

(Emendado original)

IS

LES BESOINS EN EAU INDUSTRIELS  
DANS  
LA GESTION GLOBALE DES RESSOURCES EN EAU

---

Yves EMSELLEM  
Président d'ARLAB  
Sophia Antipolis - Valbonne - France

## RESUME

L'étude des besoins en eau industriels s'effectue différemment selon que l'on s'intéresse aux projets d'engineering de l'approvisionnement et du traitement des eaux à usage industriel, des rejets, de leur collecte, de leur épuration, au dimensionnement des ouvrages publics, au devenir de la pollution industrielle non traitée, ou encore aux économies d'énergie et de matières premières, selon que l'on s'intéresse au niveau, local, régional, national, à l'analyse des branches industrielles, à l'influence du développement économique, démographique, à la protection de la santé publique, ou de l'environnement.

Le présent papier concerne le rôle des eaux industrielles et de leurs rejets dans le cadre d'une gestion globale des ressources en eau, à l'échelle d'un bassin ou d'un pays, à moyen et long terme, dans le cadre de l'analyse des politiques alternatives d'aménagement en avenir incertain mais rationnel. Sont donc examinés les besoins unitaires, en quantité et qualité, des prélèvements et des rejets, pour les branches industrielles couramment considérées par la comptabilité nationale et la macroéconomie, et l'influence des scénarios de développement, sur les besoins détaillés régionalement, à moyen et long terme, dans le but d'aider au choix des investissements.

## AVANT PROPOS

Le présent document a été établi à partir d'un ensemble de travaux réalisés par une équipe, pendant près de dix ans, pour le Ministère de l'Environnement, l'Agence de Bassin Seine-Normandie et la Commission des Communautés Européennes, à la suite d'une initiative du Secrétariat Permanent pour l'étude des problèmes de l'Eau.

La liste des auteurs est donc constituée par Jean-Pierre Bordet, Rémi Barré, Bernard Chapignac, Pierre-Frédéric Ténière-Buchot, Daniel Caille, Jacques Theys, André Lesouef.

## INTRODUCTION

La demande en eau industrielle recouvre un ensemble de concepts très différents :

- l'échelle du territoire, c'est l'usine, la zone industrielle, l'agglomération, la région, le pays,
- la technique identifie la branche économique, l'activité professionnelle, la technologie et l'époque de construction des installations industrielles,
- l'ingénierie considère les usages de l'eau au sein de l'unité industrielle et les moyens pour respecter les normes technologiques, ou réglementaires, de prélèvement et rejet,
- l'aménagement considère comme un ensemble le besoin de recevoir de l'eau et le besoin de rejeter une partie de cette eau, polluée ou traitée, après collecte ou directement dans la nature,
- l'environnement s'intéresse à la nature des impacts de prélèvement sur la ressource et des rejets sur le milieu naturel,
- l'administration considère les usagers, individuels ou collectifs, et leurs relations,
- l'économie suit les flux de production et de consommation de biens et services, et l'insertion du facteur eau dans les moyens de production, et dans les nécessités de la population.

En bref, il est clair que les sources d'information, les méthodes de compréhension, les moyens d'action et les résultats diffèrent du tout au tout selon le but que l'on se propose.

Si ce but est l'aménagement et la gestion des eaux pour le développement, il faut replacer l'industrie dans ce cadre particulier, c'est-à-dire le futur, le territoire, la population et son activité, dans son environnement et ses institutions.

Il ne s'agit donc pas tellement de dimensionner des tuyaux à l'intérieur d'une usine, mais d'estimer quelles sont les mesures à prendre : investissements, règles, calendrier, pour permettre à une collectivité de se développer, en considérant avec un maximum de sécurité des situations futures possibles ou souhaitées.

A l'occasion d'une rétrospective de différentes études réalisées pendant les années 70, nous allons tenter d'esquisser une méthode. Ces études ont essentiellement concerné l'ensemble du territoire français, pour une politique de l'environnement, puis, avec un plus grand détail, le bassin Seine-Normandie.

## I. LE CADRE GENERAL

L'outil de base est un ensemble de deux modèles SPIRE et POTAME.

SPIRE simule, à l'échelle du pays, des projections socio-économiques selon différents scénarios de développement économique et démographique. Le futur n'étant pas prévisible, on l'encadre par des scénarios exprimés en volumes, types et modalités d'activité de la population, et mettant particulièrement en évidence les modes de consommation de biens et services, le bilan énergétique, la politique de production et consommation, la structure et la balance des imports et exports.

Un scénario est caractérisé par un ensemble d'objectifs et de stratégies en matière de développement économique et de protection de l'environnement qui ont une incidence directe sur l'évolution des besoins en eau et de leur qualité. Les résultats sont donc assurés d'un minimum de cohérence entre démographie, économie, technologie d'une part, bassin, région et cellule du territoire, d'autre part. Ces cellules ont une base administrative.

POTAME en déduit les besoins en eau des différents usagers et leur production de pollution. Pour une politique donnée de protection de l'environnement, pour une stratégie dans le choix des aménagements hydrauliques et de l'épuration, pour une sécurité d'approvisionnement objectif et des méthodes d'allocation des ressources, il effectue le bilan des besoins et ressources exprimé en investissements selon un calendrier et en règles de gestion.

Vu sous l'angle de la demande en eau industrielle, ceci conduit à analyser la demande en eau des branches économiques d'abord de façon analytique, puis à considérer les volumes à l'échelle régionale de travail.

