

UNIVERSITE DU QUEBEC

THESE

PRESENTEE A

L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CENTRE DE L'EAU

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE ES SCIENCES (EAU)

PAR

ANDRE DELISLE

B.Sc.A. (PHYSIQUE)

GESTION DE L'EAU: OPTIMISATION TECHNIQUE ET SOCIOPOLITIQUE

DE L'UTILISATION DE LA RESSOURCE-EAU D'UN BASSIN

1er février 1974

TABLE DES MATIERES

	PRESENTATION	v
1.	INTRODUCTION	1
	1.1. La gestion de l'eau	1
	1.2. La gestion intégrée des ressources en eau	2
	1.3. L'aménagement intégré des ressources	3
	1.4. Théorie des systèmes et gestion de l'eau	3
	1.5. Méthodologie de gestion de la ressource-eau	5
2.	ANALYSE DES SYSTEMES DE GESTION DES RESSOURCES	8
	2.1. Le système de gestion de la ressource-eau	9
	2.1.1. Un mode de gestion intégré	10
	2.1.2. Fonctionnement en deux phases	13
	2.1.3. Des techniques souples	14
	2.2. Phase I: Formulation des plans	15
	2.2.1. La conception des plans	16
	2.2.2. Modèles techniques et économiques	19
	2.2.3. Les outils mathématiques: optimisation	22
	2.2.4. Les limites et possibilités	26
	2.3. Phase II: Implantation dans le milieu	26
	2.3.1. L'implantation des plans	27
	2.3.2. Le modèle d'implantation: un modèle socio-politique	32
	2.3.3. Procédures de construction des modèles de l'implantation	34
	2.3.3.1. Analyse de la situation sociale	34
	2.3.3.2. Moyens alternatifs de simulation	35
	2.3.3.3. Qualités des modèles	36
	2.3.4. Un modèle restreint: le modèle de communication	37
	2.3.4.1. Les techniques de participation	40
3.	LE RESERVOIR DE KENOGAMI: ETUDE DE CAS	42
	3.1. Présentation du problème	45
	3.2. Analyse du problème: environnement social et politique	45
	3.2.1. Représentation schématique	45
	3.2.1.1. Usages et usagers	48
	3.2.2. Sociogrammes politiques	53
	3.3. Facteurs significatifs et tendances	58
	3.3.1. Facteurs historiques	59
	3.3.2. Facteurs économiques	60
	3.3.3. Facteurs institutionnels	64
	3.3.4. Facteurs sociaux	67
	3.3.5. Facteurs individuels	67
	3.3.6. Image globale de la situation	73

3.4. Simulation socio-politique	76
3.4.1. Un modèle venant du sud...	76
3.4.1.1. L'opération du modèle	76
3.4.1.2. Un problème d'optimisation	77
3.4.2. ...appliqué à une région du nord	81
3.4.2.1. Hypothèses	81
3.4.2.2. Exemple: Priorité à la récréation	83
3.4.2.3. Recommandations diverses	91
4. DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS	93
REFERENCES	100
BIBLIOGRAPHIE	106
I. Modèles techniques et programmation dynamique	107
II. Modèles socio-politiques et participation	110

Liste des figures

Figure 1	Un système de gestion de ressources en eau	11
Figure 2	Système détaillé de gestion des ressources en eau	12
Figure 3	Phase I: Formulation de plans	16
Figure 4	Modèle de planification	20
Figure 5	Schéma du processus de P.D.	25
Figure 6	Implantation dans le milieu	27
Figure 7	Stratégie d'information	39
Figure 8	Bassin versant du réservoir Kénogami	46
Figure 9	Plan général de la situation	47
Figure 10	Schéma analytique du système Kénogami	49
Figure 11	Interractions entre les groupes	57
Figure 12	Déroulement historique simplifié	60
Figure 13	Un processus de décision par étapes	79
Figure 14	Représentation des résultats	80

Liste des tableaux

Tableau 1	Usagers A: Rivière Chicoutimi	50
Tableau 2	Usagers B: Rivière aux Sables	51
Tableau 3	Groupes d'intérêts	52
Tableau 4	Répartition du pouvoir et positions	54
Tableau 5	Facteurs historiques	59
Tableau 6	Facteurs économiques	62
Tableau 7	Facteurs institutionnels	65
Tableau 8	Facteurs sociaux	68
Tableau 9	Attitudes générales	69
Tableau 10	Attitudes particulières	70
Tableau 11	Stratégies d'interventions marquées	72
Tableau 12a)	Image globale de la situation: environnement socio-politique	74
Tableau 12b)	Environnement socio-politique	75
Tableau 13	Possibilités de choix suggérées par le MRN	83
Tableau 14	Usages et problèmes	85
Tableau 15	Position face au choix 3	89
Tableau 16	Résultats de la simulation	90

PRESENTATION

Le document qui suit doit être perçu comme la synthèse d'un projet de recherche réalisé au cours des trois années passées à INRS-Eau. C'est le compte-rendu d'expériences concernant l'allocation des ressources en eau, ayant comme champs d'expérimentation le réservoir Kénogami, dans la région du Saguenay. Il est nécessaire, avant d'entrer directement dans le sujet, de revoir la démarche qui aboutit à ce mémoire de maîtrise présenté pour compléter les exigences académiques d'INRS-Eau.

Lors de mon entrée à INRS-Eau, CEQUEAU d'alors, une situation spéciale m'a incité à choisir dès les débuts un domaine spécifique d'intérêt. Evidemment, les deux années de cours et l'expérience des milieux administratifs ont modifié et réorienté peu à peu la démarche prévue à la fin d'une première année de recherches. Cette démarche peut se résumer en cinq étapes principales:

a) Etudes préliminaires:

Cette étape fut celle d'une étude générale du sujet et d'une documentation complète sur la matière.

b) Calculs techniques:

A la suite de ces études préliminaires, une première expérience exclusivement technique fut réalisée au moyen d'une simulation mathématique.

c) Expériences sur le terrain:

Les résultats de l'étape précédente ont souligné l'inaptitude de la méthode utilisée à régler à elle seule les problèmes identifiés; une remise en question des objectifs de recherche a été faite sur le terrain en présence des gens intéressés par le projet.

d) Contacts avec les milieux décisionnels:

De multiples contacts avec les administrateurs, ingénieurs et techniciens chargés de solutionner le problème étudié ont aussi permis une évaluation de l'approche considérée, évaluation qui a introduit certains éléments nouveaux dans le projet.

e) Bilan de l'expérience:

Toutes ces étapes aboutissent au bilan de l'expérience ou exposé de l'approche considérée qui fait l'objet de ce mémoire-synthèse.

Certains sous-projets spécifiques furent très importants dans la réorientation des intérêts à l'origine de cette recherche et dans la redéfinition des objectifs de ce travail. Des rapports distincts de ces travaux ont été publiés précédemment ¹. Je réfère par là aux projets pédagogiques reliés aux cours d'analyse de systèmes de ressources en eau et à celui des aspects socio-politiques de la gestion des ressources en eau; ce dernier a d'ailleurs été l'objet d'un mémoire assez élaboré sur l'analyse des mécanismes socio-politiques qui génèrent les décisions dans le domaine de l'eau.²

L'approche exposée dans ce document est donc le fruit d'une évolution constante de l'hypothèse de départ et de l'évaluation périodique de la démarche. Nous voulons présenter cette approche comme un palier ou un point d'arrêt dans une progression vers la situation idéale, hypothétique évidemment! Les techniques de gestion de l'eau ne peuvent et ne doivent être que dynamiques et en changement continu.

Ce rapport est un plan de travail et il constitue l'exposé d'une méthodologie de recherche qui pourrait être à l'origine d'une recherche plus approfondie et détaillée. C'est l'élaboration d'un projet pilote de gestion de la ressource eau dans une région donnée, projet qui regroupe cette fois chercheurs, administrateurs et utilisateurs.

Partie 1 - INTRODUCTION

Les méthodes de justification des projets hydriques ont très peu changé au cours des trente dernières années. Pourtant, depuis dix ans, nous assistons à une rapide sensibilisation du public face aux dangers de la pollution; cette évolution correspond à la naissance de la pensée préservationniste. C'est donc un changement du climat entourant la gestion des ressources dont les procédures ont été développées dans un contexte de confiance totale à la technologie et de planification à court terme. Evidemment, les possibilités traditionnelles des techniques de planification ont été dépassées par ces nouvelles exigences à un point tel que les processus de choix des projets créent souvent des sources de conflits plutôt que des solutions aux controverses liées à la gestion de la ressource.

1.1. La gestion de l'eau

Il nous faut alors nous interroger sur la gestion de l'eau et ses techniques. De façon générale et littérale, la gestion de l'eau se définit comme l'action d'administrer l'eau pour le compte des utilisateurs ou de leurs représentants. Cette tâche a été historiquement confiée aux législateurs, à cause des moyens techniques dont ils disposent.

On ne peut cependant s'en tenir à une définition aussi générale de la gestion de l'eau. La gestion de l'eau se définit aussi par ses caractéristiques ou ses fonctions distinctes et interreliées: connaissance, affectation, aménagement et contrôle.

1.2. La gestion intégrée des ressources en eau

Dans le passé, les gestionnaires mandatés (les gouvernements) se sont plutôt attachés à la fonction aménagement, en cherchant à optimiser une fonction d'objectifs issue de la considération des coûts attachés à la réalisation d'un projet précis et des bénéfices attendus de son exécution. On a réduit ainsi le problème, analysant les éléments auxquels on peut donner une valeur économique et négligeant les autres paramètres. Il n'est pas rare aussi de voir les conflits sociaux et politiques prendre le pas sur les décisions préparées à partir des seules variables économétriques; cette technique d'optimisation des avantages matériels prévus d'un investissement financier le plus faible possible est donc fortement critiquée.

On se rend de plus en plus compte que les décisions d'aménagement ne peuvent se prendre que par des arbitrages basés sur des critères pré-établis, pour l'utilisation des finances publiques et collectives en vue d'atteindre des objectifs résultant d'un choix de priorités. Or ce choix de priorités ne peut être effectué à partir des seuls critères hydroéconomiques; l'établissement de politiques est tributaire des aspirations et des activités des groupes qui sont touchés par les décisions d'aménagement en milieu hydrique. C'est la fonction affectation du gestionnaire, qui doit s'asseoir sur une connaissance complète de la ressource et des utilisateurs.

La gestion intégrée des ressources sera donc ce processus en quatre étapes (connaissance, affectation, aménagement, contrôle) indissociables; elle devra faire appel à des outils destinés à orienter les choix d'aménagement à partir de priorités liées à la ressource et aux utilisateurs.

1.3. L'aménagement intégré des ressources en eau

Les problèmes du gestionnaire sont complexes; les outils le sont aussi. Récemment, des techniques mieux adaptées ont été mises au point par les spécialistes de l'eau. L'aménagement intégré³ de la ressource eau, comme outil de gestion, est ce processus qui vise à préserver ou à transformer les conditions naturelles du milieu pour assurer une utilisation rationnelle de l'eau, dans une perspective de conservation de la ressource eau. Ce concept a été précisé peu à peu pour inclure en plus des éléments techniques et économiques (traditionnellement considérés), les éléments sociaux et politiques.

L'aménagement intégré est ainsi consécutif à une bonne connaissance du milieu et des gens; dans cette optique, le gestionnaire de l'eau devra s'attacher autant aux caractéristiques des rivières et de l'environnement qu'aux aspects sociaux, intérêts en cause, contexte politique, contraintes juridiques et bien d'autres encore. L'aménagement intégré suit aussi le choix rationnel entre certains usages concurrentiels ou conflictuels, choix, nous l'avons dit, basé sur l'établissement d'objectifs et de priorités.

1.4. Théorie des systèmes et gestion de l'eau

Le problème qui se pose alors au gestionnaire de l'eau, après avoir établi des priorités, est un problème d'optimisation: l'optimisation technique et socio-politique de l'utilisation de la ressource eau d'un bassin tenant compte de toutes les contraintes physiques, techniques, économiques, financières, sociales, politiques et même...individuelles! Devant un problème aussi vaste, on recourt maintenant à la théorie générale des systèmes qui applique les techniques d'analyse de systèmes à l'élaboration d'un pro-

cessus de solution des problèmes de gestion des ressources en eau.

- La théorie générale des systèmes peut convenir à tous les types de systèmes, physiques, biologiques ou sociaux. Appliquée à la gestion des ressources en eau, elle sied bien pour ajouter aux analyses traditionnelles tenant compte de facteurs physiques, techniques et économiques, les facteurs sociaux et politiques. Le processus de choix, l'analyse des conflits, les mécanismes de décision sont autant de sujets abordés dans le cadre de cette théorie générale des systèmes. Les méthodes utilisées cherchent à fournir des outils d'élaboration de politiques de nature à rendre le processus de gestion de l'eau, processus essentiellement politique, plus efficace et adapté aux besoins du milieu et aux exigences des utilisateurs. L'approche "système" du processus global de gestion des ressources peut être considérée comme un effort pour arrêter en termes scientifiques l'approche intuitive et vague des concepteurs politiques.

Même chez les spécialistes, la tendance actuelle est de considérer le bassin, unité acceptée de gestion de l'eau, comme une "boîte noire" réagissant à des stimuli externes, physiques ou politiques. Le planificateur prend une décision qui affecte le bassin concerné et il attend la réaction; la plupart du temps, tous sont surpris par la réponse du système qui n'était prévue d'aucune façon. Cette approche, inspirée de la notion de "système ouvert" a sûrement son utilité et gagnerait à être améliorée comme outil de gestion. Après avoir précisé les objectifs, il suffisait d'observer de façon répétée les réponses du bassin à certains changements institutionnels ou physiques, pour prévoir dans certains cas le comportement du système, sans en connaître le fonctionnement.

Toutefois, il faut aller plus loin et viser la représentation en système fermé du bassin hydrographique étudié sous tous ses aspects. Bien que très difficile dans le cas de processus sociaux et politiques, cette technique permettrait de prédire les comportements du système soumis à des décisions politiques ou à des modifications du milieu. On saurait ainsi mieux contrôler ce comportement et adapter les décisions et modifications aux réactions escomptées. L'avantage de la représentation d'un bassin en système fermé réside dans la possibilité d'étudier le système global au moyen de modèles généraux, et par la suite, d'en faire des simulations sur ordinateurs avant d'implanter dans le bassin les changements prévus.

Ces modèles ordonnent la structure du système d'une façon logique qui convient à la prédiction et au contrôle; on étudie alors plutôt le modèle que le système lui-même. Un autre avantage de l'utilisation des modèles globaux est la possibilité d'abstraire le comportement d'un système particulier à toute une classe de systèmes similaires. La recherche ne vise pas essentiellement la conception de modèles, mais plutôt tente de comprendre davantage le comportement continu du système et son contrôle. L'observation et la fabrication du modèle font partie du processus d'élaboration des politiques; elles doivent évoluer parallèlement. L'intérêt d'une telle recherche réside dans l'aptitude acquise à prédire certains comportements du système-bassin et à établir les liens entre ce comportement et les politiques de contrôle affectant le système. On voit donc son utilité éventuelle comme technique de gestion de l'eau, à l'usage des politiciens mandatés pour solutionner les problèmes de l'eau.

1.5 Méthodologie de gestion de la ressource eau

Le problème du réservoir Kénogami, dans la région du Saguenay, est

étudié depuis plusieurs années par les ingénieurs du ministère des Richesses Naturelles. Bien que nous ayons choisi ce même bassin comme champ d'expérimentation, nous n'avons pas l'intention de reprendre ni même de poursuivre les travaux du ministère. Les ingénieurs affectés à ce projet avant 1972 se sont surtout attardés à l'étude de l'avant-projet ⁴ d'un barrage-réservoir devant palier à certaines carences du réservoir Kénogami dans son état actuel. Depuis 1972 et dans des rapports plus récents ⁵, on a vu apparaître une réorientation de l'étude, par la réalisation d'analyses bénéfices-coûts tenant compte de facteurs négligés dans les études préliminaires. On a aussi considéré des possibilités ⁶ complètement ignorées dans les recherches préliminaires.

