

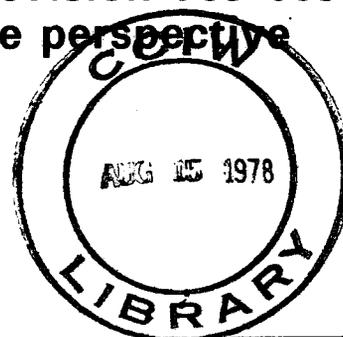
CANADA 6 TWD
SOCIAL SCIENCE SERIES



#9 FRENCH
Environnement
Canada

Environment
Canada

Méthodes de prévision des besoins en eau dans une perspective canadienne



T.R. Lee

GB
707
C336
no. 9F

ÉTUDE N° 9,
COLLECTION DES SCIENCES SOCIALES

CENTRE CANADIEN DES EAUX INTÉRIEURES
BURLINGTON, ONTARIO, 1978



Environnement
Canada

Environment
Canada

Méthodes de prévision des besoins en eau dans une perspective canadienne

T.R. Lee

ÉTUDE N° 9,
COLLECTION DES SCIENCES SOCIALES

*CENTRE CANADIEN DES EAUX INTÉRIEURES
BURLINGTON, ONTARIO, 1978*

2

Édition française de
Approaches to Water Requirement Forecasting: A Canadian Perspective
préparée par le Module d'édition française
du ministère des Pêches et de l'Environnement

Numéro de catalogue: EN 36-507/9F
ISBN 0-662-00804-9

© Ministère des Approvisionnements et Services
1977

Table des matières

INTRODUCTION	1
COMMENTAIRES SUR LES RESSOURCES HYDRIQUES	1
L'EMPLOI DES MÉTHODES DE PRÉVISION AU CANADA	2
LES FRONTIÈRES DE LA PRÉVISION AU CANADA	3
MODÈLES POUR LES BASSINS HYDROGRAPHIQUES	5
LES MÉTHODES ET LES PROBLÈMES DE LA PRÉVISION	7
LA PRÉVISION DES BESOINS EN EAU ET L'ÉVOLUTION SOCIO-ÉCONOMIQUE	10
ANNEXE (définitions)	12

INTRODUCTION

You can never plan the future by the past.

EDMUND BURKÉ.

Dans l'ensemble des pays du monde, le Canada occupe un rang privilégié par la quantité et la nature de ses ressources en eau douce. Bien que celles-ci soient principalement situées dans l'Arctique, il ne fait aucun doute que le Canada jouit d'une réserve d'eau abondante. Cette abondance, depuis toujours, nous a fait négliger l'élaboration de méthodes de prévision; ce n'est que récemment que nous avons porté un plus grand intérêt aux problèmes suscités par la prévision de l'utilisation de l'eau, en raison d'une «pénurie» croissante d'eau de qualité supérieure — «pénurie» relative, parce qu'à l'exception des régions les plus arides de l'intérieur de la Colombie-Britannique et du sud des Prairies, elle ne concerne que la qualité de l'eau disponible à certaines fins, surtout récréatives, dans les régions urbaines du Canada. En fait, l'approvisionnement en eau n'a encore jamais causé d'entrave au développement économique et social du Canada, de quelque manière que ce soit.

COMMENTAIRES SUR LES RESSOURCES HYDRIQUES

On ne saurait pleinement évaluer les méthodes de prévision des besoins en eau du Canada sans tenir compte de l'état de l'offre dans ce domaine et des tendances de la demande. On peut affirmer que l'abondance d'eau douce n'a pas favorisé, au contraire l'élaboration de méthodes de planification de l'utilisation des ressources hydriques. En dépit du lien étroit entre l'établissement des populations et les ressources hydriques, il n'y a guère eu de conflits entre les utilisateurs d'eau, de sorte qu'il n'a pas fallu recourir à une méthode de gestion très complexe. Il s'est agi seulement d'établir un cadre dans lequel les divers utilisateurs ont pu croître en toute indépendance. Les ressources disponibles demeurent grandes par rapport à la demande.

L'écoulement annuel total, au Canada, dépasse 2 milliards d'acres-pieds, le tiers se situant dans l'Arctique. L'écoulement en Ontario et au Québec, où il y a forte densité démographique, permet à lui seul de constituer un approvisionnement global¹ plus que suffisant. Outre ce fort débit, le Canada possède une superficie de quelque 291 571 milles carrés de lacs d'eau douce, soit plus que dans tout autre pays. Et ce calcul ne tient pas compte de tous les étangs et marais intérieurs, de caractère mineur et saisonnier. Au Canada, excepté dans les Maritimes, les gens considèrent comme une privation de ne pouvoir passer une partie de l'été sur la rive d'un lac, grand ou petit.

Les ressources souterraines sont elles aussi considérables, mais une grande partie n'est pas disponible. Au nord, beaucoup de cette eau est gelée et au sud une certaine quantité est salée. Dans les Prairies, l'eau souterraine ne constitue pas une ressource inépuisable, vu les limites de sa capacité de réalimentation. Enfin, le Canada possède le plus grand trait de côte de toutes les nations : près de 18 000 milles sur la terre ferme et 60 000 milles en tenant compte de toutes les îles.

Ainsi, la planification et la prévision des besoins en eau n'ont pas été élaborées dans un contexte de pénurie².

1. On trouve un compte rendu sur l'approvisionnement en eau au Canada dans D. Cass-Beggs : *Water as a Basic Resource*, dans *Resources for Tomorrow*, documents de base de la conférence, 1^{er} volume, Imprimeur de la Reine, Ottawa, 1961, pages 173—189.

2. Les documents qui traitent de la gestion des eaux au Canada sont rares. La plus récente et la meilleure description, qui date déjà d'un certain nombre d'années, provient de l'Office d'expansion économique de la région atlantique : *Water Resources of the Atlantic Provinces*, document n^o 6, Information Canada, Ottawa, 1969.

Même dans les Prairies, où les sécheresses constituent une grave menace pour les activités de l'homme, la gestion centralisée des ressources en eau n'a connu qu'un très faible essor³.