Le modèle considère sept groupes d'utilisateurs de l'eau :

- Agriculture : irrigation
- Bétail
- Domestique rural (hors des zones de peuplement urbain ou industriel)
- Domestique petite ville
- Domestique grande ville (plus de 30 000 habitants)
- Industrie
- Centrale

L'industrie est éclatée en quatre usages :

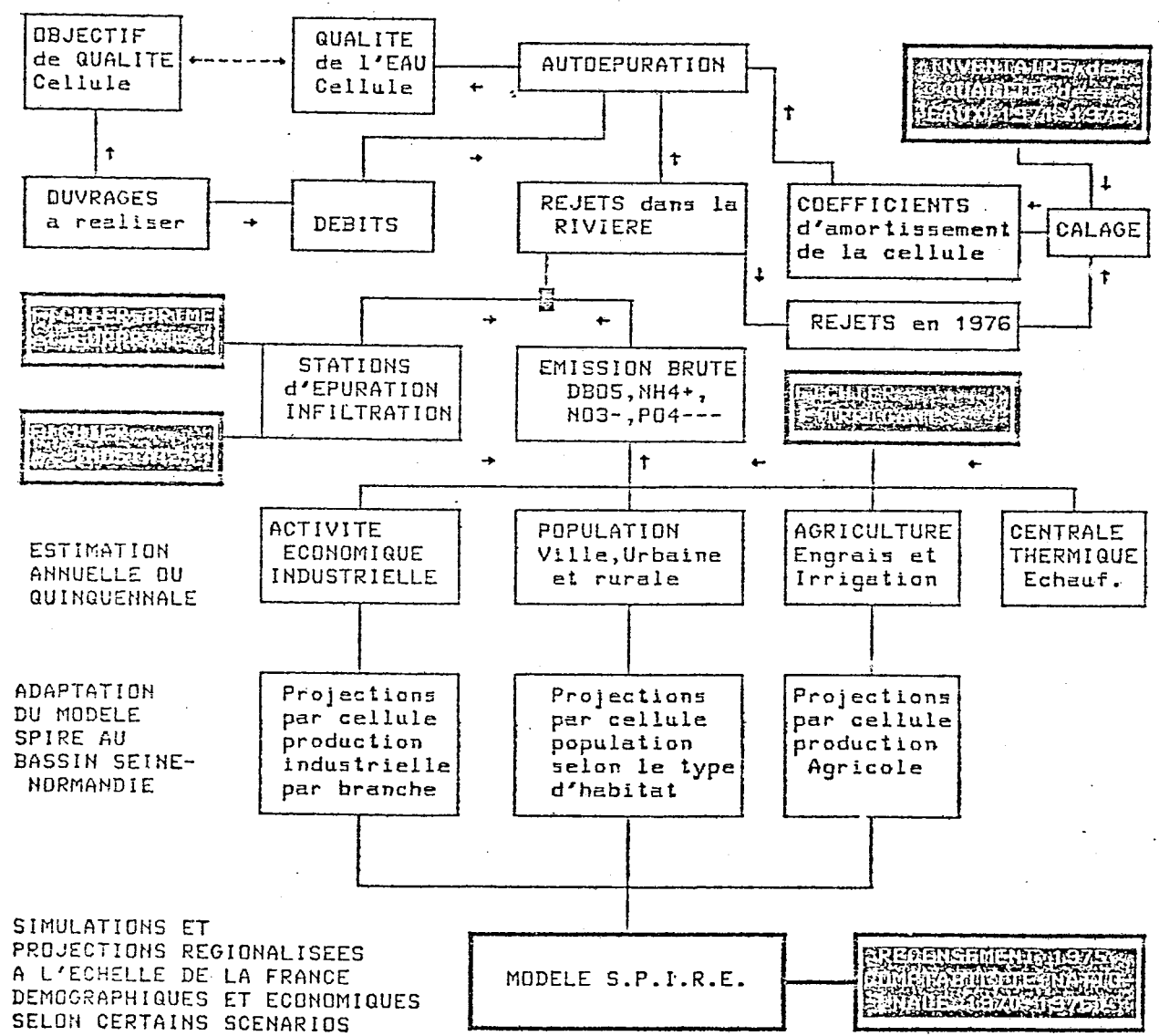
- Lavage-transport
- Refroidissement
- Chaudières
- Fabrication

Chaque usage - ou usager - consomme une partie de l'eau prélevée et rejette le reste chargé de polluants. Les cinq polluants considérés sont :

- DBO<sub>5</sub>
- Amonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>
- Nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- Phosphates PO<sub>4</sub><sup>---</sup>
- Hydrocarbures