Ces analyses s'étant révélées assez complètes et justifiables par rapport aux objectifs de départ, il n'était pas nécessaire d'améliorer ces études en précisant certains points ou de prévoir davantage les conséquences physiques et économiques des aménagements par des techniques d'études plus raffinées. Cette attitude s'explique par la constatation, à travers plusieurs projets dispersés, de la difficulté de réalisation des projets malgré une très bonne expertise technique. C'est plutôt au niveau des valeurs mises en jeu, des techniques d'analyse et de la philosophie d'approche du problème que nous voulons orienter nos recherches. L'éclairage systématique de la gestion de l'eau sera présenté dans la partie théorique, première partie du rapport. Le problème du Lac Kénogami, qui fait le sujet de la deuxième partie, a retenu notre attention comme cas d'étude au même titre que n'importe quel bassin hydrographique d'importance suffisante pour justifier une gestion intégrée. Ce bassin particulier a été choisi pour notre projet à cause de sa situation géographique privilégiée et de la masse des données disponibles.

La situation explicitée dans la deuxième partie constitue le fruit de la documentation et des visites ou rencontres des utilisateurs concernés par l'eau du réservoir Kénogami. L'exposé de la situation du bassin se veut général et cherche surtout à confronter différents faits qui, la plupart du temps, sont considérés séparément ou tout simplement exclus parce que supposément non pertinents à l'étude en cours. Bien que cette présentation ne soit pas exhaustive, à cause des moyens restreints disponibles pour ce projet de maîtrise, l'approche que l'on y développe pourrait éventuellement constituer un cadre de travail pour un groupe interdisciplinaire de gestion des eaux du bassin.

Partie 2 - ANALYSE DES SYSTEMES DE GESTION DES RESSOURCES

Dans les premiers temps de la gestion de l'eau et jusqu'à tout récemment, la notion de gestion était assez simple à appliquer. L'administration de l'eau consistait principalement à définir des objectifs, - c'est-à-dire des usages visés -, et à écrire l'équation disponibilités-besoins, pour satisfaire au modèle de l'offre et de la demande, tel qu'utilisé dans le langage économique. Techniquement, les administrateurs de l'eau et surtout de ses usages, cherchaient à optimiser l'allocation d'une certaine ressource en tenant compte des différents besoins exprimés en objectifs, par les méthodes d'analyses bénéfices-coûts: production d'énergie, transferts dans le temps et dans l'espace. Le problème revenait alors à rencontrer les objectifs établis en respectant certaines contraintes et en minimisant les incompatibilités entre usages. Cette approche, encore très répandue aujourd'hui, s'inscrit dans une conception élitiste de la société démocratique où des spécialistes compétents étudient les problèmes, les comprennent et les solutionnent pour le bien de l'ensemble de la population. Cette conception suppose l'existence d'un décideur unique, éclairé et doté de tous les pouvoirs.

Toutefois, la société démocratique actuelle évolue de plus en plus vers une prise de possession des problèmes par une grande partie de la population. L'approche pluraliste s'installe dans la société: c'est un jeu constant de souque à la corde entre les groupes actifs focalisant les intérêts individuels. L'administration de l'eau ne peut donc plus se faire en circuit fermé, par quelques techniciens spécialisés dans la conception de plans. C'est maintenant un jeu d'interactions entre planificateurs, groupes d'intérêts et législateurs qui aboutit finalement au choix de certaines solutions. C'est donc par des modèles élargis que nous pourrions étudier ces

interactions, principalement entre les agents de planification et les politiciens. Pour déterminer les interventions dans le système, il faut connaître les interactions entre les différentes composantes. On y arrive en effectuant une analyse du système de gestion de la ressource-eau et en y situant les rôles des différents acteurs impliqués dans la gestion de l'eau.

2.1. Le système de gestion de la ressource-eau

L'eau, considérée en système hydrique, se présente sous deux formes. Au début, une rivière ou un plan d'eau naturels non aménagés, bien intégrés à l'environnement dans un cycle qui préserve ses caractéristiques autant qualitatives que quantitatives. Cette rivière est par la suite modifiée par l'homme qui y aménage différentes installations pour répondre à ses besoins spécifiques. Ces aménagements ont par contre des conséquences souvent désastreuses, soit en termes de conflits avec d'autres usages, soit en termes de détérioration des qualités physiques et bio-chimiques de l'eau.

Ces problèmes ou inconvénients sont bien connus des législateurs et ingénieurs, techniciens et autres spécialistes de l'eau^{7, 8}. Cependant les abus continuent, les interventions néfastes se multiplient, les effets désastreux sont présents à nos yeux quotidiennement. Il nous faut donc raffiner les méthodes d'étude des problèmes: une analyse globale du système de gestion de la ressource-eau s'impose, pour bien connaître son fonctionnement.

Jusqu'à maintenant, la considération de sous-systèmes isolés du système global de gestion, a introduit certains vices de procédure qui rendent les techniques de gestion presque inopérantes. Certains faits se dégagent d'un survol des techniques actuelles de gestion.

Les sous-systèmes considérés sont trop rigides: seulement les aspects physiques et techniques des problèmes de l'eau sont la plupart du temps étudiés. Cette habitude s'est traduite par une tendance à éliminer les "intangibles" qui finalement dominent la situation. Certains axiomes de base sont ainsi à remettre en question dans les techniques traditionnelles de gestion. On doit insister davantage sur l'aspect public de la ressource-eau, en diminuant l'importance qu'on accorde à son caractère individuel et au contrôle qui en découle; des décisions collectives sont nécessaires, résultant de la recherche d'un consensus général, pour implanter des changements importants. Le temps des solutions préconisées par des spécialistes au nom de l'intérêt public et par les galvaudeurs décisionnels est révolu. La notion d'intérêt public semble souvent confondue avec l'intérêt des planificateurs ou législateurs.

2.1.1. Un mode de gestion intégré

Certains groupes de recherches⁹, pour contrecarrer ces tendances, améliorent peu à peu les méthodes de gestion pour tenir compte de tous les usages et permettre la participation du public et des organismes intéressés à l'élaboration des politiques d'exploitation des ressources hydriques. Cette perspective globale de gestion de l'eau est obtenue par un modèle intégré du système de gestion. Un groupe du "Department of Environmental Engineering Sciences" de l'Université de Floride¹⁰, (Figure 1) a proposé un tel modèle qui fait intervenir les échanges hiérarchiques entre la structure de planification de l'eau et la structure plus large de prise de décision sociale.

Les besoins d'une communauté, en relation avec les disponibilités de la ressource, pour parvenir à un aménagement rationnel, passent par un processus à deux phases: formulation de plans et implantation dans le milieu.

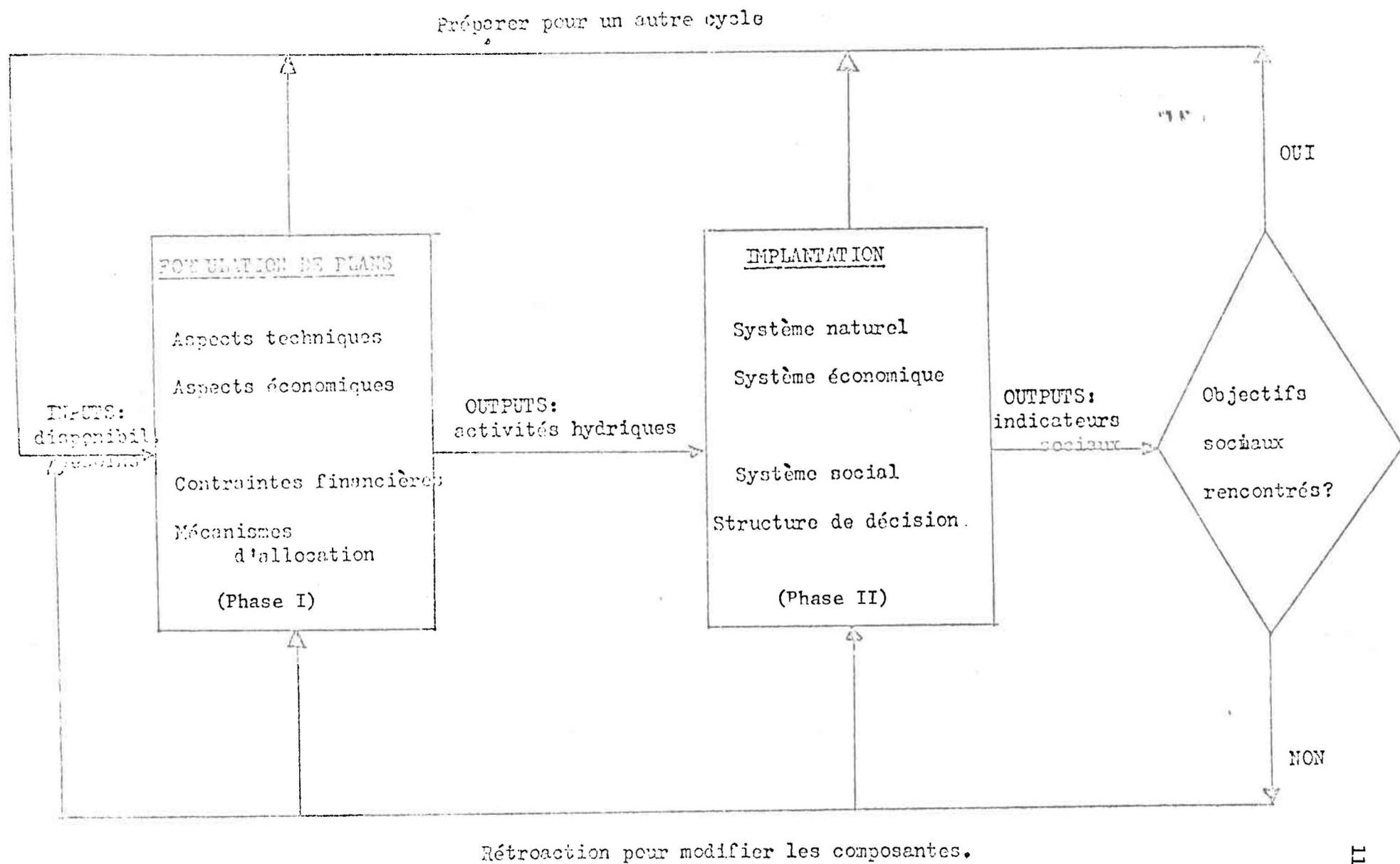


FIGURE 1

Un système de gestion de ressources en eau

(Burke, Heavy, Pyatt, Novembre 1972)

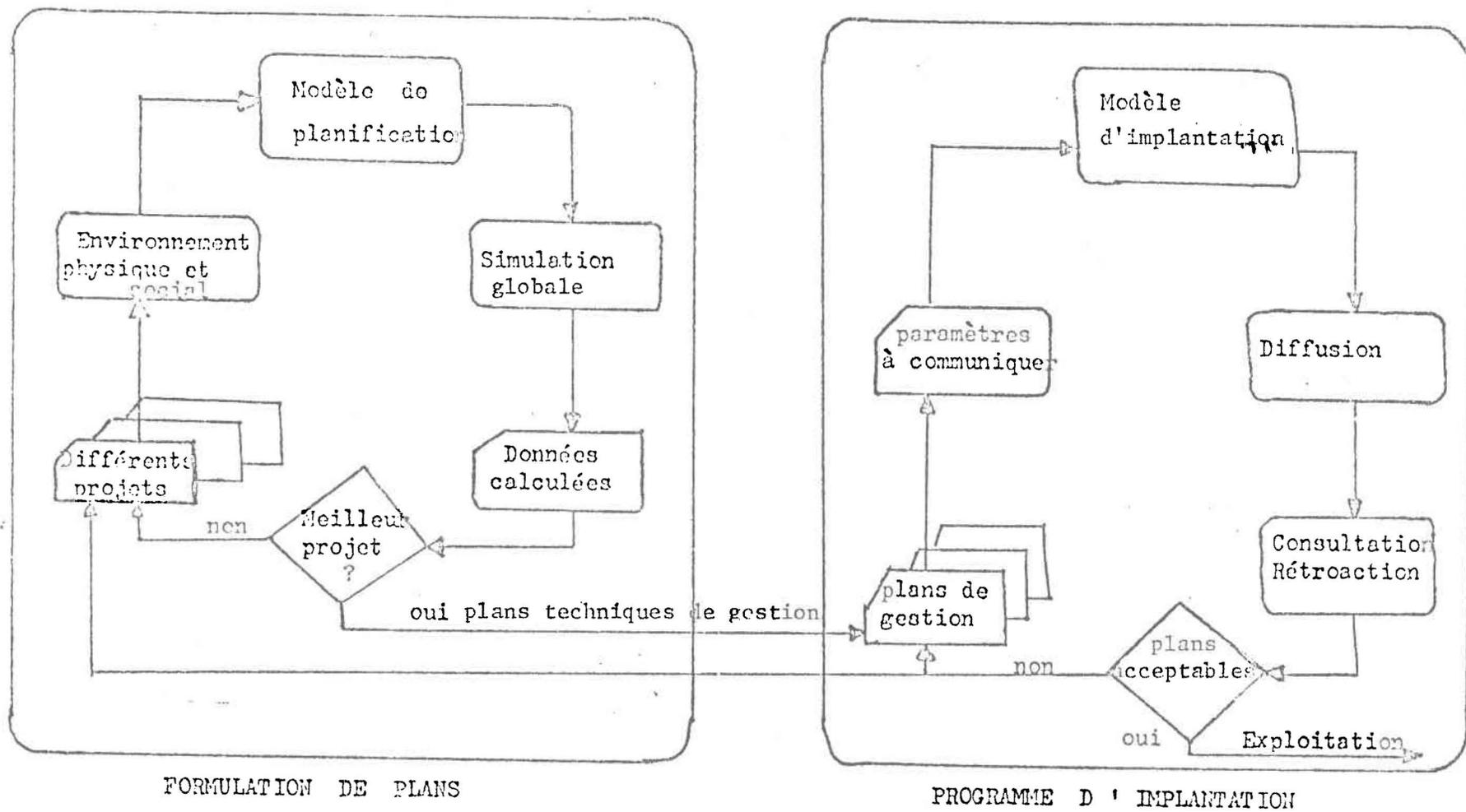


FIGURE 2: Système détaillé de gestion des ressources en eau

Ce processus transforme les données d'entrées en activités reliées à l'eau (alimentation, loisirs, navigation, etc) dans le but de satisfaire certains objectifs sociaux, c'est-à-dire exprimés par la société. Si les objectifs ne sont pas atteints, le système est modifié techniquement (phase I) ou socialement (phase II) pour fonctionner, c'est-à-dire réaliser les objectifs fixés.

L'expression de ce modèle est très générale et demande à être explicitée pour bien comprendre son utilité et son originalité. Dans le cadre de nos recherches sur la gestion de l'eau, nous avons cherché à développer et à détailler ce système général.

2.1.2. Fonctionnement en deux phases

Nous avons retenu le processus à deux phases en y détaillant chacune des étapes et incluant les simulations nécessaires. Nous proposons ainsi une séquence d'opérations pour effectuer les deux étapes d'une saine gestion de l'eau: formulation des plans et implantation dans le milieu. Chacune de ces phases fera l'objet d'une analyse détaillée dans les chapitres suivants. Nous nous attacherons alors surtout aux composantes-clés concernant le choix des meilleurs projets techniquement ou politiquement.

Il faut remarquer, tout au long du processus de gestion, la présence directe ou indirecte - sur la scène et à l'arrière-plan - du citoyen. Sa présence indirecte est nécessaire surtout au moment où le planificateur élabore les plans techniques, à partir des connaissances issues du milieu, physique et social. Un rôle plus direct et plus actif est réservé au public au niveau de la formulation des objectifs et des critères de choix entre les divers plans techniques, et plus particulièrement lors de la décision de solution; ce rôle du citoyen est concrétisé par des échanges constants avec les

spécialistes.