Ailleurs au Canada, la gestion des eaux a été et demeure en grande partie une fonction éparpillée entre les mains de plusieurs groupes de la société. Le déclin rapide de la qualité de l'eau qu'on observe depuis deux décennies et la sensibilisation plus récente de la population à ce problème ont donné lieu à une transformation majeure de la gestion des eaux; celle-ci s'oriente désormais vers la mise sur pied d'organismes gouvernementaux spécialisés dans le domaine des ressources hydriques⁴. La planification exercée par ces organismes comporte une fonction de prévision des besoins en eau, qui demeure souvent peu exploitée.

L'EMPLOI DES MÉTHODES DE PRÉVISION AU CANADA

Grosso modo, on peut affirmer que la prévision des besoins en eau au Canada a commencé avec les premières tentatives visant à améliorer les aménagements de navigation dans le Saint-Laurent, au milieu du XVIII^e siècle⁵. Ce n'est qu'à la fin du XIX^e siècle qu'on a commencé à formuler des prévisions comme telles, avec la construction de grosses centrales de production d'énergie hydro-électrique et d'importants réseaux municipaux d'alimentation en eau. Au cours des soixante-dix dernières années, les besoins en eau ont fait l'objet de très nombreuses prévisions pour une multitude de projets différents. Toutes ces prévisions ont été formulées presque indépendamment les unes des autres, un grand nombre d'entre elles ne tenant pas compte des prévisions portant sur des domaines connexes de l'économie canadienne, et très peu ont été établies par des spécialistes de l'utilisation de l'eau et du comportement de la demande.

La méthode de prévision des besoins en eau la plus communément utilisée au Canada est un genre de projection linéaire fondée sur les besoins historiques. Les projections ont été formulées à l'échelle nationale, provinciale et régionale. Ces techniques sont d'une complexité fort variable; elles vont d'une simple évaluation de l'utilisation actuelle de l'eau, par habitant (en divisant l'approvisionnement par la population et en se servant d'une seule projection démographique pour prévoir l'utilisation à une date ultérieure), à des études détaillées des besoins actuels en eau et à des projections à partir d'une grande variété de projections démographiques.

La citation qui suit constitue un excellent exemple de la façon la plus simple de prévoir les besoins en eau.

«Si la croissance se poursuit au rythme actuel, on estime que la ville atteindra une population de l'ordre de 55 000 habitants d'ici 1980. La population de la région desservie par la Régie des Commissions des ressources en eau atteindra sans doute près de 60 000 habitants d'ici cette époque. On estime donc que la demande quotidienne moyenne sera de 9 millions de gallons par jour⁶.»

3. Le développement de l'irrigation entre 1890 et 1910, dans ce qui constitue maintenant le sud de l'Alberta, est un exemple intéressant de gestion centralisée. Cette expérience n'eut toutefois que des effets restreints, mais sa portée s'est fait sentir dans l'élaboration subséquente de la politique fédérale et provinciale en matière de gestion des coûts.

4. Les dix provinces, le gouvernement fédéral et les Territoires possèdent tous des organismes de gestion et de planification des ressources hydriques.

5. On trouve un compte rendu de ces événements dans H. Neatby : *That Great Street : The St. Lawrence*, dans C.E. Dolman (éd.) *Water Resources of Canada*, Université de Toronto, 1967, pages 49-62.

6. Commission des ressources en eau de l'Ontario: *Water Resources Survey of the County of Welland*, 1964, (au stencil), page 86.

Cette étude, qui fait partie d'une série, ne consacre qu'un chapitre mineur à la prévision, mais des calculs semblables de coefficients donnés des besoins en eau sous-tendent maintes prévisions d'une importance plus directe, prévisions qui servent à évaluer et à concevoir les projets⁷. Ces techniques ont été employées couramment à cause du manque de renseignements disponibles sur l'utilisation de l'eau et de l'intérêt généralement limité qu'on accordait à de telles études.

Les documents qui existent sur la prévision des besoins essentiels en eau à l'échelle nationale ou provinciale présentent un plus large éventail d'études⁸. Généralement, les évaluations comportent le traitement d'informations sur l'utilisation de l'eau et de données économiques connexes, afin de fournir certaines projections quant à l'utilisation future de l'eau⁹. Dans certains cas, on s'est basé sur la documentation de l'utilisation de l'eau pour établir des paramètres servant de cadre aux évaluations¹⁰. En pratique, toutefois, les évaluations sont moins avancées que l'étude théorique des facteurs qui influent sur le secteur économique de l'utilisation de l'eau.

La pauvreté des connaissances sur la demande d'eau, le mode d'utilisation de cette ressource et les diverses caractéristiques de ce secteur de l'économie par rapport à ce qui existe sur les autres secteurs, constituent une difficulté pour la formulation des prévisions. Le manque de renseignements sur l'utilisation de l'eau a donné certaines études qui ont essayé d'intégrer des données portant sur des utilisateurs particuliers, de généraliser celles-ci, de les relier à d'autres facteurs sociaux et économiques et de faire des projections. Dans la plupart des cas, il n'y a pas eu recours aux méthodes complexes de modélisation et, lorsque ce fut nécessaire, seulement dans une mesure limitée¹¹. Les méthodes statistiques les plus perfectionnées utilisées ont été l'analyse par corrélation et l'établissement d'équations d'estimation à partir de la ligne de régression¹².

Plus récemment, la recherche opérationnelle a permis de mettre en oeuvre un programme d'introduction de méthodes plus perfectionnées de création de modèles mathématiques. Il s'agit d'une tentative de mettre les méthodes de prévision des besoins en eau au diapason des méthodes de prévision des ressources disponibles, ces dernières méthodes ayant permis par exemple l'emploi de modèles opérationnels pour la prévision de l'écoulement depuis plusieurs années.

LES FRONTIÈRES DE LA PRÉVISION AU CANADA

De nos jours, la prévision se développe particulièrement dans deux domaines: l'amélioration des

7. On trouve, par exemple: *Upper Thames Conservation Authority, Brief on Flood Control Measures*, mars 1959, et *Region Metropolitan Toronto Conservation Authority, Plan for Flood Control and Water Conservation*, 1961.