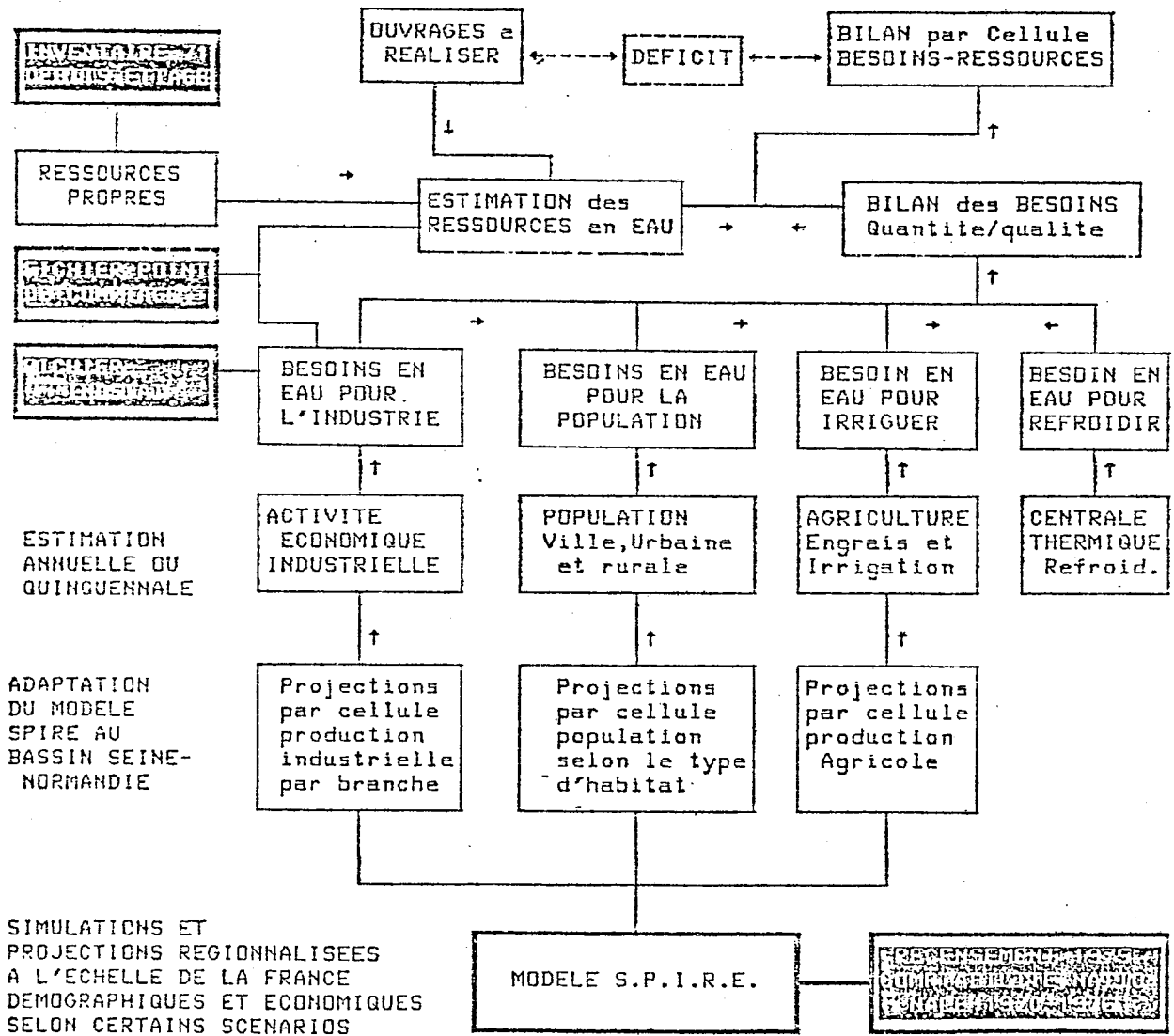
POTAME - QUALITE des EAUX

DONNEES AGENCE



POTAME - BESOINS/RESSOURCES

DONNEES AGENCE



L'oxygène dissous est un paramètre supplémentaire pris en compte dans la détermination de la qualité des eaux superficielles.

Les travaux ont été réalisés en plusieurs phases.

La première phase, 1969-1972, a consisté à esquisser la méthodologie d'étude prospective, en cherchant à savoir s'il était possible de considérer simultanément l'économie, la démographie, les besoins et les rejets en quantité et qualité, l'hydrologie et l'autoépuration, l'aménagement des eaux et l'environnement. Simultanément, une enquête technique auprès des industries permettait d'obtenir des chiffres sur le détail des usages de l'eau industrielle, pour les différentes branches.

A ce niveau, l'indicateur de la demande en eau a été l'emploi par branche. L'application fut esquissée sur un bassin de 110 000 km<sup>2</sup> et six millions d'habitants découpés en une trentaine de blocs.

Cette phase fut conclue en 1974 par une extension à l'ensemble du pays, pour une prospective 1970-2000. L'indicateur de demande était toujours l'emploi par branche, et le territoire de 550 000 km<sup>2</sup> et 50 millions d'habitants était divisé en 130 blocs.

A cette échelle, la demande en eau *industrielle globale* pour chaque agence de bassin était correctement estimée, et sa répartition esquissée convenablement. De même, les sept polluants et l'état du milieu étaient à peu près bien estimés, et, à cette échelle prospective, on peut considérer l'outil comme adapté.

La seconde phase de travail a démarré immédiatement après, en 1975-1976, avec un degré de finesse supérieur. Tout d'abord, le territoire est découpé en 400 blocs. Mais, surtout, la crise de l'énergie a montré que le futur est très difficile à cerner, et qu'il est nécessaire de pouvoir construire des scénarios. D'où l'ensemble SPIRE qui fournit l'évaluation de l'industrie à partir de sa production et de ses consommations, au sens de Leontieff.

Or on s'aperçoit très vite que l'emploi par branche, à ce niveau de détail, est un indicateur insuffisant. On s'oriente donc sur la production par branche, comme indicateur de demande.

Enfin, la dernière phase, démarrée presque en même temps, concerne l'agence Seine-Normandie, d'environ 100 000 km<sup>2</sup> et 15 millions d'habitants découpée en 320 cellules. On a été, pour cette dernière application, appelé à détailler les plus gros consommateurs d'eau, à partir des données de l'Agence,

On voit donc que l'échelle est un facteur méthodologique important : selon que l'on considère des unités de 400 000, 125 000 ou 50 000 habitants, pour fixer des orientations valables pour des groupes de 50 millions, 10 millions ou 1 million d'habitants, la démarche est forcément différente.

Il faut ajouter qu'en dix ans l'information disponible a crû dans des proportions notables : ce que l'on obtenait difficilement par enquête en 1970 est disponible sur bandes magnétiques en 1980.

## II. LES PRELEVEMENTS ET LES REJETS ACTUELS

### 1. LES INDICATEURS

Le premier travail d'un modèle destiné à envisager des situations futures, c'est de reconstituer le passé de façon suffisamment convaincante. Pour ce faire, il faut deux conditions : choisir des indicateurs bien fondés, et disposer d'assez d'information.

La production a été prise comme indicateur, de préférence à l'emploi. Pourtant les données sur l'emploi par branche sont disponibles au niveau des communes, cellules de territoire plus petites que celles qui ont été considérées. Mais, tout d'abord, d'un simple point de vue physique, c'est bien la fabrication du produit qui est générateur de pollution, et non la présence de personnes actives.

D'autre part, lorsque le niveau d'activité, ou le niveau de croissance évolue, la politique sociale peut jouer de différentes façons.

Les deux extrêmes sont la façon dont peuvent baisser l'emploi et la productivité en cas de décroissance : maintenir la productivité et réduire l'emploi, ou maintenir l'emploi en réduisant la productivité. On voit donc qu'il est difficile de mélanger ce type de problème avec les besoins en eau de l'industrie. D'où le choix de la production, en millions de francs de 1970.

