qualitativement ou quantitativement les phénomènes observés et de les mettre en équation.

Sur l'invitation de M. le Président, M. LEFORT répond :

A M. TRUCHOT que lorsque l'eau de la Seine est privée d'oxygène, il se peut qu'il y ait décomposition des nitrates en nitrites et ammoniacque, de telle sorte que la dégradation des nitrates devient une source d'oxygène.

A M. BUJON et à M. PREISSMANN : qu'en effet, la détermination des valeurs des coefficients kl et k_2 à introduire dans les modèles, présente de grandes difficultés. On admet, en général, que kl varie linéairement entre les deux valeurs mesurées aux extrémités d'un bief. Les valeurs de k_2 dépendent de la forme et de la rugosité du lit ainsi que l'a indiqué M. PREISSMANN.

M. DUBIN fait remarquer que, dans les calculs exécutés à l'ordinateur, il est facile de modifier la valeur kl d'un secteur de rivière à l'autre. Pour la détermination de k_2 et du coefficient numérique qui concerne la DBO 5 il estime plus raisonnable de procéder à une série de mesures sur la rivière intéressée que d'utiliser des formules qui donnent des résultats extrêmement dispersés sinon absurdes.

M. LARRÉ intervient en ces termes :

Je voudrais dire quelques mots sur l'objet de ce type d'études, en le replaçant dans le dessein le plus général, qui devrait bien être d'essayer d'aboutir à une meilleure protection de nos rivières.

Comme il n'y a qu'une certaine somme à dépenser pour la lutte contre la pollution, il faut tenter de dépenser cet argent le mieux possible. C'est pourquoi, toutes nos études hydrologiques de surface et nos études de modèles de pollution essaient d'optimiser les aménagements nécessaires pour « l'acquisition des données ».

Il faut malheureusement reconnaître que les modèles d'hydrologie de surface ne sont pas bien au point. On ne sait pas extrapoler ce qu'on trouve au niveau de petits bassins expérimentaux.

En ce qui concerne les modèles de pollution, on sait bien les mettre sur pied mais les extrapolations qui sont pourtant l'essentiel — ainsi que l'a dit M. BUJON — ne permettent d'atteindre qu'un certain degré de précision et les modèles doivent donc encore être perfectionnés.

Cependant, la D.G.R.S.T., dans le cadre du V^e Plan, a décidé de soutenir un certain nombre de programmes de recherche sur des modèles de pollution et ce, en vue d'avoir un modèle général quantitatif et qualitatif concernant les ressources en eau dans un bassin.

En ce qui concerne le problème des données, l'inventaire national de la pollution a été mis en cause. Il faut bien comprendre ce qu'est cet inventaire national de la pollution. Il n'était pas question en un an, d'avoir à notre disposition la qualité à chaque instant et à chaque endroit des rivières françaises : nous n'avions pas d'argent pour arriver à un tel résultat. Ce que nous avons essayé de faire, c'est pour la première fois d'homogénéiser toutes les mesures qui se faisaient à droite et à gauche de façon à les rendre exploitables.

Mais il est certain que les fréquences de mesure et l'échantillonnage en général ne sont pas susceptibles d'une exploitation de cette nature : j'en suis bien d'accord.

Nous espérons, au moyen de l'inventaire, obtenir ce qu'on obtient quand on fait une enquête d'opinion. Cela ne permet pas de dire

que telle ou telle personne qui a répondu à l'enquête d'opinion va faire telle ou telle chose; cela permet — mieux que l'hypothèse à laquelle faisait allusion M. DUBIN — d'avoir une idée de ce que fera le groupe; par conséquent, au niveau national, nous espérons avoir une idée, que nous n'avons pas actuellement de l'état global des rivières françaises au point de vue de la qualité de l'eau.

Je ne peux donc que souhaiter une suite aux études qui ont été commencées au cours du V^e Plan.

M. PICHOT pose deux questions :

a) Manifestement, le modèle de M. LEFORT dépend du temps et de l'espace. Or, on se confine dans l'évolution du phénomène en fonction du temps. On a cru assez longtemps qu'on pouvait ne tenir compte que d'une seule « variable longitudinale » mais les derniers travaux exécutés en Allemagne sur des rivières larges montrent la nécessité de considérer aussi une variable latérale.

b) Il semble que, dans le cas de phénomènes de pollution qui supposent des conditions assez éloignées de l'équilibre, l'emploi d'équations linéaires n'est pas bien fondé. Pourquoi ne pas utiliser un modèle non-linéaire ?

Des réponses de M. LEFORT et de M. PREISSMANN, il ressort que le problème n'a pas encore été abordé aux points de vue très logiques, évoqués par M. PICHOT, sans doute en raison de l'état actuel d'avancement des études et des nombreuses difficultés expérimentales rencontrées. Les questions posées par M. PICHOT restent à étudier.

M. PREISSMANN précise que pour l'étude d'ensemble de secteurs de rivière longs par rapport à la largeur du cours d'eau, la diffusion latérale peut être négligée. Par contre, si on fait des mesures dans un cours d'eau au voisinage d'un point de rejet, il est très important de faire porter aussi l'exploration sur la diffusion latérale toujours beaucoup plus lente à s'établir que sur une « verticale ».

M. PICART exprime un point de vue pessimiste sur l'ensemble du problème :

Les méthodes proposées, dit-il, examinent uniquement l'évolution des rivières en fonction de déversements de matières biodégradables.

La caractéristique de notre époque, c'est : d'une part, l'énorme accroissement de déversements de matières non dégradables, d'autre part, l'expansion continue de la production industrielle. Or, si en France le réseau hydrographique est dense et bien composé il est composé de fleuves et rivières modestes, en surface de plans d'eau et en capacité biogénique, de telle sorte que en utilisant les rivières comme évacuateurs de déchets, (même seulement de ceux restants, après épuration avec un rendement de 80 % par rapport à ceux déversés) ce qui se passe pour la Seine — azoïque de Paris à la mer — s'étendra, réduisant ainsi le champ d'application des méthodes qui viennent d'être exposées.

M. le Président pense qu'il n'est pas interdit d'espérer une amélioration de l'état de choses actuel grâce, en particulier, aux études évoquées ce matin.

Personne ne demandant à intervenir, il clôt ensuite la discussion.