8. D. Cass-Beggs, *op. cit.*, page 181.

9. J.G. Warnock: *Our Water Needs — What Will They Be?*, (conférence sur la gestion des ressources en eau), *The Conservation Council of Ontario*, Toronto, 1966.

10. A.K. Watt: *Adequacy of Ontario's Water Resources*, dans *The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*, vol. 60, n° 664, août 1967, pages 918—921.

11. Les enquêtes menées par l'Office d'expansion économique de la région atlantique sur les problèmes des ressources hydriques dans les Maritimes présentent les études les plus avancées.

La Société d'ingénierie Shawinigan Ltée et James F. MacLaren Limited: *Water Resource Study of the Province of Newfoundland and Labrador*, Montréal, 1968.

The Montreal Engineering Company Limited: *Maritime Province Water Resources Study*, Montréal, 1969.

12. On a mené des travaux semblables pour évaluer les dommages dus aux inondations. H.G. Acres Limited: *Guidelines for Analysis, Streamflows, Flood Damages Secondary Flood Control Benefits*, rapport au comité d'étude mixte canado-ontarien des projets de conservation des ressources en eau dans le sud de l'Ontario, Niagara Falls, 1968.

fondements sur lesquels s'appuient les données, la construction et la vérification des premiers modèles mathématiques complexes d'utilisation de l'eau dans des bassins fluviaux. Dans les deux cas, les travaux sont dirigés par le Service de la gestion des eaux du ministère fédéral de l'Environnement. La formation d'un groupe chargé de la planification de l'approvisionnement en eau, au sein de l'organisme fédéral de gestion des eaux, a mené à l'élaboration d'un programme plus précis et plus rigoureux de prévision des besoins en eau au Canada¹³.

L'établissement d'un inventaire national de l'utilisation des eaux et des prévisions afférentes à celle-ci comporte trois étapes.

- a) La collecte des données sur l'utilisation historique et actuelle, ainsi que sur la consommation.
- b) L'analyse des données et l'établissement de liens entre celles-ci et d'autres données sociales et économiques pour permettre la création de modèles de l'utilisation de l'eau et de la demande.
- c) La vérification, l'élargissement et le perfectionnement des modèles de prévision à l'échelle régionale, provinciale et nationale, dans une perspective micro-économique et une perspective macro-économique.

La collecte des données constitue un processus permanent dans maints organismes fédéraux et provinciaux, bien qu'elle n'ait pas fait l'objet de travaux systématiques jusqu'à ces dernières années. On a toutefois constaté une accélération remarquable des travaux de collecte des données l'an dernier, et Statistique Canada a accepté d'ajouter à son questionnaire du recensement des manufactures de 1972 une question échantillon sur l'utilisation de l'eau. Le ministère de l'Industrie et du Commerce entreprend une étude spéciale des principaux utilisateurs d'eau dans le secteur manufacturier. À partir des résultats de cette étude, il a l'intention de procéder à un inventaire détaillé de l'utilisation de l'eau à des fins industrielles en 1973.

Les renseignements sur les prélèvements à d'autres fins sont plus facilement disponibles. Depuis au moins vingt ans, les prélèvements pour l'irrigation des terres agricoles sont autorisés en vertu de permis dans la plupart des provinces. Les renseignements sur les municipalités sont recueillis par des organismes de compétence provinciale ou par des organismes privés¹⁴.

Le modèle national de prévision des besoins en eau s'applique à l'utilisation de l'eau prélevée et à l'utilisation *in situ* de l'eau. Ce modèle permet de formuler des prévisions dans certains secteurs du domaine de l'utilisation de l'eau:

- a) secteur municipal à des fins domestiques, commerciales, institutionnelles et à d'autres fins publiques;
- b) secteur de la fabrication et secteur minier, approvisionnés par les municipalités ou par des réseaux privés;
- c) secteur de l'approvisionnement privé à des fins domestiques par des particuliers ou par des groupes;
- d) irrigation et autres fins agricoles;
- e) production d'énergie thermique et hydro-électrique;
- f) utilisations *in situ*, comme les activités récréatives, la navigation et l'épuration des eaux usées.

13. Voir J.W. MacNeill: *Hypothèses formulées par le gouvernement canadien pour établir des stratégies visant à améliorer la qualité de l'environnement*, document présenté à l'Atlantic Council of the United States Conference sur *Les objectifs et les stratégies d'amélioration de la qualité de l'environnement au cours des années soixante-dix*, du 15 au 17 janvier 1971, pages 17 à 20.

14. Les renseignements sur les prélèvements d'eau par les municipalités qui nous sont les plus facilement accessibles sont ceux que publie annuellement la revue *Water and Pollution Control* dans son numéro de septembre.

Le modèle préliminaire de prévision, qui comporte des modèles subsidiaires pour chaque secteur d'utilisation de l'eau, emploiera la méthode des coefficients d'utilisation de l'eau pour la prévision des activités pour lesquelles on recourt à l'eau.

Il permettra une projection des tendances historiques. Les projections s'appliqueront à des périodes de dix et de trente ans, bien qu'on reconnaisse que le modèle de projection historique souffre de sérieuses lacunes lorsqu'il s'agit d'une période plus longue. S'il se conforme aux règles de la prévision démographique, le modèle présentera une gamme de demandes d'eau possibles dans l'avenir — forte, moyenne ou faible — en fonction de différentes hypothèses sur l'évolution sociale et économique¹⁵.

Ce modèle se veut un macromodèle permettant la ventilation des prévisions à l'échelle des provinces et des bassins hydrographiques. Il indiquera les besoins annuels en eau, que celle-ci fasse l'objet de prélèvements ou d'utilisations *in situ*. Il comportera aussi certaines analyses des charges de pointe par rapport à la charge quotidienne moyenne et d'autres paramètres sensibles.