D'autre part, les informations disponibles sont de quatre types :

- . Des enquêtes très spécifiques, par type d'industrie, sur leurs besoins, en identifiant la nature des besoins élémentaires et leurs proportions.
- . Les données des recensements nationaux qui contiennent la population active totale hommes-femmes et l'emploi par branche.
- . La comptabilité nationale, qui fournit la production par branche.
- . Les fichiers des agences de prélèvement et rejet par usager, ou, plus exactement, des redevances de prélèvement et de rejet.

A partir des prélèvements et rejets mesurés par les agences de bassin, et des productions par branche nationale, il est facile de calculer une demande en eau en m<sup>3</sup> par MF 70 (million de franc de production base 1970). Ensuite et à partir des enquêtes effectuées sur place dans différentes industries, on répartit ce prélèvement en lavage-refroidissement, chaudière-fabrication (Tableau 1). Mais ce mode de calcul a plusieurs inconvénients. Tout d'abord, il estompe les spécificités locales. Il faut donc rechercher une plus grande finesse dans la description régionale. D'autre part, le taux de raccordement des industries au réseau public, leur mode d'approvisionnement, et le rendement - ou taux de fuite - des réseaux publics, est très varié. Ces trois facteurs ne doivent donc pas être mélangés avec le fait "demande en eau", car ils concernent l'aménagement du territoire, non les besoins de l'industrie.



Branche industrielle	Besoins en eau Chaudière-fabrication	Besoins en eau Lavage refroidissement
Viandes-lait	1020	1200
Agroalimentaire	1880	2280
C.M.S.	1880	22220
Pétrole (raffinage)	560	5200
Sidérurgie	60	38800
Matériaux construction	1040	11100
Verre	0	9450
Chimie de base	2800	5080
Parachimie	1600	5040
Construction mécanique	640	1800
Automobile	380	3250
Naval-aéronautique	0	250
Textile	4300	6100
Cuir	3900	3500
Industrie du bois	4350	1400
Papier cratons	5600	32400
Matières plastiques	5400	3900
Divers	1400	1800

Tableau 1 : Coefficients forfaitaires des besoins par branche industrielle  
(ancienne version) unité : m<sup>3</sup>/MF70/an

En bref, prélèvement et besoins en eau sont deux gestions bien différentes. Par ailleurs, il faut regarder de près ce que recouvrent les chiffres. L'exemple de la région parisienne est typique. Les statistiques fournissent séparément des chiffres sur l'activité (branche de la comptabilité nationale) et sur les prélèvements. Si l'on calcule les ratios sans soins, on tombe rapidement sur des aberrations car :

- . Certains industriels ont une production déclarée dans une cellule différente de celle où se trouve l'usine. Ce phénomène est net dans la région parisienne où de nombreuses industries ont leur siège social, adresse à laquelle est rattachée la production. Le même phénomène se produit quand on utilise le nombre d'emplois par branche. D'autre part, à l'intérieur d'une même branche industrielle, des divergences existent.
- . La répartition assez grossière du secteur industrie en 18 branches regroupe obligatoirement des industries très différentes au sein d'une même branche. Ceci est particulièrement vrai pour le secteur chimie, parachimie, agro-alimentaire et "divers". Les coefficients utilisés, calculés à l'échelle du bassin, intègrent toutes les particularités. A l'échelle de la cellule, les spécificités locales ressortant, un coefficient moyen ne cadre plus.
- . Le recyclage des eaux industrielles joue un grand rôle. Généralement bon dans les usines récentes, il est médiocre, voir inexistant, dans la majorité des anciennes usines.
- . Le fichier redevance des industriels est incomplet. Les prélèvements inférieurs au seuil de 100 000 m<sup>3</sup>/an n'y figurent pas. Plus ennuyeux encore, les industriels raccordés, qui sont capteurs d'eau dans le fichier redevance des collectivités, ne peuvent être distingués.
- . Nombreux sont les prélèvements industriels effectués sur le réseau d'adduction d'eau potable (tableau 2). Aussi, les volumes connus sont fortement sous-estimés et l'hypothèse de base se révèle alors fausse. C'est seulement une fraction de la production qu'il faudrait prendre en compte.

## 2. LES PRELEVEMENTS

Il était fondamental d'établir les besoins industriels à partir de données, en l'occurrence les productions industrielles par branche, qui caractérisent le scénario de croissance économique retenu. C'est pourquoi les efforts ont consisté à améliorer la méthode d'évaluation en tenant compte des critiques formulées précédemment. Ceci a nécessité une restriction du domaine d'application. La branche "divers", qui regroupe des industries trop disparates (services, tourisme, santé, etc.) a été supprimée. L'analyse des activités des trois cents premiers gros préleveurs du bassin (qui représente 30 % des prélèvements) a permis d'isoler et d'écarter les branches peu ou pas concernées par de forts prélèvements. Les neuf plus gros préleveurs du bassin (plus de 30 % des prélèvements) ont été considérés comme des cas particuliers et seront traités comme tels, et, bien évidemment, ils le sont.

Commune ou syndicat	%
Clamecy	31
Auxerre	24
Joigny	10
Sem	9
Beauvais*	50
Clermont*	36
Cramoisy*	37
Chartres*	41
Louviers-Incarville*	17
Bernay*	35
Pont Audemer*	42
Rouen	16
Syndicat de la banlieue Sud de Rouen	40
Châlon*	54
Epernay*	36
Vitry le François*	62
Syndicat de Château Thierry*	25
Syndicat d'Essonnes sur Marne	75
Syndicat des vallées de la Marne et du Surmelin	22
Troyes	37
Cherbourg	16
Paris	34
* en comptant aussi les "services"	

Tableau 2 : % des volumes distribués à des entreprises industrielles et agricoles à partir des réseaux publics

En conclusion, les besoins industriels de chaque cellule sont évalués de la manière suivante :

- Besoins des plus gros préleveurs, pour lesquels il est plus simple de faire des hypothèses en les considérant comme tels que d'essayer d'imaginer leur futur en les noyant dans un ensemble statistique. Ces gros préleveurs sont, pour le bassin Seine Normandie, 9, et ont prélevé un total de 155 millions de m<sup>3</sup> pour l'année 1976. Il faut ajouter qu'ils concernent exclusivement le pétrole, la chimie et le papier-carton.