Déjà, nous voyons les multiples exigences d'une conception globale de la gestion de l'eau. Les étapes formulation de plans et implantation dans le milieu restent inséparables et également importantes.

Par des simulations combinées du processus politique et du fonctionnement physique d'un bassin, nous parviendrons à une planification tenant compte des facteurs techniques, sociaux et politiques. Cette notion élargie des modèles de gestion de l'eau nous forcera à appliquer les principes de l'analyse de systèmes non plus seulement aux aspects techniques et économiques, mais aux aspects de participation des citoyens et d'implication du public dans le processus de planification.

2.1.3. Des techniques souples

Toutefois, pour tenir compte des variables physiques, techniques, sociales et politiques, il faudra modifier certaines approches trop rigides qui ont caractérisé les analyses réalisées jusqu'ici. Deux tendances semblent avoir cristallisé cette rigidité. Tout d'abord, l'"acceptation" comme postulats d'objectifs préétablis avant de commencer l'analyse du système; et ensuite la foi souvent aveugle en l'absolu de la solution mathématiquement optimale. Au contraire, il faut appliquer les techniques d'analyse à l'identification des priorités de la société, à l'établissement des objectifs sociaux, et à la recherche de toutes les possibilités de choix; il faut aussi s'habituer à accepter que la solution techniquement optimale n'est pas nécessairement souhaitable et souhaitée.

Comment évoluer dans une grille d'analyse rendue vaste à ce point? Pour éviter l'écueil qui guette tous les analystes de systèmes, c'est-à-dire

la simplification ou la réduction des systèmes à des modèles trop restrictifs, il faudra avoir recours à des méthodes d'approche qui ajoutent à la rigueur de la logique scientifique l'intuition de l'inventeur. Des qualités d'ouverture et de souplesse seront nécessaires pour ajouter aux règles strictes de l'observation scientifique, la perspicacité journalistique et le bon sens populaire. Une telle approche permet d'introduire dans les études la flexibilité nécessaire à la conception, non seulement de modèles formels, - logiques, rigoureux, tangibles et quantifiables - mais aussi de modèles informels, - descriptifs, qualitatifs, intangibles et subjectifs -. C'est donc par une approche qui combine les recherches descriptives et journalistiques, aux techniques mathématiques et documentaires, que nous parvenons à une analyse globale et intégrée du système de gestion de l'eau.

L'introduction dans l'analyse du système d'éléments aussi informels et fluides que les contraintes politiques, légales, juridiques, sociales ou administratives, ne se fait pas sans influencer le produit fini dans le sens de l'incertitude. Cependant, par la combinaison de modèles formels et informels, nous cherchons plus à augmenter notre compréhension du système et à nous rapprocher de la réalité, qu'à bâtir des modèles d'excellence qui fonctionnent à merveille mais hélas dans des "tours d'ivoire" très éloignées de la réalité.

2.2. Phase I: Formulation des plans

La première phase, la formulation des plans, telle que représentée à la figure 3, suppose la participation surtout des experts, techniciens et ingénieurs, économistes, géographes et administrateurs, pour faire un travail de rassemblement de données et de déblayage technique.

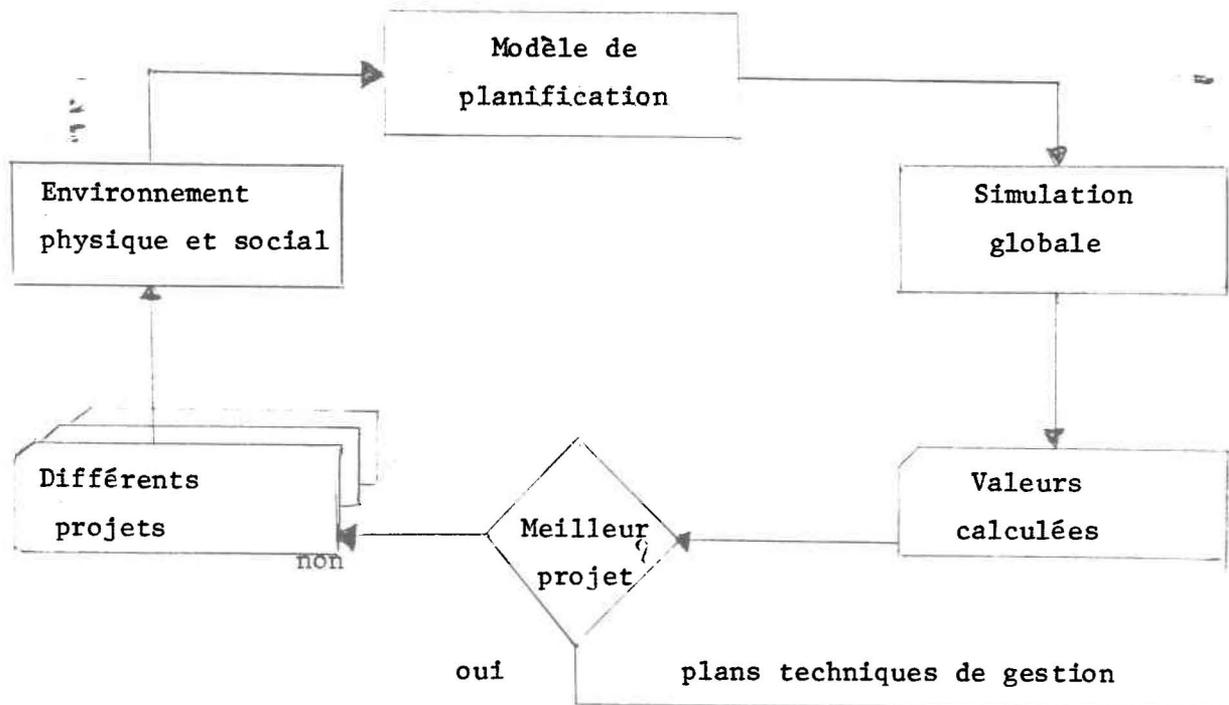


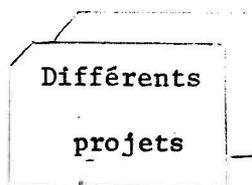
Figure 3 - Phase I: Formulation de plans

2.2.1. La conception des plans

Très sommairement, dans cette phase, le planificateur, à l'aide des experts et techniciens, élabore des plans de gestion à partir des connaissances issues du milieu ou environnement physique et social. La figure 3 demande à être expliquée; nous procéderons par composante.

Environnement
physique et
socio-politique

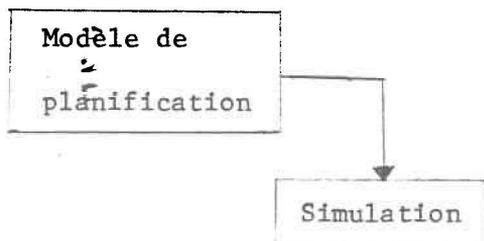
Dans le modèle de simulation, l'environnement à simuler ne doit pas se restreindre au milieu physique, c'est-à-dire au bassin hydrographique; le milieu social et politique est tout aussi important: les gens, les intérêts, les forces en jeu. Une étude de ce milieu révélera alors au planificateur toute une série d'objectifs ou de combinaisons d'objectifs susceptibles de rencontrer les désirs de groupes importants de la population concernée. La difficulté qui se pose ici est la distinction¹³ nette entre les objectifs tangibles et quantifiables et les intangibles, les premiers le plus souvent économiques, les seconds, culturels, sociaux et politiques (nous en verrons un exemple en troisième partie).



Cette difficulté forcera d'abord le concepteur du modèle à faire l'analyse des objectifs du plan, et à prévoir toute une série de choix possibles parmi ceux-là. A la suite de telles analyses, il pourra élaborer par les calculs techniques, de multiples possibilités de projets ou solutions aux problèmes du bassin étudié. Ceci impose aux analystes non pas une collecte arbitraire de données mais une observation directe et un contact réel avec le système sous étude pour acquérir une familiarité intuitive qui leur permette de mieux adapter leur modèle au contexte local.

La rétroaction prévue dans la phase de l'implantation pourra forcer l'analyste à modifier de nouveau les objectifs choisis, ou le milieu représenté, pour tenir compte des utilisateurs consultés. Il devra alors concevoir de nouvelles solutions, de nouveaux plans, et en faire une évaluation technique avant de les soumettre de nouveau à la critique des utilisateurs.

2.2.2. Modèles techniques et économiques



Le modèle de planification a spécialement retenu notre attention au cours de cette première phase, la représentation du système hydrique constituant une opération très importante. L'analyse du système physique consiste à définir ce système et à développer un modèle mathématique traduisant les éléments qualitatifs en nombres et relations quantifiées.

Les différents modèles des composantes du système et leurs relations sont ensuite simulés. Les données ainsi obtenues sont ensuite comparées aux données réelles. Si les données simulées supportent la comparaison, la simulation est correcte. Sinon, on doit modifier l'analyse jusqu'à ce que le modèle fonctionne. Le modèle du système naturel est ensuite utilisé pour prédire les réponses qui serviront d'entrants à une seconde étape de simulation, la simulation d'un système hydrique modifié par les différents aménagements projetés.

Souvent l'analyste sera placé devant des systèmes déjà modifiés et aura alors à améliorer ses techniques de gestion de la ressource ou à concevoir de nouveaux aménagements pour rencontrer la demande d'eau du bassin. Les possibilités de plans d'aménagement ou de gestion sont alors élaborées à partir des objectifs déterminés dans le milieu. Une méthode d'évaluation est ensuite choisie pour retenir toute une série de meilleurs projets correspondants à la série d'objectifs possibles.

La complexité des systèmes à modeler et à gérer nous suggère ¹⁴ de diviser les deux opérations considérées (choix du modèle et simulation) en trois activités importantes, regroupant elles-mêmes plusieurs sous-tâches: organisation des données, hydrologie stochastique et simulation de système.

Ces activités sont reliées les unes aux autres dans une séquence représentée à la figure 4.

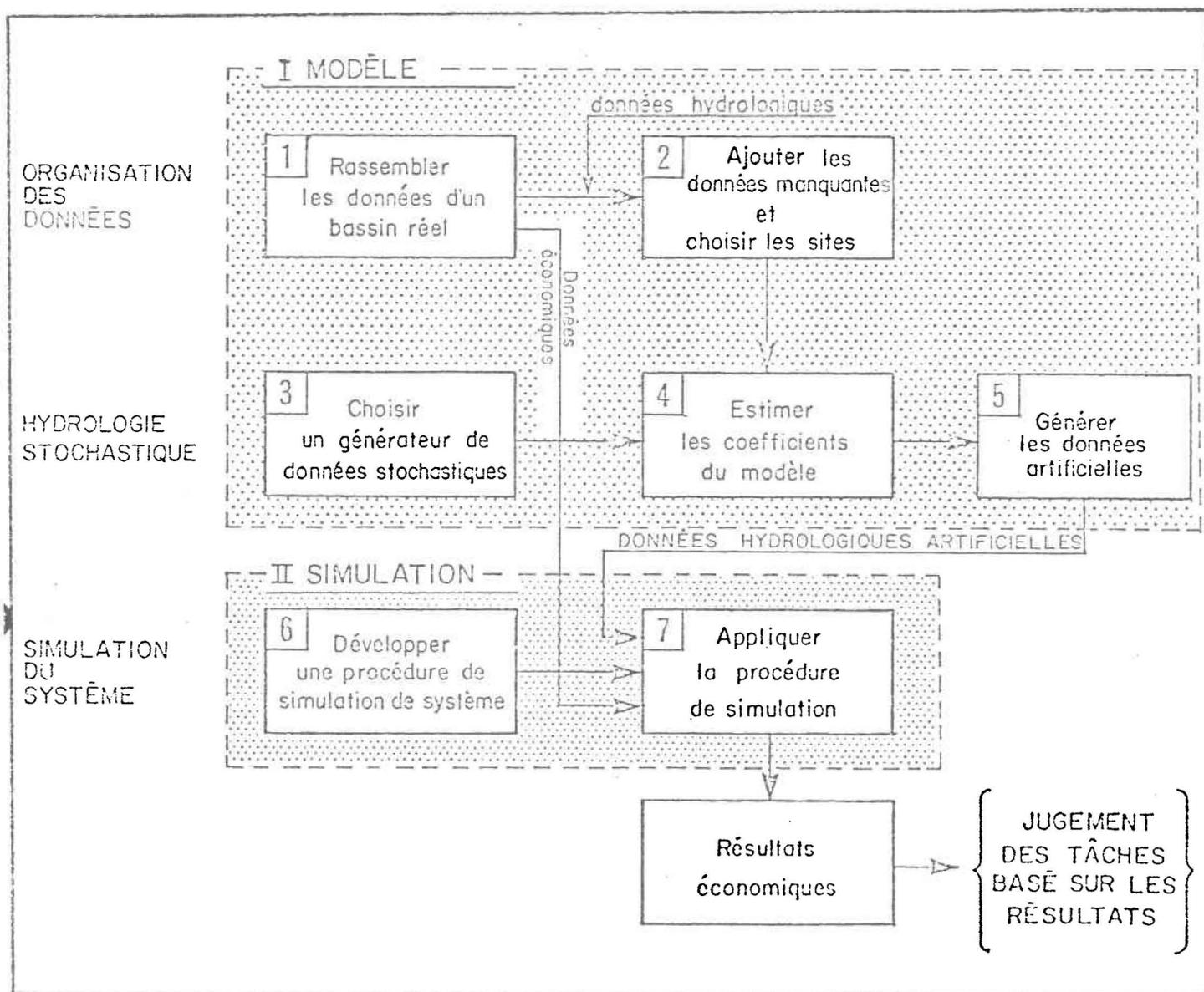


Figure 4 - Modèle de planification ¹⁴

L'organisation des données, impliquant recueil et traitement, peut comprendre des sous-tâches très complexes. Pensons seulement à l'obtention de ces données à elle seule, cette fonction constitue tout un domaine de recherches, la rationalisation du réseau d'observations et de données hydrométriques¹⁵. Ceci inclut le choix de critères tels que précision, degré de sophistication, longueur des enregistrements, etc.

L'hydrologie stochastique, souvent nommée hydrologie synthétique, consiste à générer à partir de données observées des séries de données beaucoup plus longues, mais ayant les mêmes caractéristiques que la série réelle. La génération de débits synthétiques est rendue nécessaire à cause du manque de données historiques, ce qui nous empêche de prévoir avec une précision suffisante le comportement du système.

L'usage conjoint d'hydrologie stochastique et de simulation comme méthode de planification des ressources, est rendu nécessaire à cause de la complexité des systèmes, telle que l'on ne peut saisir toutes les implications physiques et économiques du système au moyen d'un simple modèle déterministe. De là, la génération de débits synthétiques introduits dans un modèle de simulation pour prévoir le plus précisément possible le comportement du système. Les composantes physiques intégrées dans le modèle de simulation dépendent évidemment des objectifs économiques ou autres visés par l'analyste de système, et des besoins du milieu déterminés par les différents utilisateurs. Encore là, toute une série de critères concernant le modèle de génération et la procédure de simulation - par exemple exactitude, degré de similitude statistique - seront développés pour en étudier les effets sur les résultats obtenus.

Cette technique a son origine dans la théorie de la recherche opérationnelle (ou recherche d'une solution optimale); en plus elle implique tout un ensemble de sciences telles que économiques, mathématiques et statistiques, génie et informatique, hydrologie et météorologie. Fiering¹⁶ a tenté de donner une terminologie propre à l'analyse de systèmes hydrologiques. Il désigne la combinaison d'hydrologie synthétique (ou stochastique) et d'analyse hydrologique (ou simulation) sous le nom d'hydrologie opérationnelle.

La planification des ressources hydriques nous forcera donc à considérer un très grand nombre de plans de gestion correspondant aux objectifs, et à choisir parmi ceux-là une solution optimale, ou tout au moins satisfaisante pour chacun des objectifs ou des séries d'objectifs retenus de l'analyse sur le terrain. De plus, les résultats d'une planification, en termes de plans, critères, règles d'opérations, échelle de développement, sont très sensibles aux variations hydrologiques et économiques¹⁷. Des méthodes très raffinées d'analyse seront donc nécessaires.