On espère perfectionner le modèle et étendre son champ d'application pour être en mesure d'y ajouter un plus grand nombre de variations locales et des coefficients plus précis d'utilisation de l'eau et de la demande. La mise au point d'un tel modèle national dépendra en grande partie de l'amélioration et de l'élaboration de modèles de prévision pour d'autres secteurs de l'économie canadienne et d'autres aspects de la société canadienne.

La première partie de *l'Étude sur les besoins du Canada en eau*, qui est presque terminée et que nous espérons publier bientôt, constitue l'amorce de ce travail.

MODÈLES POUR LES BASSINS HYDROGRAPHIQUES

Nous avons entrepris des études prévisionnelles sur un certain nombre de bassins fluviaux¹⁶. C'est l'étude¹⁷ du bassin de la rivière Saint-Jean, au Nouveau-Brunswick, qui donne lieu à l'utilisation des moyens de prévision les plus avancés pour la création de modèles de qualité de l'eau. Malheureusement, l'étude n'est pas terminée, de sorte qu'il nous est impossible dans le cadre du présent rapport de rendre pleinement compte des techniques de prévision utilisées. Nous espérons toutefois que le rapport sera publié d'ici la fin de 1972.

Le bassin de la rivière Saint-Jean couvre les eaux de ruissellement de quelque 26 000 milles carrés, dont 64 p. cent sont situés au Canada, principalement au Nouveau-Brunswick. Le bassin fluvial rend possible une grande variété d'activités économiques qui influent sur les ressources hydriques. La plus importante de ces activités est l'épuration des eaux usées industrielles, qui proviennent en particulier de l'industrie des pâtes et papiers et de l'industrie des denrées alimentaires, l'agriculture, l'exploitation forestière, l'élimination des eaux résiduelles des agglomérations et l'exploitation de l'énergie hydro-électrique. L'expansion d'un grand nombre de ces activités, au Canada comme aux États-Unis, a provoqué au sujet de l'utilisation de l'eau des conflits dont la gravité s'est accentuée avec le déclin de la qualité de l'eau.

Nous créons des modèles pour obtenir une évaluation quantitative des contraintes imposées par

15. Ce modèle est élaboré sous la direction de P.J. Reynolds, chef de la section des études générales et des données sur les ressources hydriques de la Direction des eaux intérieures du ministère de l'Environnement.

16. Ces programmes sont mis sur pied en vertu de la Loi sur les Ressources en eau du Canada (1970). Des études sont en cours dans le bassin de l'Okanagan, en Colombie-Britannique; dans le bassin de la Qu'Appelle, en Saskatchewan; et dans le bassin de la rivière Saint-Jean.

17. Étude effectuée sous contrat par H.G. Acres Company Ltd.

les normes de qualité de l'eau au développement socio-économique optimal du territoire correspondant au bassin¹⁸. Nous élaborons deux grandes catégories de modèles: la programmation mathématique (linéaire et non linéaire) et la simulation. Nous nous attachons d'abord à la création de modèles de programmation, que les données disponibles permettent de réaliser plus rapidement. Ces modèles devraient faciliter l'élaboration et la vérification de modèles de simulation.

Les modèles sont conçus en fonction de la liste suivante de moyens d'épuration des eaux usées:

- a) le traitement primaire des eaux usées des municipalités;
- b) le traitement secondaire des eaux usées des municipalités;
- c) le traitement des éléments nutritifs et autres formes d'épuration chimique par les municipalités;
- d) les divers degrés de traitements pratiqués par l'industrie;
- e) le stockage artificiel ou *in situ*;
- f) la régulation des effluents dans un réseau unitaire d'assainissement;
- g) l'élimination des dépôts de fond;
- h) l'accroissement du débit d'étiage;
- i) le stockage temporaire des eaux usées;
- j) l'évacuation des eaux usées à l'extérieur du bassin ou en aval, par voie de canalisations, en vue de les éliminer dans des endroits où les risques de dommages sont moindres.

Ces moyens n'ont pas tous la même importance et l'étude du bassin de la rivière Saint-Jean ne tient pas compte de tous. Nous les ajoutons aux modèles pour des raisons de généralisation et pour être en mesure d'appliquer ces derniers à d'autres bassins hydrographiques. Tous les modèles sont structurés en vue d'une application générale. Nous nous documentons soigneusement sur les données nécessaires aux modèles, de sorte qu'un personnel relativement peu expérimenté puisse faire la collecte des données et modifier tout modèle en vue d'une autre application.

Le processus de modélisation a comporté un certain nombre d'étapes distinctes. Nous avons divisé la région du bassin hydrographique en sections, en fonction des facteurs clés qui influent sur la gestion de l'eau. Ces facteurs comprennent les sources industrielles, municipales et autres d'eaux usées, les zones de croissance urbaine, les points d'approvisionnement en eau et les endroits où s'exercent des activités économiques particulières. Les sections constituent le cadre fondamental de l'application du modèle.

Les projections démographiques et économiques pour 1980, 2000 et 2020 seront découpées suivant les sections et nous déterminerons la charge organique des eaux usées en utilisant des coefficients par travailleur ou par habitant. Les charges ainsi obtenues serviront à évaluer les différentes stratégies de contrôle applicables sans enfreindre les normes choisies en matière de qualité de l'eau.

On peut s'attendre que la gestion et la planification des ressources hydriques au Canada feront encore la première place aux problèmes afférents à la qualité de l'eau. L'étude de la rivière Saint-Jean est représentative des études qu'on mènera à l'avenir pour prévoir les utilisations de l'eau en fonction

18. Cette étude ne constitue qu'une partie d'un programme global de planification et de gestion dans le bassin de la rivière Saint-Jean; pour un compte rendu plus détaillé du programme, consulter le ministère des Pêches et Forêts du Canada, *Projet pilote sur la pollution des eaux intérieures*, rapport préparé pour le Comité sur les défis de la société moderne de l'OTAN en vue de l'assemblée sur l'élaboration des programmes tenue à Bruxelles du 1^{er} au 3 mars 1971.

de leurs répercussions sur la qualité de l'eau. La prévision de la quantité d'eau demeurera d'une importance secondaire, sauf à l'échelle régionale et pour les régions relativement dépourvues de l'Ouest canadien.