Le commentaire à apporter est que chimie est trop général, et que "papier" et "cartons" prélèvent et polluent l'eau de façon différente. Pendant la période d'étiage 1976 (étiage centenaire) ils ont prélevé au total 1.553.110 m<sup>3</sup>/j en moyenne sur les 100 jours d'étiage, soit 30 % des prélèvements du bassin, répartis comme suit :

- Branche pétrole	609 540 m <sup>3</sup> /j
- Branche chimie	486 900 m <sup>3</sup> /j
- Branche papier carton	456 670 m <sup>3</sup> /j (soit au total 18m <sup>3</sup> /s pour 24 h par jour)

Ces établissements industriels, responsables de prélèvements considérables, se distinguent par leur taille et sans doute aussi par leur activité et leur procédé de fabrication. Ils diffèrent trop des autres établissements et doivent par conséquent être traités comme tels dans le modèle. Aux différentes échéances jusqu'à l'an 2000, les prélèvements de ces établissements varient comme les productions des branches correspondantes dans les cellules contenant les gros préleveurs considérés. Il est important de noter que la quasi totalité des prélèvements de la branche pétrole sont représentés par trois grosses raffineries comptées parmi les gros préleveurs. On est donc assuré, pour un scénario économique moyen de type F1, d'avoir une très bonne reconstitution des besoins de la branche pétrole.

- Prélèvements effectués par les branches fortes consommatrices

A l'aide des productions par branche, il est possible d'évaluer les besoins industriels pour chaque cellule à condition de connaître les besoins forfaitaires spécifiques à chaque type d'activité. Les coefficients forfaitaires ont été déterminés par régression linéaire.

Il fallait donc au départ constituer un échantillon d'établissements pour lesquels on connaît les prélèvements et la nature de l'activité industrielle. L'idéal serait bien sûr de connaître également leur production, exprimée en MF 70/an. Mais cela demanderait une enquête très longue et difficile. Nous verrons plus loin comment il est possible de contourner cet obstacle. Les établissements industriels qui ont servi à établir la régression sont issus de l'échantillon constitué par les 312 établissements plus gros préleveurs du bassin Seine-Normandie, qui représentent environ 90 % des prélèvements industriels soumis à redevance.

Cet échantillon était à la base de l'étude de l'utilisation de l'eau dans l'industrie, réalisée par ARLAB pour le CEFIGRE. Pour les besoins de cette étude, les établissements avaient été répartis suivant 9 branches d'activité. En ce qui nous concerne, il a fallu reventiler ces établissements conformément à la classification SPIRE, plus fine, en 18 branches.

Les efforts se sont portés en fin de compte sur les cinq branches les plus grosses consommatrices d'eau, à savoir : chimie de base, papier-carton, automobile, viandes-lait et agro-alimentaire. Pour ces cinq branches, le passage de la classification en 9 branches à la classification SPIRE est relativement aisé, à l'exception de la branche chimie pour laquelle la raison sociale de l'établissement a permis la ventilation dans les branches chimie de base et parachimie.

Ensuite une régression a été effectuée pour trouver des coefficients moyens, avec estimation des corrélations et écarts types. La sidérurgie, grosse consommatrice d'eau, n'a pas été considérée en raison de la difficulté à opérer un passage entre les deux classifications. Dans la plupart des cas, l'intitulé de la raison sociale ne permettait pas de trancher.

Un échantillon de 156 établissements a été constitué, avec la répartition suivante :

Branche	Nombre d'établissements
Viande-lait	34
Agro-alimentaire	42
Chimie de base	36
Automobile	13
Papier-carton	31

A titre indicatif, les résultats ont été les suivants, en chiffres arrondis, selon les types de régression :

Branche viande-lait	44 à 51 m <sup>3</sup> /j/MF70
agro-alimentaire	22 à 37 m <sup>3</sup> /j/MF70
chimie	150 à 214 m <sup>3</sup> /j/MF70
automobile	29 à 34 m <sup>3</sup> /j/MF70
papiers-cartons	168 à 240 m <sup>3</sup> /j/MF70

La répartition eau de chaudière-fabrication, eau de lavage-refroidissement n'est pas modifiée dans les proportions.

- Les besoins des branches restantes (sauf "divers") sont représentés par la différence entre les prélèvements redevables du bassin (situation étiage 1976) et les prélèvements constitués par la régression.
- Les besoins de la branche "divers" sont englobés dans les besoins domestiques.
- Besoins futurs. Une hypothèse de recyclage de l'eau industrielle pour le lavage, le récurage et le refroidissement est exprimée par un taux de décroissance des besoins unitaires pour cet usage, dont la valeur dans la version actuelle est de 2 % par an.

Les besoins des branches principales varient avec les productions correspondantes (calculées par SPIRE). Les besoins des branches restantes évoluent comme la production totale de ces branches dans la cellule. Pour les 9 premiers gros préleveurs, leurs besoins varient comme les productions des branches auxquelles ils appartiennent.

- Besoins des centrales. Ici le problème est relativement plus simple, dans la mesure où le programme électro-nucléaire est connu, pour une bonne part, puisqu'il a été préparé à l'avance, et que les ratio sont clairs.