2.2.3. Les outils mathématiques: optimisation

Un grand éventail de méthodes¹⁸ existent pour chercher de telles solutions optimales. La simulation analogique peut s'avérer indiquée dans certains cas; cette technique, au moyen de différents essais sur une longue durée, reproduit les effets d'un système d'aménagement prévu. Des modèles qui tiennent compte de façon directe des lois de probabilité régissant les phénomènes physiques sont aussi utilisés. Quelquefois, un modèle réduit sera nécessaire pour étudier le comportement d'un bassin. Tous les modèles ont en commun leur but: choisir la meilleure solution parmi plusieurs possibilités. L'expression des contraintes et objectifs réfère généralement à des techniques économiques, surtout l'analyse bénéfices-coûts.

Deux méthodes de recherche opérationnelle sont principalement utilisées: la programmation linéaire et la programmation dynamique. La programmation linéaire est appliquée aux problèmes de décisions quand la fonction des objectifs et les contraintes sont linéaires, cette méthode est appliquée à des problèmes précis. La programmation dynamique ¹⁹ par contre est une méthode plus générale dans le cas de fonction d'objectifs et contraintes linéaires ou non; elle est applicable aux problèmes de décisions variables dans le temps ou séquentiels. Essentiellement, la programmation dynamique sépare un problème d'optimisation en un certain nombre de sous-problèmes - un pour chacun des stages de prise de décision, de telle façon que la solution optimale des sous-problèmes donne la solution optimale complète du problème ^{13, 20, 21}. Des techniques de programmation linéaire, ou d'autres méthodes mathématiques sont utilisées pour obtenir des solutions optimales de ces sous-problèmes.

Dès 1946, Massé ⁷ a formulé le problème d'opérer un système de ressources hydriques d'une façon qui s'apparente beaucoup à la programmation dynamique. Plus tard, Hall (1961) ^{22, 23, 24, 25} et ses collaborateurs ont développé la programmation dynamique et l'ont appliquée aux problèmes de ressources hydriques. Dans la même ligne de pensée, Little (1958) ²⁶ et Buras (1963) ²⁷ ont développé des algorithmes de programmation dynamique stochastique applicables à des problèmes tels que système hydroélectrique simple, système réservoir aquifer. Après, Meier et Beigthler (1967) ont formulé le problème déterministe de façon théorique, en introduisant certains principes pour simplifier les systèmes très complexes tout en conservant l'exactitude mathématique et l'applicabilité.

Plus récemment, Young (1966) ¹⁸ a eu une contribution très originale

en combinant hydrologie opérationnelle et programmation dynamique déterministe pour ainsi obtenir des résultats tenant compte de la nature stochastique des processus hydrologiques. Nous présentons en annexe I une étude complète de la technique de la programmation dynamique, en particulier l'approche de Hall ²⁹ et la méthode de Young ³⁰.

Cette méthode de simplification des solutions est basée sur le principe d'optimalité de Belmann ¹⁹ qui s'applique à tout processus de décision par étapes:

"Une politique optimale est telle que, quels que soient l'état initial ou la décision initiale, les décisions suivantes doivent constituer une politique optimale par rapport à l'état résultant de la première décision."

Deux types de problèmes peuvent être traités à l'aide de telles techniques: des optimisations dans l'espace (par exemple, l'allocation d'une ou de plusieurs ressources à un ou plusieurs usagers dans une ou plusieurs régions) et des optimisations dans le temps (par exemple, stratégies d'exploitation d'un ou de plusieurs aménagements sur des périodes fixes ou variables).

Si on regarde comme exemple le problème de l'optimisation de l'allocation de l'eau d'un réservoir pour plusieurs usages, le principe de la P.D. consistera à ajouter successivement les activités, en répartissant chaque fois la ressource limitée et fractionnable (le volume de la retenue) de façon optimale entre la nouvelle activité et les activités envisagées auparavant. A l'issue du processus, en vertu du principe d'optimalité, l'optimum obtenu est valable pour l'ensemble des activités. On peut trouver une explication complète de la figure 5 en annexe I.

" UNE POLITIQUE OPTIMALE EST TELLE QUE,
 QUELS SOIENT L'ETAT INITIAL ET LA DECI-
 SION INITIALE, LES DECISIONS SUIVANTES
 DOIVENT CONSTITUER UNE POLITIQUE OPTI-
 MALE PAR RAPPORT A L'ETAT RESULTANT DE
 LA PREMIERE DECISION. "

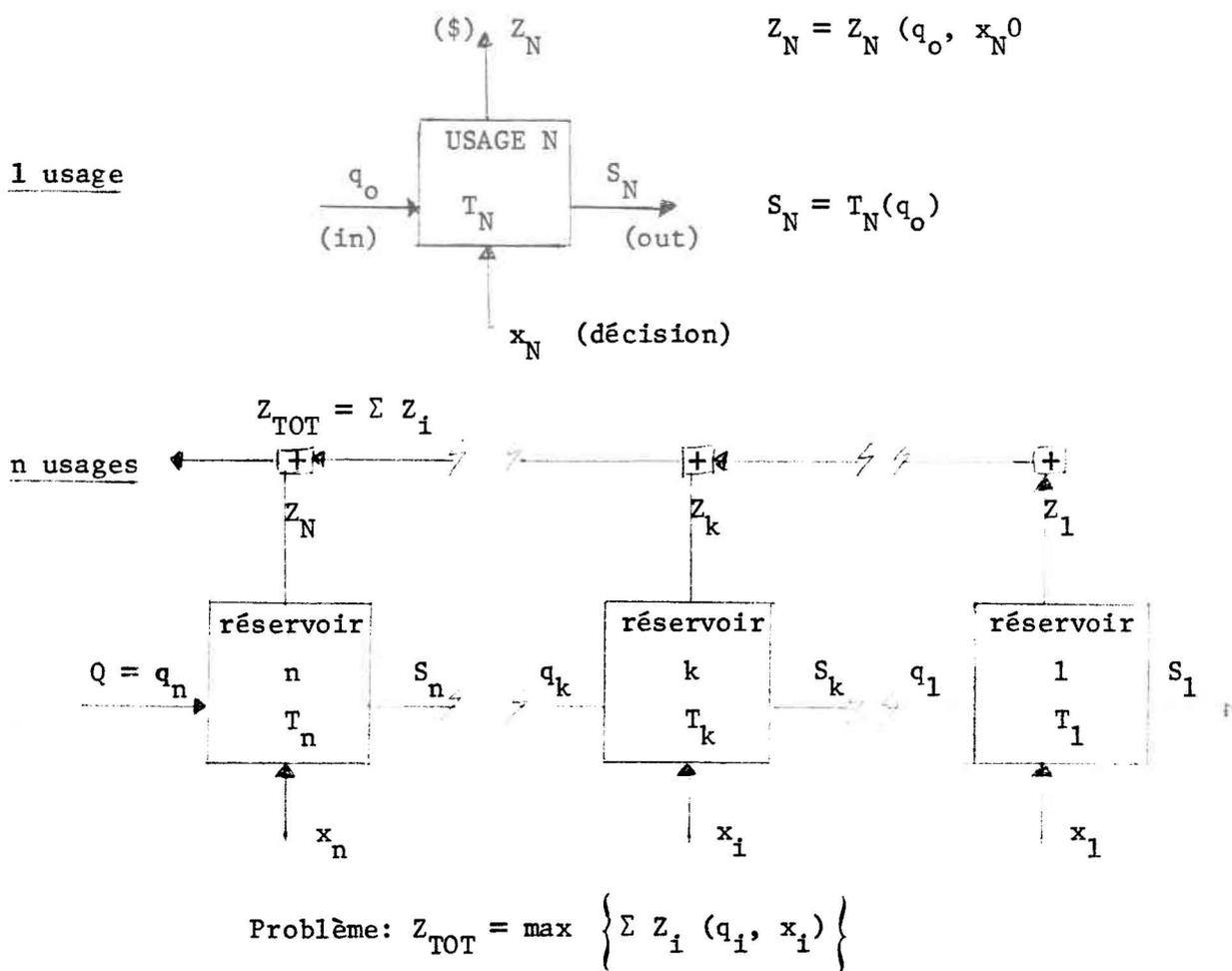


Figure 5 - Schéma du processus de P.D.

2.2.4. Les limites et possibilités

Nous présentons aussi en annexe I une application très sommaire de la théorie de la programmation dynamique au cas du réservoir Kénogami; c'est tout simplement un premier essai pour tester l'applicabilité de la méthode. Des essais supplémentaires et plus complexes seraient indispensables pour connaître toute la portée de la méthode.

Cependant, il ne faut pas négliger les immenses possibilités de cette méthode qui s'adapte à des situations très complexes. Sa structure dynamique lui permet de l'adapter aussi à des situations qui évoluent de période en période. Une telle souplesse la rend très propice à la conception des modèles élargis de la gestion des eaux.

Le modèle présenté en annexe est extrêmement limité par des contraintes techniques; l'approche globale nous permettra d'élargir son utilisation à la simulation des influences sociales et politiques sur le système. C'est pour cette raison que les modèles socio-politiques appartenant à la phase d'implantation sont étudiés dans la prochaine section. La possibilité de faire la simulation combinée du système physique et de la situation politique, associée à la puissance de la programmation dynamique, nous permet d'espérer des importants progrès dans le domaine de la gestion des eaux.

2.3. Phase II: Implantation dans le milieu

Les difficultés rencontrées lors de l'application des projets issus de l'étape planification nous ont poussés à étendre les analyses du système de gestion des eaux à l'implantation dans le milieu des plans conçus par les spécialistes. Cet aspect de la gestion des ressources nous est apparu la partie la plus faible du processus. De là la nécessité de scruter de façon

rigoureuse ces étapes du mécanisme de gestion par les méthodes d'analyse de systèmes.

2.3.f. L'implantation des plans

Nous avons ainsi conçu un système d'implantation de nature à fonctionner en relation avec le modèle normatif d'allocation des ressources exposé en deuxième partie. Cette section du système global cherche à assurer aux citoyens l'accès aux processus de planification et de décision par une séquence d'opérations bien définies. (figure 6).

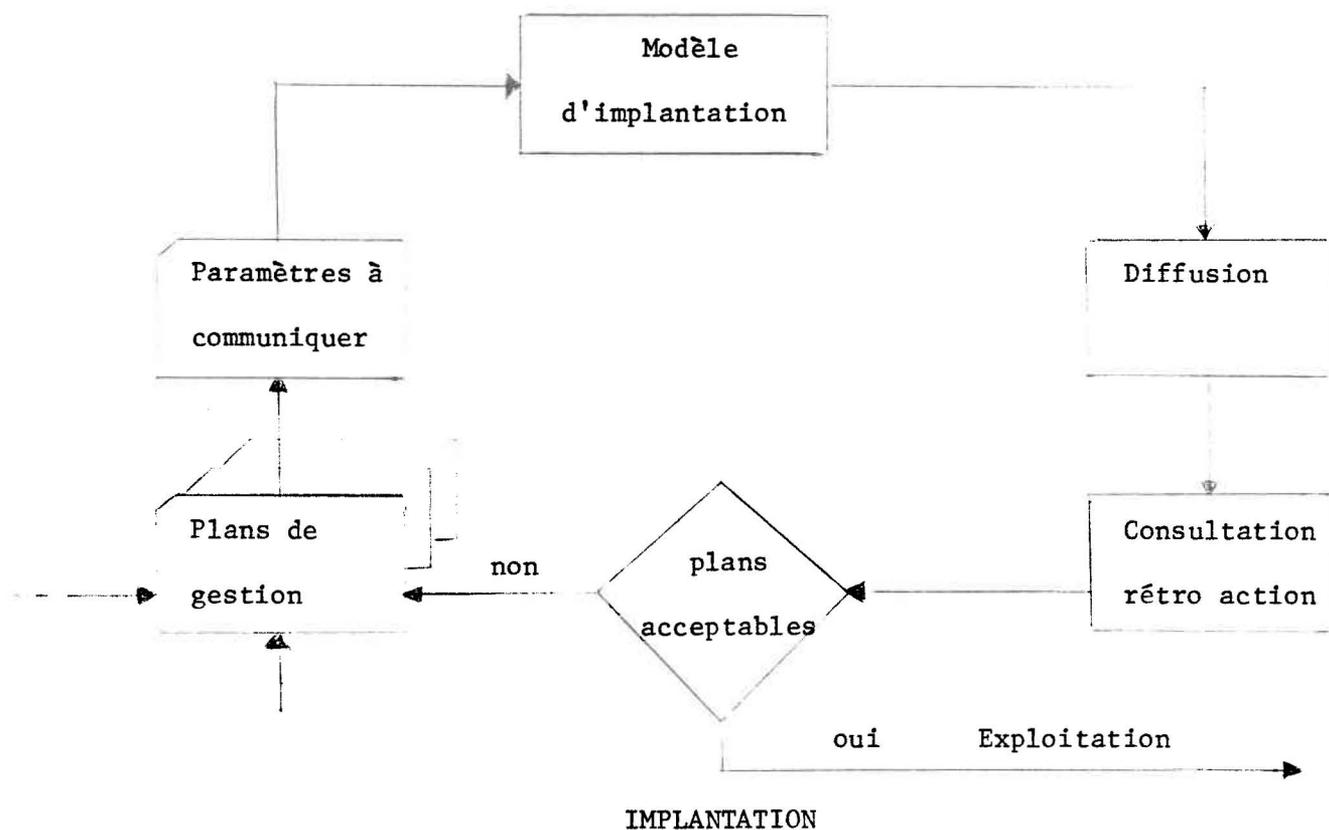


Figure 6 - Implantation dans le milieu

L'objectif d'un tel système est d'établir un réseau de communications fonctionnel entre le planificateur et le public en assurant un flux continu d'informations dans les deux directions. La philosophie fondamentale d'un tel système consiste à développer un processus de communication qui permette aux utilisateurs et dirigeants d'un bassin hydrographique de prendre des décisions éclairées, basées sur une bonne compréhension de toutes les possibilités. Un tel processus aidera les citoyens et les dirigeants à mobiliser plus facilement les ressources nécessaires pour résoudre leurs problèmes.

Encore ici, une explication de chacun des blocs du système s'impose; nous nous arrêterons de façon particulière au modèle de communication, c'est-à-dire ce type particulier de modèle d'implantation qui a surtout retenu notre attention au cours des études.

Paramètres à
communiquer

Un des problèmes rencontrés lors des tentatives d'intégration des citoyens au processus de gestion est la difficulté pour les spécialistes d'expliquer leurs plans aux utilisateurs, et la difficulté pour ces derniers de comprendre les données techniques utilisées par les planificateurs. Il devient donc important de prendre les moyens d'expliquer en termes clairs et accessibles à la majorité les plans techniques conçus à l'étape planification.

Diffusion

Malgré tous les efforts de vulgarisation des études techniques ou d'élaboration de modèles de pénétration dans le milieu, si l'on ne réserve pas à l'opération diffusion dans le milieu les ressources humaines, techniques et financières nécessaires, on diminue sensiblement les chances de réussite de toute l'étape d'implantation, et des opérations subséquentes qui supposent une participation massive des utilisateurs.

Consultation rétroaction

Cette participation attendue du public se situe surtout dans les efforts de consultation sur les plans conçus, sans exclure évidemment la participation à tous les niveaux de la gestion. La rétroaction, c'est-à-dire l'avis de la majorité quant aux plans proposés constitue une des conditions primordiales de la réalisation des projets d'affectation, c'est à la suite de cette consultation à la grandeur du bassin que le gestionnaire saura si les plans présentés sont adéquats et rencontrent l'opinion favorable de la majorité. Si l'avis est défavorable, il serait déconseillé au gestionnaire de tenter d'implanter dans le milieu les changements escomptés. Des conflits importants s'ensuivraient. A lui alors de modifier, soit les plans de gestion proposée, ou de réévaluer sa perception des objectifs visés par l'aménagement.