LES MÉTHODES ET LES PROBLÈMES DE LA PRÉVISION

Il est peut-être nécessaire de préciser l'état de la prévision des besoins en eau au Canada dans un contexte méthodologique. Les méthodes se sont perfectionnées avec le recours de plus en plus courant à la prévision. Le support technique disponible s'est amélioré rapidement au cours des dix dernières années. L'usage d'ordinateurs a permis au planificateur de fonder ses prévisions sur le traitement de données beaucoup plus nombreuses et sur l'utilisation de modèles beaucoup plus raffinés et beaucoup plus complexes que ce n'était le cas autrefois. En dépit de ce perfectionnement technique, la marge d'erreur dans les prévisions a peu diminué et cela constitue le principal trait de similitude entre les diverses projections d'utilisation de l'eau et, en fait, de toute activité économique.

Tous ceux qui formulent des prévisions sur les besoins en eau ou qui utilisent ces prévisions devraient s'interroger sur leur utilité. À quoi servent des prévisions qui sont fausses? Quel est le but des prévisions? Quelle forme devraient-elles prendre? Ces questions sont pertinentes, qu'il s'agisse de conseiller un pays développé ou un pays en voie de développement, qu'il s'agisse d'irriguer une ferme de cinq acres ou de construire des piscines extérieures. Une partie du présent rapport porte sur ces questions.

La projection constitue un problème d'inférence inductive pour la prévision des besoins en eau durant une période donnée¹⁹. Elle est soumise à la même série de conditions que toutes les autres tentatives de déduire une série de conditions données à partir d'une deuxième série de conditions. La projection consiste à prévoir qu'une série d'événements (soit la série A) sera entraînée par une autre série d'événements (soit la série B). Pour qu'une prévision soit valable, elle doit reposer sur des théories éprouvées qui prennent la forme de généralisations comparables à des lois. Malheureusement, la prévision des besoins en eau n'a établi aucune série de généralisations qui puissent être considérées comme des lois²⁰. Au contraire, la situation peut se comparer à celle des astrologues qu'on rencontre dans les centres commerciaux, avec tout un attirail électronique de traitement de l'information pour établir des horoscopes. Le perfectionnement de l'équipement d'informatique n'accroît pas la fiabilité des rapports qu'on établit entre la disposition des étoiles et les événements de la vie d'une personne, pas plus qu'il n'accroît la fiabilité du coefficient d'utilisation de l'eau comme modèle de prévision.

Heureusement, la situation peut être changée. Les nouvelles techniques de planification constituent un outil de première force pour surmonter les difficultés inhérentes à la prévision. Il ne sera jamais possible de prévoir et de chiffrer l'avenir avec exactitude. Cependant, il est possible pour le planificateur, grâce à l'informatique, de préciser davantage les probabilités des divers phénomènes qui pourraient se produire. On rencontre tous ces problèmes dans le domaine de la planification des ressources hydriques et s'il ne se montre clairvoyant, le planificateur ne pourra jamais espérer faire mieux que d'inscrire sous forme de tableau les voies dans lesquelles la société est le plus susceptible de s'engager au cours des années qui font l'objet de son étude.

En raison de circonstances historiques, la planification des ressources hydriques est à l'avant-

19. Pour une étude antérieure de cet aspect, voir S.V. Ciriacy-Wantrup: *Projections of Water Requirements in the Economics of Water Policy*, dans H.L. Amoss (éd.), *Water, Measuring and Meeting Future Requirements, Western Resources Conference*, 1960, Boulders Univ. of Colorado Press, 1961, pages 211-226.

20. I.K. Fox et O.C. Herfindahl: *Attainment of Efficiency in Satisfying Demands for Water Resources*, dans *American Economic Review*, mai 1964, pages 203-204.

garde des techniques de planification en Amérique du Nord depuis un certain nombre d'années. Plusieurs des innovations dans ce domaine ont d'abord été appliquées au secteur des ressources hydriques considéré sous son aspect économique. Cependant, même dans ce secteur, combien de techniques parmi les plus raffinées mises à la disposition du planificateur n'ont pas été employées avec la rigueur qui s'impose. La plupart des plans dépendent encore lourdement du type de projection démographique.

L'utilisation de ces techniques est souvent considérée comme un grand art, par exemple dans le cas des prévisions démographiques basées sur des méthodes de contingents de survie et de variables de l'immigration; pourtant, on est en face ici de simples manipulations de statistiques qui n'indiquent en rien pourquoi les niveaux de population devraient changer. De la même manière, l'utilité de l'emploi de coefficients, pour prévoir les besoins en eau, est limitée par la valeur des hypothèses qui servent à la dérivation des coefficients.

Par exemple, dans une étude récente des besoins en eau, la prévision de la demande à des fins industrielles s'est fondée sur le rapport (observé durant trois périodes de recensement) entre la valeur ajoutée en dollars constants et l'utilisation brute de l'eau. On a pu constater que les prélèvements d'eau ne sont pas statistiquement liés à la valeur brute ajoutée, mais qu'ils sont plutôt fonction du taux de recirculation de l'eau dans le secteur de la fabrication. Il s'agit d'un rapport qui dépend de la disponibilité de l'eau en termes de quantité et de qualité, du coût de l'eau, du coût de traitement de l'eau et des normes en matière d'effluents. On a observé qu'une prévision fondée sur ces facteurs serait plus précise qu'une prévision qui n'en tiendrait pas compte; en revanche, la prise en considération de ces facteurs pourrait donner lieu à des réponses tout à fait différentes, voire contradictoires. Le modèle de consommation d'eau, ou plutôt de prélèvement, n'est pas uniquement lié à la valeur brute ajoutée au cours du procédé de fabrication; il est, en réalité, une fonction du coût d'approvisionnement²¹. Si nous connaissions mieux la demande d'eau, sous l'angle économique, nous aurions une bien meilleure compréhension de l'orientation vraisemblable de la consommation dans l'avenir.