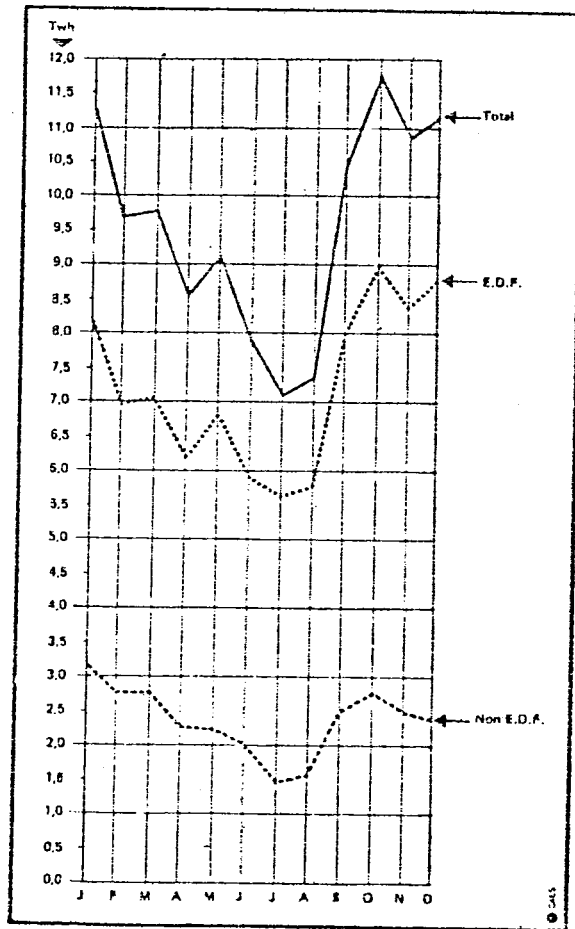
D'autre part, les prélèvements soumis à redevance sont connus, ce qui donne une information sérieuse. A titre indicatif, si l'on se contentait du chiffre de 40 m<sup>3</sup>/s pour 1000 MW, voici ce que l'on obtiendrait pour l'étiage de septembre.

Puissance MW	Prélèvements POTAME m <sup>3</sup> /s (en septembre)	Prélèvements fichier m <sup>3</sup> /s (1/4 des prélèvements étiage)
100	2.8	5
2900	81.2	77.9
1830	51.2	50
750	21	16.3
500	14	15.6
500	14	8.4
470	13.1	13.1
350	9.8	9.6

Bien sûr, il faut tenir compte du taux de charge des centrales (Figure 1).

Les besoins sont donc calculés en multipliant le coefficient forfaitaire par les puissances installées et par le taux de charge.

Figure 1 : Production thermique mensuelle



Source : E.D.F.

### 3. LES CONSOMMATIONS

L'eau prélevée pour les différents usages n'est pas complètement consommée, loin s'en faut. La majeure part est rejetée dans le réseau naturel. A titre de première évaluation, on peut retenir que 12 % de l'eau utilisée en chaudière-fabrication, 6 % de l'eau de lavage-refroidissement et 3 % de l'eau des centrales ne sont pas rejetés après usage.

### 4. LES REJETS

#### a) Le schéma de base

Le modèle POTAME estime les émissions de 5 polluants, à savoir :

- . DBO<sub>5</sub>
- . NH<sub>4</sub><sup>+</sup>
- . NO<sub>3</sub>
- . PO<sub>4</sub><sup>----</sup>
- . Hydrocarbures

Parmi les cinq polluants étudiés, seule la DBO<sub>5</sub> est bien connue par l'Agence car c'est un paramètre de base pour le calcul des redevances. On dispose pour ce polluant de données chiffrées comptabilisables, relativement précises. Pour les autres polluants, on ne dispose que d'informations fragmentaires, souvent très générales, qui ne permettent pas de faire une analyse profonde des résultats obtenus.

Dans un premier temps ont été calculés les productions brutes de polluants, puis, dans un second temps, les rejets nets. En effet, une partie de la pollution industrielle produite par les industries non raccordées est épurée par infiltration - épandage, lagunage, puits perdus. Tout calcul concernant les rejets polluants doit intéresser l'impact sur l'environnement et les aménagements à réaliser. D'où la nécessité de bien comptabiliser séparément ce qui est industrie raccordée et non raccordée faute de quoi les données conduisent à des résultats peu cohérents.

#### b) Emission de DBO<sub>5</sub>

Les matières oxydables sont aujourd'hui bien connues par l'Agence car c'est un paramètre de base pour le calcul des redevances. Le passage des MO à une quantité de DBO<sub>5</sub> se fait par une relation extrêmement simple<sup>\*</sup>. Pour les émissions de DBO<sub>5</sub>, POTAME utilise le fichier "STATIS" de l'Agence qui fait l'inventaire des établissements industriels soumis à redevance en indiquant leurs taux de raccordement et leurs rejets de matières oxydables. L'exploitation de ce fichier a permis de calculer en 1975 une émission brute journalière de MO par cellule.

---

\* DBO<sub>5</sub> = 0,8 x MO (cf. Melzer)



## Rejets DBOs centrales thermiques

L'impact des rejets thermiques des centrales est quantifié par un rejet équivalent de DBOs . Rappelons que le taux de charge des centrales est considéré égal à 70 % en septembre et que les rejets équivalents en DBOs sont proportionnels au carré de la puissance des centrales (d'après les travaux de A. Melzer).

### c) Emission de $\text{NH}_4^+$

POTAME calcule une émission de  $\text{NH}_4^+$  pour les branches chimie, parachimie et papier-cartons dont les productions, exprimées en millions de F 1970, sont calculées par le modèle SPIRE. La multiplication des productions par des coefficients forfaitaires permet d'estimer les rejets d'ammonium de ces trois secteurs industriels. Quelques calculs effectués à la main ont déterminé le choix suivant :

. émission chimie-parachimie	8 kg $\text{NH}_4^+$ /j/million de F 1970
. émission papiers-cartons	25 kg $\text{NH}_4^+$ /j/million de F 1970

Une estimation de la pollution azotée d'origine industrielle a été faite à l'échelle du Bassin par l'Agence Financière de Bassin Seine-Normandie. Les flux estimés concernent l'azote total (organique et  $\text{NH}_4^+$ ) et il est difficile d'établir des comparaisons avec les résultats du modèle. Les flux estimés ont été reconstitués par ligne d'activités polluantes en multipliant les grandeurs caractéristiques de chaque ligne par des coefficients spécifiques de N (Orga +  $\text{NH}_4^+$ ). Ce travail montre qu'il existe des activités polluantes n'appartenant pas aux trois secteurs industriels retenus dans le modèle. Cependant, les grandeurs caractéristiques étant différentes de celles du modèle (produit fabriqué ou traité, nombre d'emplois, etc.) et les coefficients spécifiques étant exprimés en azote total, il n'est pas possible dans l'état actuel des connaissances d'intégrer les résultats de cette estimation globale.