En somme, il s'agit de garder le public dans le jeu, du début à la fin et de prendre des moyens efficaces ³¹ pour arriver à développer avec les citoyens des plans adéquats. Pour rencontrer de tels objectifs, une grande variété de structures pourraient s'ajuster. Ce sont alors les séquences d'opération ³² qui diffèrent quant à la forme, le contenu et les objectifs globaux restent toujours très rapprochés. Le système choisi à cause de sa simplicité fonctionne de la façon suivante:

1. Les aspects techniques des plans élaborés sont exprimés en termes accessibles aux non spécialistes;
2. Ils sont lancés dans le public d'une façon déterminée à l'avance;
3. Les citoyens ou leurs représentants désignés comme participants au processus de prise de décision évaluent les plans alternatifs proposés

- pour l'aménagement visé;
4. En réponse à ces jugements, de nouvelles possibilités de plans sont élaborées, si nécessaire;
 5. On retourne ces plans aux participants en reprenant les étapes 3 et 4 jusqu'au moment où le projet convenable est choisi;
 6. Une recommandation finale de projet est faite par le groupe de décisions: citoyens, agences gouvernementales, groupements intéressés, ingénieurs et planificateurs.

On voit mal l'attribution de la prise de décision finale à un organisme monolithique; une commission équilibrée ou impartiale est plus indiquée³³. Ses avantages sont nombreux; la plus grande partie des intérêts sociaux sont représentés, les possibilités de projets sont développés en réponse aux besoins exprimés et aux désirs des participants. Le processus de prise de décision est ainsi structuré de telle façon que les désagréments sont réduits et que la compréhension est améliorée, augmentant la certitude d'acceptation générale du projet.

2.3.2. Le modèle d'implantation: un modèle socio-politique

Il va sans dire que la constitution des organismes de décision et l'élaboration des mécanismes de choix nécessitent une attention spéciale et une bonne connaissance du milieu. C'est dans cette optique qu'un modèle d'implantation sera conçu pour parer et s'ajuster aux conflits possibles et pour optimiser les chances de succès.

Un modèle d'implantation est classé par les analystes de systèmes dans la catégorie des modèles socio-politiques, sociaux ou institutionnels⁹. La théorie de base de ces modèles s'attache au rôle des conflits, qui font

partie intégrante du processus politique ³⁴. Le problème des modèles sociaux réside dans l'ignorance des processus exacts ³⁵; les paramètres et les variables, incluant les variables sociales, politiques et économiques, ne sont pas "sous contrôle" (d'un point de vue d'ingénieur) autant que les aspects techniques. Ceci explique la tendance au choix de modèles descriptifs ³⁶, plutôt que normatifs, pour cet aspect de la gestion des ressources.

Ces modèles ¹⁰ représentent par des schémas logiques les processus d'interaction politique; ils cherchent à démontrer les relations institutionnelles observées pendant l'étude dans le milieu. La classification et l'analyse des événements imprévisibles et des tendances observables permettent à un analyste perspicace d'identifier les relations causales et circonstanciées dans le déroulement des transactions politiques. Ces modèles ont souvent la forme de sociogrammes politiques qui identifient les transactions d'échange entre les diverses organisations et les conflits possibles susceptibles d'en résulter.

L'analyse des conflits ⁹ joue un rôle important dans la conception des modèles socio-politiques. Ces modèles sont utilisés pour analyser systématiquement les causes des conflits en relation avec les ressources en eau, pour évaluer l'impact des pressions extérieures (économiques et politiques) sur ces controverses, et pour prévoir, dans une certaine mesure, les comportements des groupes de citoyens et des agences gouvernementales. L'explication des conflits et des prédictions quant à leur déroulement permettent d'évaluer l'impact sur le milieu de certaines possibilités de décisions issues du planificateur.

Dans ce contexte, l'analyse de systèmes peut nous aider à tracer le

spectre complet des intérêts impliqués par les différents projets, à identifier les conséquences des différents modes d'action, à reconnaître les bénéficiaires et les défavorisés des différents projets, et à estimer leurs besoins. Les simulations réalisées dans le cadre de tels modèles politiques nous permettent de faire certaines prédictions sur les chances d'acceptation et sur l'incidence politique de la solution choisie pour régler les problèmes identifiés.

Il est maintenant clair que ces modèles politiques ne décrivent pas des processus physiques qui répondent à des lois naturelles exactes, mais plutôt des processus qui relèvent du comportement humain et sont donc soumis aux manifestations imprévisibles du libre arbitre. De tels comportements seraient en grande partie masqués si l'on présentait les résultats des recherches sous forme statistique³⁷; on ne doit donc pas s'attendre à ce que les modèles produisent des résultats déterministes. Les informations issues des simulations politiques seront plutôt sous forme de tendances du système, présentant un caractère d'incertitude.

2.3.3. Procédures de construction des modèles de l'implantation

Nous établissons maintenant une procédure de développement des modèles d'implantation, en modèles socio-politiques de gestion des ressources. C'est un exemple type de procédure, différente en certains points de celle utilisée pour notre étude du cas Kénogami, comme on peut en retrouver dans les études de conflits générés par la gestion des ressources en eau³⁸.

2.3.3.1. Analyse de la situation sociale

Il s'agit ici de caractériser la "sociosphère" dans laquelle évoluent les planificateurs; des observations sur le terrain du système sont faites selon des méthodes sociologiques acceptées, inspection de la documentation,

interviews avec les gens intéressés, enquêtes sur les points de vue et les attitudes, ou toute autre source d'information. Les observations sont ensuite structurées au moyen de diagrammes ou sociogrammes qui permettent d'identifier les leaders, les organisateurs, les gens importants... D'autres informations sur les faits et lieux sont tout aussi nécessaires, qu'elles soient géographiques, techniques, démographiques ou autres, pour arriver à créer une image globale de chaque situation.

Par un travail d'observateur sur le terrain, on peut commencer à percevoir certains schèmes de comportement de nature à générer subséquentement des conflits. C'est ainsi à cette étape d'analyse que l'on identifie et classe les différents aspects de l'utilisation de l'eau et des mesures de contrôles qui pourraient être la source de conflits. Il est donc important d'analyser ces situations de conflits et d'établir le diagnostic des symptômes qui nous permettront de prévoir leur occurrence.

2.3.3.2. Moyens alternatifs de simulation

On réalise ensuite des descriptions détaillées de la nature du processus qui se déroule dans le système observé. On peut construire des exemples de conflits pour isoler les phénomènes importants ou les variables significatives, pour identifier des relations de cause à effet et pour visualiser l'évolution du système dans le temps. On tente par exemple d'établir des diagrammes logiques des caractéristiques générales et du fonctionnement de différents groupes sociaux, des relations qui les associent et des influences mutuelles qui s'exercent, en relation avec la gestion de l'eau.

On se sert ensuite de ces descriptions pour postuler ou identifier certaines variables qui nous permettent de quantifier sous forme de fonctions les relations dans le système. Des notions aussi variées que la répartition

du pouvoir, la redistribution démographique, la représentativité, le pourcentage de votes contrôlés, l'échelle de préférence, peuvent être quantifiées et constituer des indicateurs précieux de l'évolution du contexte socio-politique. Celles-ci sont utilisées pour la construction des modèles de simulation sur ordinateur ³⁹. Les concepts de coûts et bénéfices sociaux, leur valeur relative quant au contexte économique, leur importance comme indicateurs des priorités sociales sont aussi à développer dans cette étape du travail ³⁸.

A ce point, l'analyste du système a en main deux modèles du système observé. Les premiers sont des descriptions qualitatives de la réalité qui révèlent les habitudes individuelles, les subtilités non quantifiables et les événements imprévisibles. Les autres sont des modèles quantifiés tenant compte de certains aspects répondant à des critères d'abstraction mathématique.

Il restera donc à évaluer ces deux types de modèles en combinaison et à les ajuster l'un à l'autre de façon que l'ensemble soit utilisable. Des composantes nouvelles peuvent être ajoutées à mesure que le système évolue. Il s'agit alors pour le concepteur du modèle de situer les aspects du modèle qui sont significatifs des changements de structure du système. Avec cette approche, le chercheur tout autant que le planificateur ou l'utilisateur concerné, peut avoir une influence sur la construction du modèle et peut s'en servir comme outil de planification. La discussion conjointe - planificateurs-utilisateurs - des suppositions du modèle permettra, soit d'ajuster le modèle, soit de modifier le système pour arriver à une solution appropriée. Un exemple concret de cette procédure apparaît dans l'étude du cas Kénogami.

2.3.3.3. Qualités des modèles

Les modèles socio-politiques répondent à certaines conditions d'utili-

sateurs et doivent présenter certaines caractéristiques pour être utilisables.

Tout d'abord, ils doivent être utilisés en combinaison avec un processus de planification pratique; ils sont de peu d'utilité par eux-mêmes. On doit aussi avoir certains critères d'évaluation quant à leur pertinence et à leur efficacité: la mesure de la réponse des citoyens et des changements d'attitudes individuelles peuvent constituer des normes quantifiables d'évaluation. Mais surtout, les modèles de recherches doivent contenir des qualités de souplesse et de flexibilité qui leur permettent de s'adapter à l'évolution des systèmes et au contexte socio-politique en perpétuel changement⁴⁰. Aucun modèle simple ne décrit tous les problèmes concernant la politique de l'eau. Plusieurs modèles différents peuvent être utilisés en différentes combinaisons, pour préserver ces qualités de versatilité. Ils continueront d'être utiles seulement si leurs utilisateurs, planificateurs ou autres, sont capables de les modifier à mesure que l'information devient disponible. Les modèles statiques deviennent rapidement désuets.

Enfin, il faut se rappeler que ces modèles cherchent à refléter le plus fidèlement possible la réalité; des conditions économiques et politiques changeantes constituent le cadre de travail de l'analyste. C'est pourquoi l'approche analytique insiste surtout sur les caractéristiques opérationnelles des modèles que sur ses qualités de rigueur et de précision scientifique. Ceci permet à l'analyste toute la latitude de recherche et justifie tous les écarts par rapport à la méthodologie de travail.

2.3.4. Un modèle restreint: le modèle de communication

Le modèle d'implantation choisi dans le cadre de notre projet est un cas particulier: un modèle de communication simple. C'est un modèle d'im-

plantation restreint dans le sens de la pénétration du milieu. L'objectif d'un tel modèle est de concevoir les moyens efficaces d'informer les gens sur les décisions prises par les planificateurs, sans aller jusqu'au stade de la participation directe des citoyens aux mécanismes de prise de décision. Toutefois, un modèle de communication est quand même utile pour obtenir un meilleur appui des citoyens lors de l'implantation des aménagements prévus à l'étape de planification.

On cherche alors à optimiser la communication planificateur-utilisateur par des stratégies d'information adéquates. L'analyse de la situation, expliquée précédemment, fournit la liste des interlocuteurs sérieux et représentatifs, ainsi qu'une somme d'informations techniques, interprétées en termes utiles pour le programme d'implantation. Dans le cas d'un modèle simple de communication, il reste à coordonner les moyens de communications utilisés pour atteindre les objectifs. A ce stade-ci, une grande variété de stratégies d'information est possible pour s'adapter aux conditions locales ⁴¹; une telle stratégie a été développée pour notre projet à la suite d'expériences sur le terrain:

- transmettre des informations scientifiques et techniques exposant les faits, solutions alternatives, conséquences, etc...
- rejoindre le plus de gens possibles en un temps minimum et avec une efficacité maximale, en favorisant la communication horizontale, en organisant des interactions entre individus et groupes concernés;
- rendre cette information attrayante et facilement accessible de façon à la diffuser par tous les moyens possibles.

Les moyens de communication choisis s'adaptent à l'auditoire visé. Le message est transmis à quatre niveaux de pénétration de l'auditeur. Cha-

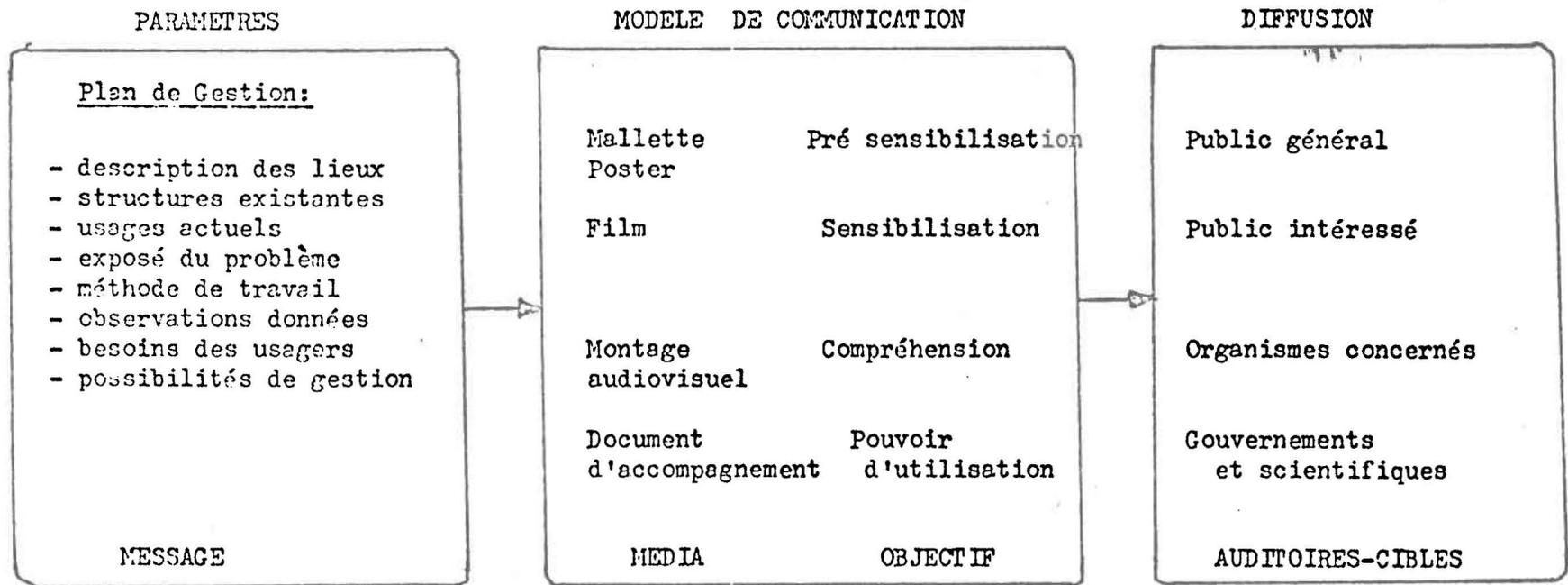


Figure 7 - Stratégie d'information

cun peut trouver à l'intérieur du modèle une description du problème correspondant à son intérêt propre. Pour compléter, on propose comme moyens de diffusion, des unités éducationnelles multi-média, à usage souple et varié, soit pour consultation par des groupes ou individus, soit aussi pour utilisation lors de périodes de sensibilisation ou d'animation. De telles unités incluent le plus souvent des mécanismes de rétroaction et d'évaluation continue pour tester l'efficacité de la stratégie d'information par rapport aux auditoires-cibles.

Dans le cadre de notre projet, un ensemble multi-media a été rassemblé et est contenu dans une "mallette d'information" à usage varié. Le contenu de la mallette est présenté en annexe II, ainsi qu'un extrait de la brochure contenue dans cette mallette d'information.

2.3.4.1. Les techniques de participation

La présentation de ce modèle de communication nous oblige à rappeler brièvement certaines techniques de participation qui font partie intégrante du système de gestion des eaux. Dans notre cas, le modèle d'implantation choisi, un modèle de communication simple, est associé au degré le plus simplifié de participation des citoyens: on les informe du problème étudié et des plans d'aménagements choisis pour tout au plus obtenir l'avis des citoyens officiels (édiles municipaux, CRD, groupements sociaux, corps intermédiaires) sur ces questions.