En prévision, on est trop enclin à négliger le rapport fondamental entre l'offre et la demande. Dans la plupart des prévisions qui portent sur les besoins, le prix ne constitue pas un facteur important, de sorte qu'on ne tient pas compte de la demande, entendue au sens économique. «Il y a deux façons de négliger la demande: tenir pour acquis qu'elle est inélastique par rapport au prix ou prétendre qu'elle devrait l'être²².»

La demande d'eau n'est certes pas inélastique²³. Même en l'absence d'un cours du marché comme tel, on peut facilement démontrer que la courbe de la demande d'eau n'est pas différente de

21. Pour une étude de la demande d'eau à des fins industrielles, voir B.T. Bower: *The Industrial Water Utilization*, dans A.V. Kneese et S.C. Smith *Water Research*, Baltimore, John Hopkins, 1966, pages 143-174; J.A. Rees, *Industrial Water Demand: A Study of Southeastern England*, Oxford Weidenfeld and Nicholson 1969 et D. M. Tate: *Water Requirements of the Iron and Steel Industry in the Canadian Great Lakes Basin*, document n° 71-2, Direction de la recherche et de la coordination, ministère des Pêches et Forêts, Ottawa, 1971, pages 19-43.

22. N.H. Lithwick: *Le Canada urbain: ses problèmes et ses perspectives*, Société centrale d'hypothèques et de logement, Ottawa, 1970, page 22.

23. L'élasticité de la demande d'eau à des fins domestiques a fait l'objet d'un article de C.W. Howe et de F.P. Linaweaver Jr.: *The Impact of Price on Residential Water Demand and Its Relation to System Design and Price Structure*, dans *Water Resources Research*, vol. III, n° 1, 1967, pages 13-32.

T.R. Lee: *Residential Water Demand and Economic Development*, université de Toronto, section de géographie, publication n° 2, 1969, pages 13-26.

J.W. Milliman: *Price Policy and Urban Water Supplies*, dans *Water and Sewage Works*, vol. 110, novembre 1963, pages 384-394.

Un document classique sur la demande d'eau à des fins industrielles est l'article de G.F. White: *Industrial Water Use: A Review*, dans *Geographical Review*, vol. 50, n° 3, 1960, pages 412-430.

celle des autres produits économiques; cependant, les prévisions se fondent trop souvent sur l'observation de relations statistiques entre des ensembles de données, sans étudier la signification réelle de ces relations. Nous ne voulons pas laisser entendre qu'il est impossible de formuler des prévisions sans comprendre d'abord la nature de chaque aspect du secteur de l'économie qui dépend des ressources hydriques. Toutefois, les prévisions doivent se fonder sur les tendances socio-économiques générales de l'économie et se situer par rapport à ces tendances. La matrice des besoins en eau fournit un ensemble de facteurs. La justesse des prévisions qui en découlent, en ce qui concerne le niveau de la demande d'eau, doit être rigoureusement vérifiée.

De trop nombreuses études se fondent sur des hypothèses d'une rigueur douteuse qui, lorsqu'elles sont soumises à un examen critique, s'avèrent inacceptables. Les hypothèses formulées au cours de la phase préliminaire d'une étude doivent subir l'épreuve d'une confrontation avec les données détaillées recueillies. L'étude qui ne s'appuie pas sur un cadre conceptuel fermement établi risque de n'avoir que peu de valeur et de constituer un apport dangereux dans l'élaboration de la politique. Avant de faire une prévision, il faut comprendre la relation d'ensemble entre l'expansion socio-économique globale et l'utilisation de l'eau.

Dans une société industrialisée aussi complexe et aussi moderne que la nôtre, les liens entre les ressources hydriques et la société ressemblent de maintes façons à ceux qui existent entre celle-ci et tout autre secteur industriel. On peut décrire les activités des gestionnaires des ressources hydriques en fonction de l'exploitation de l'industrie des ressources hydriques, bien que cette exploitation présente des lacunes qui la mettent à l'écart des secteurs industriels traditionnellement définis. Au Canada, l'entreprise publique exerce un rôle dominant dans la gestion et dans l'exploitation des ressources hydriques, mais on peut se demander si cela justifie d'établir une nette distinction avec l'exploitation des autres ressources. L'utilisation de l'eau est et restera un domaine relevant à la fois du secteur public et du secteur privé, et les schémas futurs d'utilisation de l'eau dépendront des décisions individuelles prises par un grand nombre de gestionnaires des ressources hydriques. Dans ces circonstances, l'accroissement de la consommation d'eau, à quelque fin que ce soit, ne pourra se réaliser qu'en relation avec la conjoncture socio-économique générale et avec les variations de l'offre et de la demande d'eau. Nous suggérons que les études qui servent à prévoir les schémas de consommation et d'utilisation de l'eau s'efforcent de comprendre les relations économiques entre l'utilisation de l'eau et les autres facteurs de production de l'économie, dans le cadre d'une série variable d'objectifs sociaux.

Le planificateur dispose d'un certain nombre d'outils pour faire des prévisions de ce genre, parmi lesquels se trouvent les modèles de programmation linéaire, avec des fonctions d'entrée et de sortie établies selon un ensemble donné de conditions, voire selon divers ensembles possibles, même s'il faut dire que ces modèles s'appliquent probablement de façon plus adéquate à des situations où l'on doit réaliser un objectif précis. Très utiles pour étudier la qualité de l'eau, ils semblent d'une application plus limitée dans l'étude des schémas futurs de consommation d'eau. Dans ce cas, il semblerait que la meilleure technique consiste à établir des modèles économiques du type entrée-sortie, pour permettre d'observer l'effet, sur le schéma d'utilisation et de consommation de l'eau, des diverses hypothèses afférentes à la croissance économique d'industries particulières. L'information obtenue à l'aide de tels modèles économiques d'entrée et de sortie doit alors être traduite en termes de conséquences pour le milieu social et l'aménagement spatial. La croissance d'une industrie plutôt que d'une autre pourrait entraîner un réaménagement spatial du secteur industriel et de la population dans la région étudiée, et pourrait également avoir des répercussions particulières sur la prédominance d'une tendance sociale par rapport à une autre. Si, par exemple, la croissance du secteur primaire en Ontario dépassait celle du secteur de la fabrication, il pourrait en résulter des effets fort différents sur la répartition future de la population ontarienne que dans le cas contraire. Un modèle doit être sensible aux changements touchant les variables de catégories nombreuses et variées. Les variables qui influent sur les décisions en matière d'utilisation de l'eau peuvent aller des changements dans la politique fiscale ou commerciale à

la transformation de l'attitude des gestionnaires ou des utilisateurs.