Les flux estimés par le modèle ont été comparés à la réalité avec une bonne concordance.

Les résultats appellent quelques commentaires :

- Les émissions de la branche parachimie sont supérieures à celles de la branche chimie. Cette situation est due au fait que le coefficient forfaitaire avait été déterminé au départ en ne considérant qu'une seule branche chimie, regroupant la chimie de base et la parachimie. C'est pourquoi, après éclatement en deux branches, on applique un seul et même coefficient. En termes de production, le poids de la branche parachimie est plus grand que la branche chimie. En termes de pollution, cette répartition sera conservée si le coefficient de base reste unique.

- Les émissions de la région parisienne sont largement prédominantes. Les productions industrielles peuvent être liées pour une part plus ou moins grande à des emplois tertiaires. Ces mêmes productions étant à la base de l'évaluation des flux polluants, on risque, pour cette région, de surestimer les rejets. Pourtant, les flux rejetés et traités à la station d'Achère ne paraissent pas anormaux. Une étude précise de la répartition des emplois dans la région parisienne permettrait de connaître la part des emplois tertiaires de chaque branche industrielle. Les estimations des flux polluants pourraient alors être plus précises.

#### Rejets d'ammonium par les centrales

Le modèle estime un rejet d'ammonium pour les centrales à charbon, dont le lavage des fumées est la source d'émission, évaluée à 1 kg de  $\text{NH}_4^+$ /j/MW.

Trois cellules sont concernées par ce type de rejet. Les résultats sont les suivants :

Département de l'Aisne	: cellule 169	245 kg/j
Département de l'Oise	: cellule 165	327.6 kg/j
Département du Val d'Oise	: cellule 164	350 kg/j

#### d. Emission de phosphates

Seules les deux branches viande-lait et agro-alimentaire sont considérées comme émettrices de phosphates. Le calcul est effectué comme précédemment, sur la base d'un coefficient de 1,2 kg/j/million de F 1970.

#### e. Critiques des données

##### Rejets de $\text{DBO}_5$

Les rejets de  $\text{DBO}_5$  sont issus du fichier redevance de l'Agence. On est donc assuré d'avoir une grande homogénéité dans les données de l'ensemble du bassin. Il faut savoir que les flux industriels inférieurs au seuil de redevance ne sont pas comptés. Leur estimation étant impossible, on doit se contenter des chiffres du fichier qui donnent, malgré tout, une situation très proche de la situation réelle.

##### Rejets d'ammonium, de phosphates et de nitrates

Avant 1976, époque pendant laquelle les bases de calcul des flux polluants par POTAME furent jetées, les analyses d'azote et de phosphore sur les rejets des industries étaient très rares.

La comparaison des inventaires de 1971 et 1976 a montré un fort accroissement des teneurs en ammonium et phosphates dans beaucoup de cours d'eau. Devant cette dégradation de la qualité des eaux, l'Agence a été amenée à faire une étude sur l'importance de ce phénomène.

Les principaux résultats sont :

- industries à rejets d'azote importants
  - . certains secteurs de la chimie de synthèse,
  - . papeterie,
  - . chimie des engrais,

Les rejets sont très différents suivant l'atelier de fabrication considéré. Dans un ordre d'importance décroissant, on trouve :

- . fabrication de l'acide nitrique et de l'ammoniaque,
  - . fabrication des engrais proprement dits,
  - . fabrication de l'acide sulfurique et phosphorique.
- industries à rejets de phosphates importants
    - . fabrication d'acide phosphorique,
    - . fabrication d'engrais,
    - . eaux de ruissellement des raffineries de pétrole,
    - . levurerie
    - . fabrication de papiers et cartons.
- industries à rejets de nitrates importants
    - . certains secteurs de la chimie,
    - . fabrication d'engrais,
    - . levurerie.

Une idée générale du niveau de pollution azotée et phosphorée par les industries est donnée par le tableau 3.

#### f. Rejets d'hydrocarbures

Les hydrocarbures ne sont pas considérés comme éléments caractéristiques de la qualité des eaux superficielles. Aussi, il est difficile de trouver des informations sur les émissions, à fortiori, sur un modèle d'auto-épuration. A partir de l'étude prospective des pollutions à l'an 2000 réalisée par CPR-ARLAB-PARIS VII pour le compte du Ministère de la Qualité de la Vie, le coefficient retenu est de 0.08 kg/j/MF70.

Il faut noter que, dans le cas qui nous intéresse ici, l'industrie ne rejette que 9 % du total d'hydrocarbures produits par : population + rural + industrie, ce qui, une fois constaté, est moins paradoxal qu'il n'y paraît à première vue.

#### g. Apport de nitrates par l'eau des nappes

Il faut souligner ici un problème qui devient de plus en plus grave qui ne concerne pas seulement l'industrie. Les nappes se chargeant en nitrates, l'eau de nappes utilisée par l'industrie et rejetée accroît la charge de nitrates amenée aux stations d'épuration et aux rivières. Il s'agit d'un phénomène mesurable en centaines de tonnes par jour, dont l'impact dépend évidemment du régime hydrologique et du mode de raccordement et d'alimentation des usagers.