Cependant, dans d'autres cas ⁴², on visera une participation accrue des citoyens, que ce soit au niveau de la consultation tout au long du processus de gestion, que ce soit sous forme de planification conjointe (spécialistes-utilisateurs), et même par le biais de la délégation d'autorité. Il

s'agira alors de choisir des modèles d'implantation plus élaborés, adaptés à la technique de participation choisie, modèles qui permettront la pénétration du milieu nécessaire. Souvent le choix de la technique de participation pourra se faire par une négociation entre les utilisateurs et les planificateurs. Evidemment, alors un mécanisme très souple est nécessaire pour lancer le projet dans la bonne voie, et éviter de lui enlever toute chance de réussite, avant même son début.

Partie 3 - LE RESERVOIR DE KENOGAMI: ETUDE DE CAS

Réaliser une analyse complète du système de gestion des eaux du bassin du lac Kénogami constitue un projet d'envergure qui devra regrouper des scientifiques de toutes disciplines, des administrateurs et des techniciens gouvernementaux, des législateurs et des représentants de tous les utilisateurs. Ce n'est donc pas notre intention de faire cette analyse du bassin, mais seulement de donner quelques exemples restreints de la façon dont on peut réaliser une telle analyse et des résultats qu'on peut en tirer.

Ces exemples ne sont toutefois pas inutiles puisque l'approche systématique permet l'analyse individuelle des différentes composantes, et consiste ensuite à les relier les unes aux autres ou à les introduire subséquemment dans un modèle global. Nous essayerons, dans cette partie, de donner les résultats d'analyses, -trop sommaires malheureusement-, de certaines composantes du système global de gestion des eaux du réservoir Kénogami.

L'explication donnée dans la partie précédente ainsi que les applications présentées en annexes constituent un exemple pratiquement complet de la méthode analytique. Le modèle de planification, incluant les analyses bénéfiques-coûts du ministère des Richesses Naturelles ^{5.6} et le modèle de simulation de Guy Morin ⁴⁴, combiné au modèle de communication utilisé pour les expériences dans le bassin, s'inspirent des méthodes de l'analyse de systèmes. Les extraits de la brochure reproduits en annexe II donnent une image globale de la situation, image qui a été fabriquée dans l'esprit même des modèles socio-politiques.

Néanmoins, il nous a paru nécessaire de chercher des techniques raffinées pour réussir à dépeindre une image plus conforme à la situation réelle. Les techniques de programmation dynamique expliquées en annexe I et le plan de travail qui a guidé les analyses de cette section permettent probablement de mieux représenter la réalité physique, géographique, technique, économique, sociale et politique de la région pour étude.

Différentes analyses de la situation avaient été faites préalablement et tendaient à présenter tous les aspects du problème, sans évidemment l'exprimer dans les termes de l'approche systématique. Chronologiquement, nous faisons référence tout d'abord à la brochure, dont les extraits utiles sont donnés en annexe II; aussi, une étude interne du ministère des Richesses Naturelles ⁵, due à un économiste du service de planification, a été publiée en juillet 1972. Ces deux analyses constituent des bonnes sources de données pour l'approche systématique globale, du fait qu'elles s'étendent partiellement à l'étude de la situation sociale, politique et économique de la région du Saguenay.

Nous reproduisons sous une forme différente et compatible avec l'approche analytique certaines des informations présentées dans ces deux exposés de la situation. Evidemment, nous n'arriverons pas à présenter l'image complète de la situation, par un modèle global assez développé pour inclure la plupart des facteurs en jeu. Cependant, la démarche à faire pour aboutir à une représentation détaillée est la même, mais d'une façon plus approfondie. Cette application sommaire est malgré tout nécessaire pour assurer une bonne compréhension de l'exposé théorique du début.

Dans cette partie, nous nous attachons surtout aux données utiles pour le modèle socio-politique. Les aspects techniques et économiques peuvent sembler négligés; toutefois, il faut garder à l'esprit l'application technique présentée en annexe ainsi que toutes les études réalisées par le ministère des Richesses Naturelles ^{4.5.6}. Ces études, combinées avec le modèle hydrologique de Morin ⁴⁴, ont tenu compte amplement des aspects techniques et quantifiables en choisissant la méthode d'analyse bénéfices-coûts comme méthode d'approche du problème. Cette analyse est une composante indispensable à introduire dans le système ou le modèle global.

3.1. Présentation du problème

Une présentation détaillée de la situation est donnée dans la "maquette d'information". Les extraits reproduits en annexe présentent la région, les besoins en eau, les usages actuels de réservoirs et les disponibilités en eau. La lecture de cette brochure, complétée si possible par celle des deux études les plus récentes du ministère des Richesses Naturelles^{5.6}, constitue un premier contact avec le problème, très utile pour saisir l'origine des explications qui suivront.

De façon très succincte, le lac Kénogami est un lac de douze milles de long qui s'alimente en majeure partie dans le Parc National des Laurentides (Fig. 8). D'une capacité de 13,750 millions de pieds cubes (ministère des Richesses Naturelles), il se déverse dans le Saguenay par deux décharges, les rivières Chicoutimi et aux Sables (Fig. 9). Sur une dénivellation totale de 467 pieds, un total de 436 pieds de chute est utilisé par quatre centrales hydroélectriques sur la rivière Chicoutimi, et 397 pieds sont harnachés par trois centrales sur la rivière aux Sables.

Trois municipalités s'alimentent à même le réservoir et celui-ci sert de site de villégiature à la population locale. Le problème qui se pose actuellement au ministère des Richesses Naturelles, chargé de l'exploitation du barrage, est celui de faire un partage équitable du volume d'eau disponible entre les différents usagers, ou de concevoir de nouveaux aménagements pour répondre aux besoins apparus ces dernières années.

3.2. Analyse du problème: environnement social et politique

3.2.1. Représentation schématique

Une représentation cartographique de réservoir et de la région est donnée en figure 9. Pour mieux visualiser la situation, nous présentons

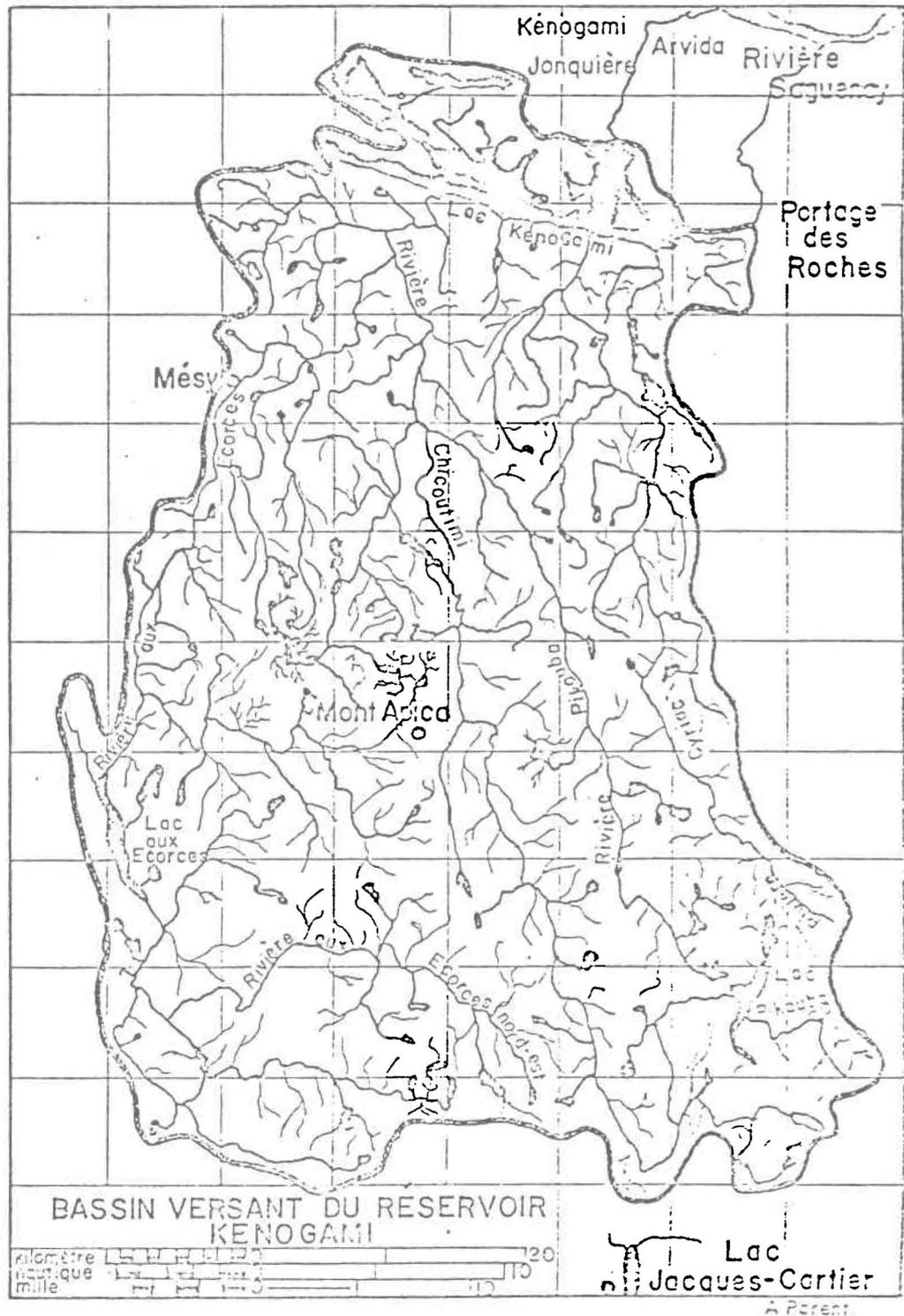


Figure 8 - Bassin versant du réservoir Kénogami

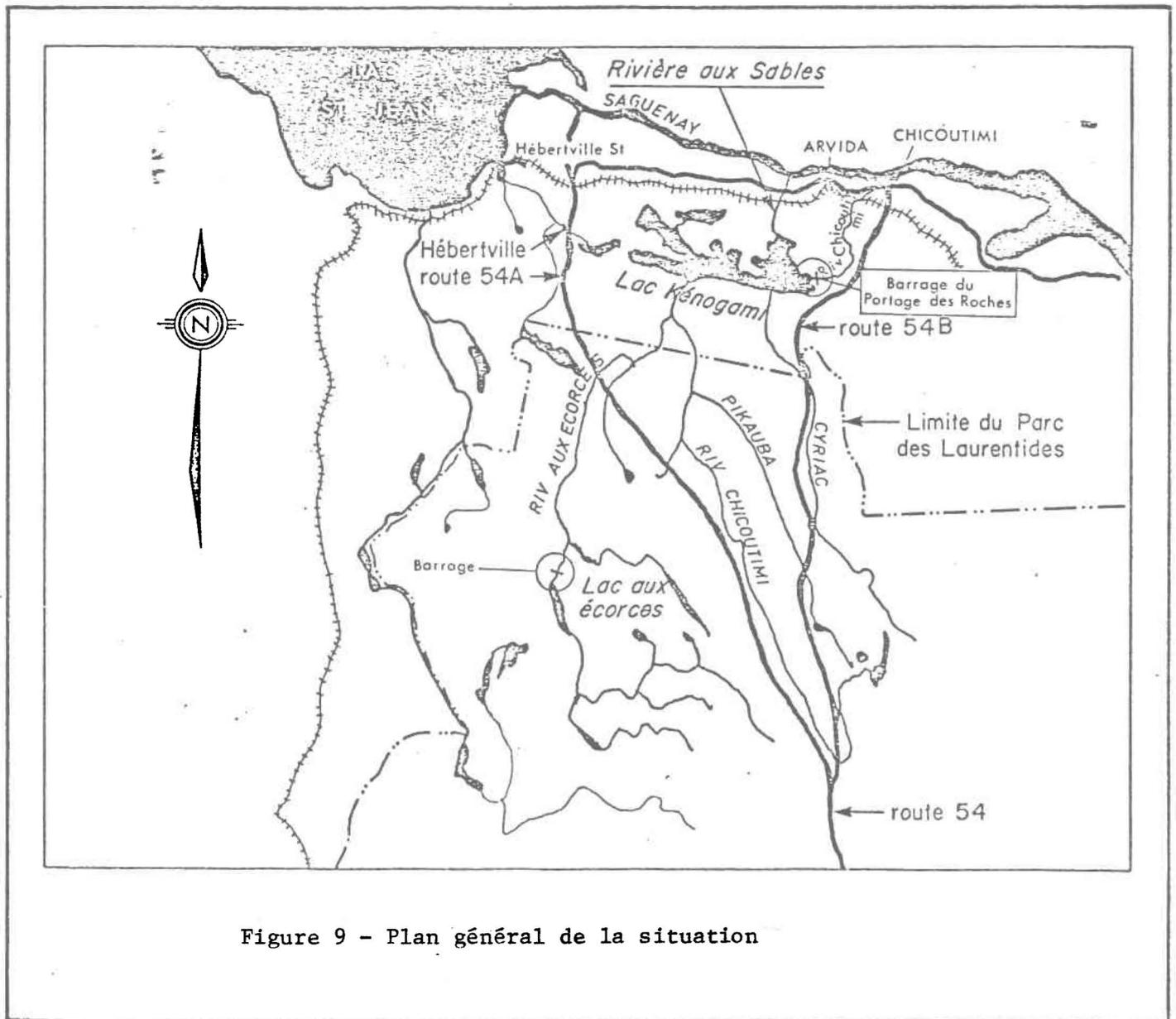


Figure 9 - Plan général de la situation

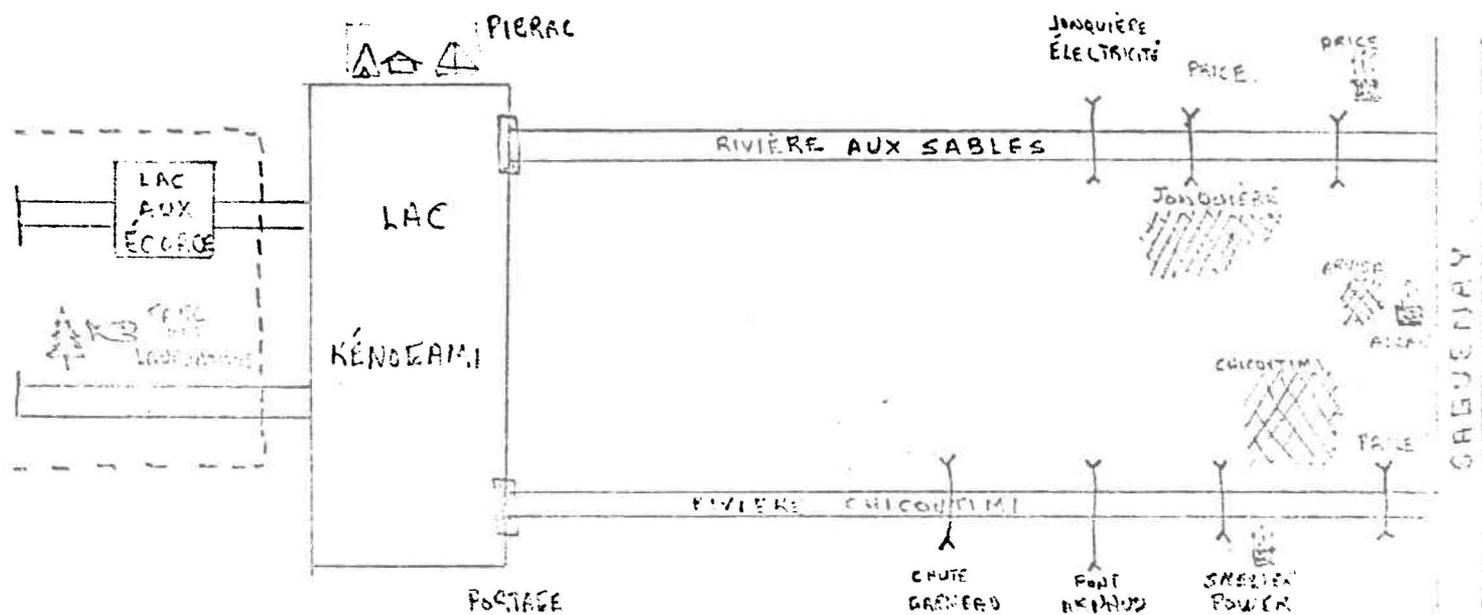
en figure 10 une image schématisée du réservoir et de ses usages. Les sites importants pour l'étude du problème sont classifiés, associés à l'usage et à l'exploitant, et sont identifiés par un code facile à réutiliser dans un modèle quantitatif: (A) Rivière Chicoutimi et (B) rivière aux Sables.