L'élaboration d'un système de prévision des besoins en eau doit coller de très près à la réalité. Les prévisions doivent tenir compte des changements politiques et sociaux, qui peuvent modifier les schémas futurs d'utilisation de l'eau dans la même mesure que les changements techniques ou que la croissance économique. Si ces variables, soit les plus importantes et les plus dynamiques, n'apparaissent pas dans les modèles de prévision, toute projection sera forcément incomplète et risquera de l'être davantage s'il s'agit de régions peu industrialisées, où l'ampleur de l'évolution peut être très grande. Le Canada, lui aussi, fait face à de tels problèmes lorsqu'il prévoit ses besoins en eau. Il faut faire de la prévision des besoins en eau un exercice beaucoup plus global que ce ne fut le cas dans le passé.

LA PRÉVISION DES BESOINS EN EAU ET L'ÉVOLUTION SOCIO-ÉCONOMIQUE

Depuis toujours, on surestime le rôle des ressources hydriques dans le soi-disant processus de l'expansion économique²⁴. Bien que l'eau constitue une richesse naturelle importante et qu'elle existe en abondance au Canada, elle exige généralement de gros investissements avant de pouvoir être utilisée, d'où la nécessité de prévoir les changements dans les besoins en eau.

«Beaucoup de décisions administratives d'ordre économique ont des répercussions à long terme. Ces décisions se fondent sur des prévisions plus ou moins élaborées et discutables. On a donc tout lieu d'affirmer que le mieux est de trancher les questions d'ordre économique à la lumière de prévisions fondées sur des renseignements bien mûris et puisés dans la statistique et sur les dernières données pratiques autant que théoriques au sujet du fonctionnement de l'économie²⁵.»

Reste à savoir comment réaliser de telles prévisions. Il semble à peu près certain que les prévisions doivent être simples, sur le plan technique, quel que soit leur degré de complexité conceptuelle. L'important n'est pas le degré de raffinement statistique, mais que les hypothèses traduisent la réalité avec précision. On ne peut s'attendre que la croissance et les changements dans l'utilisation de l'eau, ou dans les besoins en eau, soient les mêmes dans les pays en voie de développement qu'ailleurs. Il existe des liens généraux entre l'importance des besoins en eau et des ensembles donnés de facteurs de gestion, mais il n'existe aucun coefficient de base de l'utilisation de l'eau qu'on puisse appliquer à des indices choisis de l'activité économique. La prévision des besoins en eau en particulier, et de façon générale la gestion des ressources en eau, ont souffert de l'application de principes mal étayés, au même titre que tous les autres secteurs de la gestion et de la planification économiques²⁶. Pour être réussie et utile, la prévision des besoins en eau doit reposer sur une grande connaissance pratique du réseau d'utilisation de l'eau.

Il importe davantage de cerner les hypothèses sur lesquelles se fondent les prévisions que de chercher à atteindre les limites de la technique prévisionnelle. Une multitude d'exigences, de préférences et de goûts personnels influent sur les besoins en eau. Compte tenu de la grande variété des facteurs, il est difficile de voir clairement dans quelle direction s'oriente le changement, à moins de comprendre la

24. Le rôle des ressources hydriques dans le processus de l'expansion économique fait l'objet d'un article de T.R. Lee: *Residential Water Demand and Economic Development*, pages 119--126, et est étudié dans le document classique de C.W. Howe: *Water Resources and Regional Economic Growth in the United States, 1950-1960*, dans *Southern Economic Journal*, vol. 34, n^o 2, avril 1968, pages 477-489.

25. W.C. Hood et A. Scott: *Production, travail et capital dans l'économie canadienne*, Commission royale d'enquête sur les perspectives économiques du Canada, 1957, page 1.

26. Le Growth Center de l'université Yale, *Report 1961-1964*, New Haven, Conn., avril 1965, page 9.

FACTEURS DE LA DEMANDE	POPULATION	DENSITÉ DEMOGRAPHIQUE	RÉPARTITION PAR ÂGE	NOMBRE DE PERSONNES PAR FAMILLE	NIVEAU DES REVENUS	NATURES DES ACTIVITÉS	NIVEAU DE PRODUCTION	VOLUME DE PRODUCTION	PROCÉDES DE PRODUCTION	PERTES DU SYSTÈME	CÔUT DE L'EAU A L'UNITÉ ¹	NATURE DE L'EAU (A L'UNITÉ)	ACCESSIBILITÉ DE LA SOURCE	CLIMAT	QUALITÉ DE L'EAU	RÉGLEMENTS EN MATIÈRE DE QUALITÉ DE L'EAU	IMPORTANCE DE LA SOURCE D'EAU
SECTEURS D'UTILISATION																	
DOMESTIQUE																	
COMMERCIAL (commerce et finance)																	
PUBLIC (collectivités)																	
FABRICATION																	
MINES																	
AGRICULTURE																	
ÉNERGIE ÉLECTRIQUE																	
NAVIGATION																	
LOISIRS																	
DÉCOR																	

MATRICE DE PRÉVISION DES BESOINS EN EAU

1. On entend le coût d'option qui s'exprime parfois en prix.

relation entre l'utilisation de l'eau et l'ensemble du système socio-économique.

Nous ne devons jamais perdre de vue les objectifs de la prévision des besoins en eau. Il s'agit d'aider le gestionnaire des ressources hydriques à maximiser l'efficacité (en satisfaisant les aspirations) dans les secteurs de l'activité sociale et économique qui comportent l'utilisation des ressources hydriques. Dans la plupart des cas, une eau peut être remplacée par une autre eau, de la même façon que tout autre produit utilisé dans la société.