Tableau 3 : Pollution azotée et phosphorée pour les principales branches émettrices

Branche d'activité	NOX/NTK	NOX/P Total	Etablissement moyen type	Flux NTK	Flux (N NO <sub>2</sub> + N NO <sub>3</sub> )	Flux en P Total
• <u>Papeteries :</u>						
L 112 fabrication papier qualité	100/ 8,55	100/ 1,01	250 000 kg de papier produit	470 kg	10 kg	55 kg
L 120 Fabrication papier emballé	100/ 31,6	100/ 2,04	par jour	850 kg	150 kg	55 kg
• <u>Abattoirs : bovins</u>						
<u>élevés</u>						
récupéré	100/ 9,16	100/ 1,26	10 000 kg de carcasses abattues par jour	8 kg	négligeable	1,1 kg
sang non récupéré	100/ 12,42	100/ 0,74		25 kg	négligeable	1,5 kg
<u>Pores</u>	100/ 5,5	100/ 0,2		11 kg	négligeable	0,4 kg
• <u>Raffineries de Pétrole</u>						
eau de lessellement						
+ eaux huileuses	100/ 1,39	100/ 24,58	Sur nos 2 raffineries la moyenne de la quantité de brut traité est de : 36 200 T	35 kg	65 kg	1 000 kg
eaux sodées	100/ 30,63	100/ 0,91		65 kg	10 kg	2 kg
• <u>Industrie des Engrais</u>						
(Fabrication d'engrais	100/ 59	100/ 209	Il n'y a pas d'établissement type. Cependant en faisant une	800 kg	450 kg	2 080 kg
(Fabrication superphosphates)	100/ 32	100/ 247	moyenne sur chaque type de	2 kg	0,4 kg	17 kg
(Fabrication Acide phosphorique)	100/ 3,8	Pas de mesures		250 kg	0,9 kg	quelques tonnes
(Fabrication Acide sulfurique)	100/ 544	100/ 1,16		599 kg	90 kg	0,9 kg
• <u>Lévure</u>	100/ 7,32	100/ 0,3	La seule mesure que l'on a, donne :	3 247 kg	309 kg	119 kg
• <u>Traitement de surface</u>						
• <u>Laiteries</u>						
(Transformation de lait en lait)	100/ 3,24	100/ 3,24	moins de 10 000 litres	7 kg	4 kg	7,7 kg
(Fromagerie)	100/ 3,64	100/ 1,55	par jour	5 kg	3 kg	2 kg
• <u>Chimie :</u>						
F 010	100/ 19	100/ 68	La recherche d'un établissement	0 à 1 000 kg	0 à 1 300 kg	0 à 7 800 kg
F 210	100/ 684	100/ 13	moyen type ne correspond à	0 à 400 kg	0 à 120 kg	0 à 11 kg
F 410	100/ 9	100/ 4	rien pour l'industrie chimique	0 à 10 000 kg	0 à 380 kg	0 à 5 000 kg
• <u>Colorants organiques</u>	100/ 5,58	pas de mesures	Moyenne sur nos dossiers	90 kg		
• <u>Equarissage (sec)</u>	100/ 22,46	100/ 0,77	15 Tonnes de déchets/j	17 kg	0,06 kg	0,6 kg
• <u>Tannineries</u>	100/ 6	100/ 1	10 000 kg de produit sortant/j	39 kg	12,8 kg	8,6 kg
• <u>Industrie vinification</u>	100/ 10,5	100/ 0,7	15 000 hectolitres/j	19 kg		0,8 kg

### III. CONCLUSION : LA DEMANDE EN EAU DANS LE CADRE DE LA GESTION INTEGREE DES RESSOURCES

Le mode d'évaluation de la demande en eau n'est qu'un élément de l'ensemble SPIRE et POTAME dont nous détaillons le fonctionnement.

SPIRE établit des scénarios de développement économiques et démographiques fondés sur différentes options :

- niveau de croissance
- structure de production et d'emploi
- structure d'import-export, notamment en balance énergétique et économie d'énergie
- structure de consommation, visant ou non à la protection des ressources et de l'environnement.

Cet ensemble permet de calculer la croissance des activités économiques cohérentes entre elles et cohérentes avec la démographie. La cohérence est assurée d'une part par l'emploi des matrices de Leontieff : tout développement d'une branche provoque le développement induit des branches dont elle consomme les produits. Ensuite la balance énergétique est contrôlée. Enfin, la comparaison offre-demande d'emploi assure le contrôle de vraisemblance du schéma. L'offre d'emploi est calculée à partir des productions et des productivités, elles-mêmes créées par une demande de consommation, liée à la croissance, et une politique de l'emploi.

En d'autres termes, la demande en eau industrielle n'est pas calculée indépendamment du développement de la population et du développement agricole, mais fait partie du même ensemble.

On peut dire que c'est la principale raison du choix des indicateurs économiques qui ont été retenus comme base d'évaluation de la demande.

Ensuite, la demande en eau industrielle est, de même que la demande domestique et agricole, un ensemble besoin-prélèvement-consommation-production de pollution-raccordement-rejet. Chacun de ces termes fait partie du tout qu'est l'aménagement des ressources hydrauliques pour le développement combiné de la population et de son activité, et de la protection de l'environnement.

Un dernier mot sur la philosophie du calcul des aménagements dans POTAME. Il est clair que la politique a horreur de l'optimisation. Aussi la technique retenue a été de partir d'un scénario, puis choisir des stratégies pour atteindre les objectifs. En clair, cela signifie que les questions et les réponses sont :

- Si la population, l'industrie, l'agriculture, l'énergie, évoluent de telle façon,
- Si nous désirons satisfaire les besoins en eau en quantité et qualité,
- Avec tel degré d'ambition dans la protection du milieu naturel,
- Que devons nous faire,
- Si nous disposons de tels barrages, nappes, dérivations,

- En donnant telle priorité à l'emploi et l'affectation des ressources,
- En donnant telle priorité relative à l'épuration sur la dilution,
- En considérant successivement les divers modes d'épuration - secondaire, tertiaire,
- Pour telle sécurité d'approvisionnement, bref en affichant toutes les variables retenues et en simulant la solution.

Dans le cas concret qui a été évoqué, ce bassin comporte 320 cellules de territoire pour lesquelles 420 variables ont été dénombrées, soit un total de 134 400 variables - ce qui n'est pas optimisable aujourd'hui. D'ailleurs, presque toutes les équations sont non linéaires et difficilement linéarisables. L'optimisation aurait dû être très longue, alors que la simulation d'un scénario, d'un jeu d'objectifs et d'une stratégie prend quelques secondes d'un ordinateur de type VAX 11-780. Mis sous forme conversationnelle, l'ensemble des programmes est donc utilisable sous forme de tableau de bord, pour discuter avec le futur.