3.2.1.1. Usages et usagers

Deux tableaux ont été rassemblés qui présentent schématiquement les utilisateurs et certaines caractéristiques propres à chacun. On y retrouve la production ou la consommation dans chacun des cas, et le nombre de personnes représentées quand cela a été possible (Tableaux 1 et 2).

Ces tableaux nous permettent d'établir des listes des groupes d'intérêts concernés par le problème du réservoir Kénogami. Nous séparerons les groupes d'intérêts en deux sections: tout d'abord ceux ayant une participation directe dans la gestion de l'eau du réservoir, et ensuite ceux ayant une relation indirecte avec la gestion du réservoir. Les premiers (Tableau 3) sont ceux qui ont "pignon sur rue" sur le réservoir ou sur les effluents; leurs noms apparaissent sur le schéma stylisé de la rivière ou sur les tableaux 1 et 2. Les autres sont identifiés surtout par l'intérêt qu'ils portent à l'activité générée par la gestion de l'eau dans la région.

USP :	EXPLOIT	LOISIRS VILLEGIATURE	EXPLOITATION	PRODUCT ELECTRIK	IND ELET.	ALIMENT URBAN	IND ELECT.
PROPRIO:	MRN REGULATION	ASSOCIAT DE CHALET	MRN REGUL	VILLE, JONQUIER	PRICE	VILLE JONQUIER	PRICE
MILLE:	- 55 (E)	0	0				
SITE :	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7



SITE :	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
MILLE:	-10	0					
PROPRIO:	MRN	MRN REGUL	HQ	HQ	URBAN CONSUME	VILLE CONSUME	INDU ELECTR
USAGE:	EXPLOIT ELECTRIK	EXPLOIT	PRODUCTION ELECTRIK	PRODUCTION ELECTRIK	PRODUCTION ELECTRIK	ALIMENTAIRE URBAIN	INDU ELECTR

Figure 10 - Schéma analytique du système Kénogami

SITE NO.	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7
NOM	Parc des Laurentides	Barrage Portage des Roches	Chute Garneau	Pont Arnaud	Smelter Power	Filtration de Chicoutimi	Barrage Price
MILLES DU LAC	-	0	+				
PROPRIO	MTCP Québec	MRN Québec	HYDRO QUEBEC	HYDRO QUEBEC	UNION CARBIDE	VILLE DE CHICOUTIMI	PRICE BROS.
USAGE	Loisirs Chasse Pêche	Régulation Exploitation	Production Electricité	Production Electricité	Production Electricité	Alimentation Urbaine	Production Electricité
PRODUCTION EN HP OU MGJ	1000 à 1500 Chalets	62,950 Hp (théorique)	3,450 Hp	7,500 Hp	42,000 Hp	4.5 MGJ	10,000 Hp
REPRESENTA- TION NOMBRE PERSONNES *	Population du Québec	-	Les abonnés Population régionale	-	Environ 185 travailleurs	37,000 utilisateurs	-

TABLEAU 1. Usagers A: Rivière Chicoutimi

* Toutes les données recueillies pour construire les tableaux ont été trouvées ou estimées (E) à partir d'informations recueillies au cours des enquêtes ou dans les publications données en références 45 à

SITE NO.	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7
NOM	Lac aux Ecorces	Chalets Camping	Barrages Pibrac	Jonquière Electricité	Jonquière Pulp	Filtration de Jonquière	Barrage Moulin Kénogami
MILLES DU LAC	-	0	0				
PROPRIO	MRN	Association de chalets	MRN	Ville de Jonquière	Price Bros.	Ville de Jonquière	Price Bros.
USAGE	Régulation	Loisirs Villégiature	Régulation Exploitation	Production Electricité	Production Electricité	Alimentation Urbaine	Production Electricité
PRODUCTION EN HP OU MGJ			36,830 Hp	5,830 Hp	4,500 Hp	3.5 MGJ	26,200 Hp
REPRESENTATION NOMBRE PERSONNES	-	Population régionale	-	32,500 abonnés	-	36,000 utilisateurs	Environ 3,500 travailleurs

TABLEAU 2. Usagers B: Rivière aux Sables

TABLEAU 3: Groupes d'intérêts

I - Groupes d'intérêts impliqués directement		
A Industries	1 Price	3,550 employés (E)
	2 Union Carbide	185 employés (E)
B Municipalités	1 Chicoutimi	37,000 habitants
	2 Jonquière Kénogami	36,000 habitants
C Ministères (gouvernementaux)	1 Richesses Naturelles	Exploitation
	2 Tourisme, Chasse Pêche	Parcs
D Organismes (paragouvernementaux)	2 Hydro-Québec	125,000 abonnés (E)
	2 Jonquière Electricité	30,000 abonnés (E)
E Associations	1 Propriétaires chalets	1000 familles
II - Groupes d'intérêts impliqués indirectement		
A Industries	1 Alcan	10,000 employés (E)
B Municipalités	1 Arvida	18,000 habitants
C Corps intermédiaires	1 Ch. de Com. Jonquière	- membres
	2 Ch. de Com. Chicoutimi	- membres
	3 Ch. de Com. Arvida	- membres
	4 CRD (Cons. Rég. Dév.)	
	5 Conf. maires Saguenay	
D Groupes de pression	1 MDIP (Mouv. prot. Intégrité Parcs)	
	2 SNQ (Soc. Nat. Québ)	

3.2.2. Sociogrammes politiques

Certains paramètres peuvent être déterminés pour caractériser davantage la position des groupes et leur rôle dans l'évolution du problème. La connaissance des préférences des groupes déterminant leur position initiale face à un choix avant les tentatives d'implantation du projet, la mesure du pouvoir politique de chacun des groupes impliqués et la visualisation sous forme de modèles des relations entre les groupes sont des éléments très utiles pour la compréhension de la situation.

Les deux premiers paramètres peuvent être réunis en un seul tableau (Tableau 4). La quantification de ces éléments est très difficile; la signification des nombres choisis dépendra des méthodes d'évaluation. La mesure des préférences et le pouvoir relatif des groupes peuvent se déterminer par des méthodes sociologiques acceptées, enquêtes, sondages, etc. D'énormes ressources sont nécessaires dans ce cas pour avoir un tableau de la situation telle qu'elle se présente à un moment donné. Pour nous, la portée du projet ne nous a pas permis de telles études; nous faisons quand même un premier essai de quantification, basée sur une perception partielle de la réalité et sur une répartition théorique du pouvoir. Une représentation plus réaliste nécessiterait des recherches supplémentaires et spécialisées. Les concepts définis restent cependant les mêmes.

Le tableau 4 est particulièrement intéressant du point de vue des indications à l'usage du planificateur. Nous avons choisi comme mode de répartition: "Un site, un vote"; il est probable qu'une répartition basée sur la production ou tout autre critère aurait donné des indications contraires. Si, par exemple, on établit la répartition du pouvoir par

Groupe d'intérêt		pouvoir relatif			préférence marquée**	positions initiales***
		# votes*	%	%/section		
Directs	I.A.1	3	17		énergie	
	I.A.2	1	5.5		énergie	
	I.B.1	1	5.5		loisirs	
	I.B.2	1	5.5		loisirs	
	I.C.1	3	17		énergie	
	I.C.2	1	5.5		loisirs	
	I.D.1	2	11		énergie	
	I.D.2	1	5.5		énergie	56% En
	I.E.1	1	5.5	78%	loisirs	22% Lo
Indirects	II.A.1	1	5.5		énergie	
	II.B.1	1	5.5		énergie	
	II.C.1	1/5	1		loisirs	
	II.C.2	1/5	1		loisirs	
	II.C.3	1/5	1		loisirs	
	II.C.4	1/5	1		loisirs	
	II.C.5	1/5	1		loisirs	
	II.D.1	1/2	3		loisirs	11% En
	II.D.2	1/2	3	22%	loisirs	11% Lo
		TOTAL 18	100%			Energie 67% Loisirs 33%
<p>* le nombre de votes est réparti théoriquement de la façon suivante:</p> <p>section I 1 vote par site appartenant au groupe section II 1 vote par catégorie</p> <p>** ces préférences proviennent de positions exprimées lors d'interviews (choix entre deux possibilités seulement)</p> <p>*** c'est une position théorique basée sur une répartition hypothétique du pouvoir</p>						

TABLEAU 4 - Répartition du pouvoir et positions

une distribution au prorata des personnes (utilisateurs) représentées par chacun des groupes, on arrive à des résultats différents. D'autres résultats apparaissent si on prend comme indicateur de répartition du pouvoir le pourcentage de votes contrôlés dans les organismes de décision par les représentants des différents groupes. Ces différentes méthodes fournissent des scénarios possibles quant à l'issue de l'implantation du projet. Ainsi, le planificateur avance moins à l'aveuglette que traditionnellement.

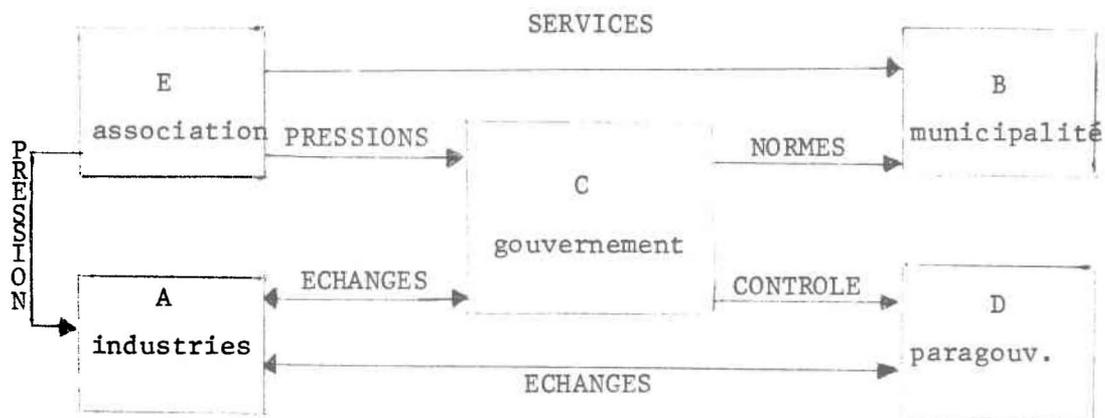
Le planificateur doit aussi connaître les communications entre les groupes pour prévoir les réactions diverses, les influences mutuelles et les coalitions possibles pour appuyer ou s'opposer au projet. La figure 11 A souligne les relations entre les groupes telles que perçues par les observateurs ayant fait des interviews et enquêtes sur le terrain. Les textes enregistrés de l'audio-visuel et la brochure explicitent davantage ces interactions, qui sont caractérisées par un seul mot pour les besoins du modèle.

Pour expliciter davantage, référons à des cas précis. L'Hydro-Québec (paragouvernemental) dans la région est contrôlé par le gouvernement; l'utilisation qu'il fait de l'eau du réservoir est basée sur des ententes "à l'amiable" avec les industries. Celles-ci, comme d'ailleurs le gouvernement, subissent les pressions des chambres de commerce (association) pour ajouter de l'importance à l'usage récréatif du réservoir. Ils ont dans leurs efforts l'appui des municipalités qui jouissent des services des chambres, par exemple réalisations d'études ou autres.

Dans le cas des communications entre les groupes ou organismes, on réalise des modèles organisationnels de la "sociosphère" sous forme de modèles intrants-extrants des influences sur un groupe. (Figure 11B)

Les relations sont déterminées par la compilation de "sociogrammes" politiques, suite à des enquêtes auprès des groupes concernés. Les méthodes sont bien connues des sociologues. Encore ici, dans notre projet, ces modèles organisationnels sont simplifiés à cause des limites d'un projet individuel.

A. MODELE ORGANISATIONNEL:*



B. MODELE TYPE:

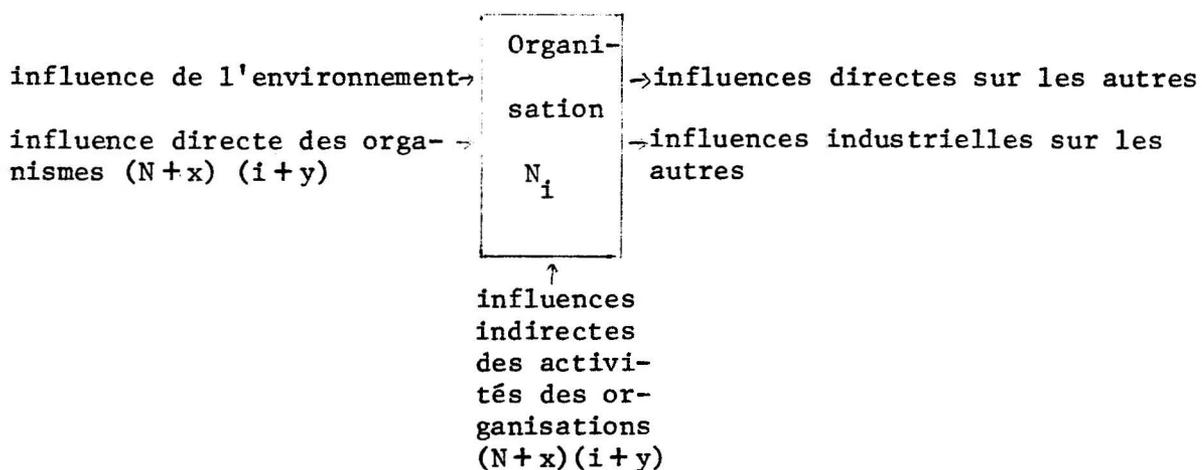


FIGURE 11 - Interractions entre les groupes

*réalisé seulement pour les groupes impliqués directement par le projet d'aménagement.

3.3. Facteurs significatifs et tendances

Pour permettre au planificateur de situer le problème par rapport à un contexte élargi incluant des facteurs souvent négligés, mais d'importance majeure, il est nécessaire d'explicitier au mieux l'environnement socio-politique du projet. Ces constatations seront les fondements et le cadre de la simulation socio-politique visant à extrapoler certaines tendances et à faire quelques prédictions d'ordre général, de nature à orienter le déroulement des événements. Les facteurs historiques, économiques, politiques, sociaux et individuels sont considérés ici.

3.3.1 Facteurs historiques

Le contexte historique exerce une pression très forte sur les planificateurs. Il convient alors de mettre en évidence les facteurs qui peuvent avoir une influence directe ou indirecte sur les décisions d'aménagement.

La confrontation des éléments historiques (Tableau 5) renseigne sur le déroulement des événements qui aboutissent à certaines décisions précises. On arrive même parfois à des constatations qui frisent l'absurde: si on superpose les éléments I.1 et I.4, on se rend compte que l'objectif premier qui a incité les études est non pas réalisé à la suite des recherches mais fait maintenant partie des résultats négatifs des projets. Le ministère du Tourisme, Chasse et Pêche demande au ministère des Richesses Naturelles un aménagement pour améliorer la pêche; le ministère des Richesses Naturelles lui retourne un projet ayant comme conséquence nuisible la diminution de la pêche.