Ce qui nous fait défaut, si souvent, c'est une compréhension claire de la nature de la demande s'appliquant à un aspect particulier des ressources hydriques. Il y a là une lacune que l'expert en prévision des besoins doit combler, s'il veut contribuer à améliorer l'efficacité de la gestion des ressources hydriques.

ANNEXE

DÉFINITIONS

L'élargissement du cadre dans lequel s'effectue la prévision des besoins en eau ne fait pas disparaître la nécessité de définir soigneusement le caractère économique de l'eau. Dans tous les travaux de prévision, on doit expliquer les termes avec soin et faire comprendre certaines caractéristiques fondamentales de l'eau en tant que ressource.

Nous avons défini quelques termes importants du vocabulaire de la gestion des ressources hydriques. Il ne s'agit pas de définitions officielles. On peut y voir les fondements de discussions futures.

Besoins en eau Par besoins en eau, nous entendons la quantité d'eau nécessaire pour mettre en oeuvre une formule et un type d'activité particuliers. Il s'agit de la quantité d'eau donnée, utilisée à une période déterminée par un procédé établi à l'avance. Par exemple, l'ensemble des procédés dans une aciérie exigent un approvisionnement donné en eau.

Besoins essentiels en eau Il importe de distinguer besoins en eau et besoins essentiels en eau. L'expression besoins essentiels en eau ne devrait s'appliquer qu'à la quantité d'eau essentielle à un processus biologique. Le fait que les êtres humains ont absolument besoin d'un litre d'eau par jour, pour satisfaire aux exigences de leur organisme, constitue le meilleur exemple de ce que nous entendons ici.

Utilisation de l'eau Par utilisation de l'eau, nous n'entendons pas la quantité d'eau, mais l'objectif qu'on se fixe dans l'utilisation d'une nappe d'eau ou de toute quantité d'eau donnée. Cette expression doit être prise dans son acception la plus générale possible. Après tout, c'est de l'utilisation de l'eau par des êtres humains qu'il s'agit.

Demande d'eau On ne peut définir la demande d'eau qu'en fonction d'une quantité d'eau exigée par un consommateur donné, pour un prix donné. Il n'est pas indispensable que le prix s'exprime directement en termes monétaires, mais quelle que soit l'utilisation de l'eau, les prélèvements à partir de la source d'approvisionnement, à des fins données, impliquent un coût qui influe grandement sur l'importance de la demande.

Le caractère économique de l'eau De nombreux auteurs ont affirmé que l'eau était essentiellement un produit ou un bien économique. Sans vouloir nous engager à fond dans un débat, nous pouvons affirmer que l'eau possède certaines caractéristiques importantes dont il faut tenir compte pour en prévoir la demande. Par la nature même des fins auxquelles l'homme la destine, l'eau ne peut être considérée comme un produit économique. Le caractère économique de l'eau varie selon l'utilisation dont elle fait l'objet. Toute tentative de définir le caractère économique de l'eau peut mener à un enchevêtrement complexe de conceptions morales, philosophiques, sociales et économiques. On peut établir

une distinction à trois facettes pour aider à la gestion des ressources et à la prévision des besoins.

a) *L'eau comme service* Maintes utilisations de l'eau la placent sur le même pied que l'instruction publique, les routes, etc. Ceci est particulièrement vrai pour des utilisations comme l'approvisionnement en eau à des fins de consommation domestique ou d'élimination des résidus.

b) *L'eau comme matière première* Les principales utilisations de l'eau, dans le secteur économique, lui font jouer le rôle de matière première, bien qu'il soit souvent impossible de l'englober dans le produit. Les utilisations industrielles incluent la production d'énergie hydro-électrique, le refroidissement industriel et l'irrigation.

c) *L'eau comme bien d'agrément* L'équilibre de l'offre et de la demande d'eau a été modifié au cours des dernières années par la croissance prodigieuse de l'utilisation de l'eau à des fins de loisirs. L'eau fait l'objet de maintes utilisations récréatives: navigation, pêche, natation et, de plus en plus, simple agrément d'admirer une belle nappe d'eau, qu'il s'agisse d'un lac ou d'une rivière.

Utilisation in situ Nous entendons l'utilisation de l'eau dans son bassin naturel. Cette catégorie comprend la navigation, les loisirs, la pêche, l'élimination des déchets et la production d'énergie hydro-électrique.

Utilisation par prélèvement Ce mode d'utilisation consiste à prélever l'eau de son bassin naturel avant de l'utiliser. Cette catégorie comporte l'utilisation de l'eau à des fins de refroidissement, d'irrigation et d'approvisionnements municipal et industriel. Les prélèvements n'impliquent pas le retrait permanent de l'eau.

Retrait permanent Il s'agit de l'enlèvement permanent d'une partie de l'écoulement d'une nappe d'eau. Le retrait permanent peut s'effectuer par évaporation de l'eau dans l'atmosphère, par l'apport d'eau à certains produits (comme dans le cas des brasseries ou de l'industrie des boissons gazeuses) ou par détournement d'un cours d'eau dans un autre.

Retrait temporaire Il s'agit en quelque sorte d'un emprunt; l'eau finit par retourner au cours d'eau. Celle-ci peut toutefois s'être considérablement modifiée entre-temps, avec l'apport de résidus (prélèvements municipaux) ou de chaleur (prélèvements à des fins de refroidissement).

La présente liste de définitions est brève mais importante. Il faut formuler de telles définitions et adopter des normes communes, non seulement pour être en mesure d'utiliser des méthodes d'étude semblables à diverses époques et à divers endroits, mais aussi et surtout pour faire de l'utilisation de l'eau un domaine du comportement humain susceptible d'être compris. On ne pourra prétendre à établir de véritables prévisions que lorsqu'on aura admis que l'utilisation de l'eau est soumise à des variables communes, quel que soit son emplacement ou son objectif. La multiplicité des modes d'utilisation de l'eau par l'homme ne doit pas empêcher cette généralisation fondamentale.

Environment Canada Library, Burlington



3 9055 1017 3247 6