Le déroulement logique ou historique des événements peut aussi se faire au moyen d'un modèle historique simple visualisant les différentes

TABLEAU 5 - Facteurs historiques

FACTEURS HISTORIQUES
<p>I - Cas du lac aux Ecorces</p> <ol style="list-style-type: none">1. La première demande d'aménagement du lac venait du MTCP: stabiliser la réserve d'eau pour améliorer la pêche.2. Le MRN a fait une étude pour rentabiliser ce projet et se rend compte de l'intérêt du lac aux Ecorces pour augmenter la production d'électricité.3. Par la suite, les pressions des villégiateurs ont poussé le MRN à considérer l'avantage du réservoir comme tampon pour l'utilisation récréative estivale.4. Maintenant, les dernières études aboutissent à la diminution des activités de la pêche au lac aux Ecorces.
<p>II - Cas du réservoir Kénogami</p> <ol style="list-style-type: none">1. En 1923, un contrat d'opération du réservoir est passé au bénéfice des propriétaires de centrales.2. Dans les années subséquentes, des problèmes et des décisions unilatérales viennent affecter l'opération et diminuent la valeur du contrat.3. Des réparations à faire aux aménagements ou de nouveaux aménagements sont l'occasion de la révision des contrats.4. Jusqu'à maintenant, les usages d'électricité et flottages ont été privilégiés au détriment de la population: le potentiel récréatif est sous-exploité et l'eau d'alimentation est fort dispendieuse.5. Le MRN considère maintenant le réservoir comme un ouvrage multifonctionnel.6. Un grand nombre de villégiateurs se sont installés peu à peu autour du lac Kénogami (900 chalets)

étapes et les principaux acteurs de l'évolution de la situation. Dans certains cas, un tel modèle nous permet d'extrapoler certaines tendances historiques. Le modèle dépend évidemment de l'analyste ou de l'observateur; de là l'avantage de travailler en équipes et de concevoir plusieurs modèles différents de la même composante, pour arriver à un modèle acceptable pour tous. Il est malgré tout intéressant d'en donner un exemple dans le cas Kénogami

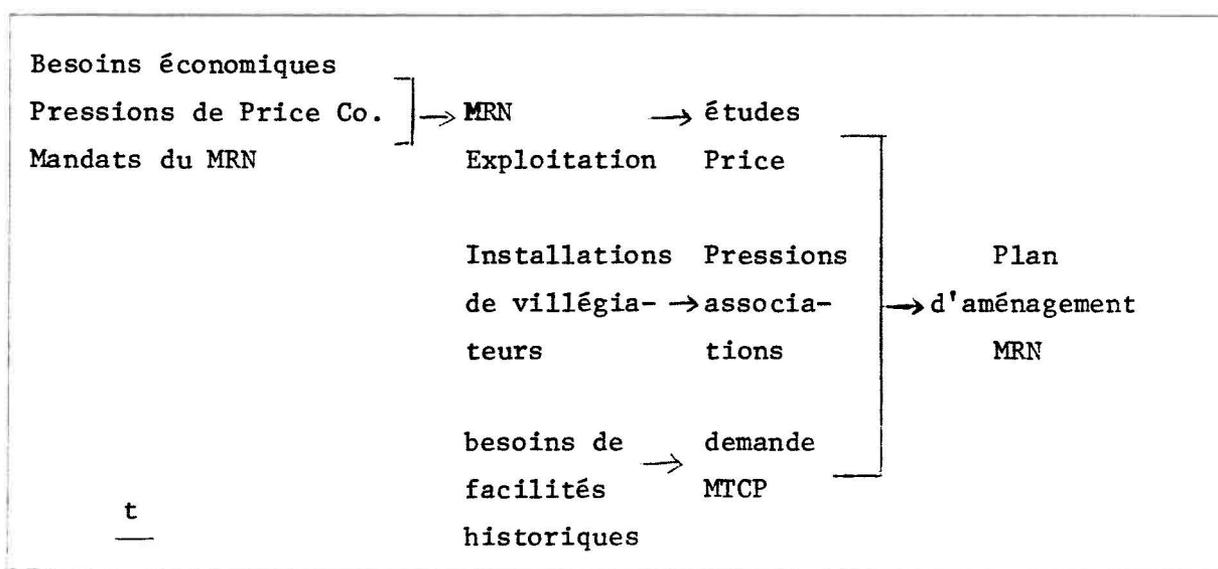


FIGURE 12 - Déroulement historique simplifié

3.3.2. Facteurs économiques

Les aspects généraux de l'économie de la région peuvent être retrouvés dans les études du ministère des Richesses Naturelles^{5.6} ou dans les études spéciales de planification ou d'aménagement concernant la région du Saguenay-Lac St-Jean⁵⁹. Nous conserverons ici seulement quelques aspects en rapport direct avec le problème du réservoir Kénogami.

La région desservie par le réservoir Kénogami, souvent dénommée la conurbation du Haut-Saguenay, regroupe les deux tiers de la population totale du Saguenay-Lac St-Jean, et 80% de l'activité économique. Depuis 1965, la région subit une stagnation économique; la croissance de l'économie jusqu'à cette date a été basée sur la mise en valeur du potentiel énergétique qui a permis l'installation d'usines métallurgiques, et l'exploitation des ressources forestières. La situation de l'énergie électrique au Saguenay-Lac St-Jean et la position des organismes industriels face à la stagnation économique constituent alors deux séries de facteurs indicateurs du climat économique qui entoure l'aménagement du réservoir Kénogami (tableau 6). Il serait évidemment trop long d'expliquer ici chacun des éléments; pour de plus amples détails, l'on n'a qu'à référer aux brochures citées précédemment.

Nous voyons déjà l'intérêt d'une telle représentation schématique, pour une simulation socio-politique. Ces renseignements qui peuvent être classés sous forme d'une matrice "facteurs économiques" permettent de prévoir certaines positions face au problème du réservoir.

Donnons deux exemples distincts de combinaison d'éléments; évidemment des possibilités multiples existent et permettent de simuler tout un ensemble de conditions économiques. Confrontons les éléments I.3 et II.2. Nous voyons que les tarifs d'électricité créent un obstacle à la concrétisation d'un des objectifs prioritaires de développement économique. C'est donc dire, en ajoutant l'élément I.1, que l'absence de nationalisation a été défavorable au développement industriel et à la croissance économique régionale. Ceci nous laisse supposer que les groupes intéressés à la croissance économique (CRD, CER, Chambre de Commerce, mesure de planification, Groupe II.C) seraient vraisemblablement favorables à toute action

TABLEAU 6 - Facteurs économiques

FACTEURS ECONOMIQUES
I - Objectifs du développement économique (mission de planification) 59
<ol style="list-style-type: none"> 1. Exploitation et transformation des ressources naturelles disponibles, principalement les ressources forestières. 2. Création d'un pôle de croissance économique au Haut-Saguenay par l'implantation de nouvelles industries de transformation. 3. Développement du potentiel minier et modernisation du secteur agricole. 4. Mise en place d'équipements touristiques.
II - Situation de l'énergie électrique
<ol style="list-style-type: none"> 1. Région épargnée par la nationalisation en 1962. 2. Système du lac Kénogami en propriété mixte privée d'industries et du MRN. 3. Les tarifs d'électricité industrielle les plus élevés au Québec. 4. L'Alcan, principal producteur d'énergie, a un plan d'expansion qui devrait l'obliger à conserver toute sa production. 5. La région sera reliée aux lignes de transport d'énergie des Chutes Churchill. 6. L'électricité produite par Kénogami est petite par rapport à la production régionale (1.9% en 1970). 7. Le système Kénogami est exploité à déficit par le MRN (\$20 millions en 42 ans). 8. Le MRN a promis de fournir à Price et Smelter de l'énergie à faible coût; ceci a partiellement conditionné leur installation dans la région.

III - Situation de l'industrie touristique ⁶⁰

1. La région a une vocation touristique réelle, mais limitée (chasse et pêche).
2. La fonction récréative du lac Kénogami est reconnue surtout pour la population du Haut Saguenay et d'Alma (200,000 h).
3. La région est sous-équipée en matière touristique et en aménagements pour récréation.
4. Plusieurs projets supposent la création du parc Kénogami.
5. Il y a accroissement des activités de loisirs avec l'accroissement du niveau de vie (1.2 millions de jours en 1972).
6. Le tourisme est perçu comme moteur auxiliaire de l'activité économique régionale.
7. La grande partie des utilisations récréatives sont reliées au secteur aquatique.
8. Déjà 900 chalets sont construits autour du lac Kénogami, sur une possibilité de 1500

IV - Situation de l'emploi au Saguenay

1. Année	1969	1973 (E)	1976 (E)
Population totale	192,000	206,000	218,000
Main d'oeuvre	59,250	63,400	70,000
Emploi	50,900	57,700	65,500
Secteurs primaire	15.0	15.0	15.0
en % secondaire	21.6	21.0	20.3
tertiaire	63.4	64.0	64.7

2. Il y a stagnation de l'emploi depuis 1965 en particulier dans le secteur primaire.
3. Les taux de chômage sont les deuxième en importance au Québec.

visant la rationalisation de la production et distribution de l'électricité pour arriver à des prix compétitifs pour toute l'industrie (et non plus seulement les grosses industries qui sont en même temps productrices d'énergie). Un autre exemple nous aide à comprendre l'utilisation de telles matrices. Les éléments I.2, III.1 et III.2 nous révèlent certains aspects des positions possibles: les compagnies productrices (primaire) et coexploitants du système Kénogami peuvent exercer des pressions sur le gouvernement en utilisant l'argument de l'emploi. La combinaison des éléments nous indique la valeur réelle d'une telle argumentation si l'on sait que ces compagnies ne contrôlent qu'une fraction de 15% de la main d'oeuvre employée.

Une simulation, à l'aide des ordinateurs, ou même à l'aide d'individus représentatifs, est expédiée très rapidement par cette méthode. Elle permet aussi d'obtenir des résultats éminemment significatifs du point de vue praticabilité politique et efficacité des actions entreprises.

3.3.3. Facteurs institutionnels

Il est important pour le planificateur de préciser au mieux le cadre politique, juridique et administratif dans lequel s'inscrit le projet d'aménagement (tableau 7). Une des étapes importantes, pour la région du Saguenay, a été la planification-aménagement du territoire réalisée par l'Office de Planification et de Développement du Québec. Le plan d'aménagement du ministère des Richesses Naturelles ne peut se faire sans tenir compte du cadre de travail proposé dans l'esquisse du plan de développement de la région du Saguenay-Lac St-Jean ⁵⁹.

Si l'on considère, par exemple, les facteurs II.2 et II.4 combinés au facteur social I.4, nous constatons que l'institutionnalisation de la

TABLEAU 7 - Facteurs institutionnels

FACTEURS INSTITUTIONNELS
I - Cadre institutionnel
<ol style="list-style-type: none"> 1. Au niveau gouvernemental, on connaît le fouillis administratif dans le cas de la gestion de l'eau et de ses usages. 2. Les structures politiques et administratives traditionnelles sont bien établies dans la région et peuvent constituer des obstacles. 3. Au niveau régional, les municipalités constituent encore cette structure administrative morcelée et lourde. 4. Les agents responsables de l'exploitation du réservoir Kénogami ne représentent pas tous les utilisateurs, contrairement aux déclarations officielles. 5. L'administration centrale (provinciale) apparaît comme le centre de décision le plus important au niveau régional à cause des effets de ses actions.
II - Climat politique
<ol style="list-style-type: none"> 1. La région s'est dotée d'un plan de développement. 2. Le CRD est devenu responsable de la réalisation et par là, l'interlocuteur officiel du gouvernement. 3. Une conférence administrative régionale a été proposée pour rationaliser l'action gouvernementale. 4. Des efforts sont faits pour institutionaliser la consultation et assurer la participation des citoyens. 5. L'expérience TEVEC a créé une structure de participation ayant ses racines jusqu'au niveau local. 6. Les pressions sont nombreuses pour consacrer l'intégrité des parcs.

III - Cadre juridique

1. Les agents responsables de l'exploitation sont liés par des ententes légales avec deux propriétaires d'énergie (Price et Union Carbide).
2. L'absence de nationalisation de l'électricité rend les interventions difficiles dans ce secteur.
3. On attend sous peu une loi-cadre des parcs qui pourrait conditionner tout aménagement dans les parcs provinciaux.

consultation implique une obligation de la part de l'administration gouvernementale de demander l'avis des représentants de la région avant que toute décision majeure ne soit prise sur la programmation d'activités gouvernementales. La décision d'aménager de quelque façon le réservoir Kénogami est une décision majeure. Le planificateur augmentera pour sûr ses chances d'acceptation en inscrivant son action dans le contexte local.

3.3.4. Facteurs sociaux

Les facteurs sociaux ayant un impact direct sur le projet sont plus difficiles à délimiter. Il y a toutefois certains éléments qui ont leur importance, particulièrement pour le choix des objectifs d'exploitation (tableau 8).

Encore ici, on peut tenter de cerner l'importance de tels facteurs en supposant un exemple. Si l'on veut évaluer l'opportunité de la recommandation éventuelle d'un organisme régional de gestion des eaux du bassin, on peut se référer aux éléments I.4 et III.2 et percevoir que le climat social favorise telle recommandation.

3.3.5. Facteurs individuels

Les enquêtes sur le terrain réalisées au cours des travaux ainsi que certaines analyses sociologiques concernant les problèmes de l'eau au Saguenay-Lac St-Jean⁶¹ nous permettent de tracer un tableau des attitudes des citoyens par rapport à l'eau, attitudes qui seront présentes dans le contexte des décisions d'aménagement.

Le tableau des attitudes générales (tableau 9) des citoyens est très important pour le planificateur. Les éléments du tableau lui fournissent des indicateurs sérieux de l'opportunité des mesures à entreprendre. Dans

TABLEAU 8 - Facteurs sociaux

FACTEURS SOCIAUX
<p>I - Caractéristiques de la population</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La tendance actuelle est à l'urbanisation: 80% de la population régionale est urbaine. 2. La conurbation du Haut-Saguenay (200,000 h.) est la quatrième en importance au Québec (capitale régionale). 3. Les services sont en expansion plus que tous les autres secteurs d'activité. 4. L'expérience TEVEC a contribué à l'émergence de leaders et a favorisé la prise de conscience des problèmes régionaux. 5. Le revenu per capita est le septième (sur 9) en importance au Québec. 6. La moyenne des salaires manufacturiers est la plus élevée au Canada. 7. On constate un bilan migratoire négatif, ce qui résulte en un taux de croissance très faible de la population.
<p>II - Organisation de l'espace</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La région est un ensemble très facilement délimitable. 2. Région classée zone touristique ayant l'avantage de la proximité de concentration importante de population. 3. La partie-centre est diversifiée, étant constituée surtout de services. 4. Les parties est et ouest sont encore essentiellement industrielles.
<p>III - Priorités du développement social ⁵⁹</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Coordonner les agents impliqués en vue d'ajuster la formation et l'enseignement aux exigences du marché du travail. 2. Former des équipes de développement social dans les centres urbains et régionaux. 3. La conservation des ressources et la protection de l'environnement deviennent des préoccupations sociales.

TABLEAU 9 - Attitudes générales

ATTITUDES GENERALES

I - Concernant les problèmes de l'eau

1. La majorité des gens considèrent l'eau ressource collective et reconnaissent leurs responsabilités vis-à-vis des autres usagers (95%).
2. La majorité des gens croient que le droit d'accès est fondamental et que les aménagements pour le garantir sont nécessaires (95%).
3. La majorité des gens sont inquiets de la pollution et veulent prendre les moyens pour l'éviter (90%).
4. Près de la moitié des gens pensent que des réglementations plus efficaces régleraient les problèmes d'eau (48%).

II - Concernant les usages de l'eau

1. La plupart sont conscients des usages diversifiés de l'eau (78%).
2. La majorité des gens croient que le choix de l'utilisation devrait être fait selon les besoins prioritaires (92%).
3. L'eau de consommation constitue le premier besoin prioritaire pour la majorité (santé) (95%).
4. Le deuxième besoin prioritaire est l'eau de récréation et de loisirs pour une grande partie (détente) (55%).
5. L'industrie arrive en troisième ordre comme besoin prioritaire.
6. La plupart des gens s'entendent pour accepter que les normes du meilleur usage s'appliquent (77%).

III - Concernant l'administration de l'eau

1. La plupart des gens suggèrent que la responsabilité de l'aménagement revienne à un seul organisme autonome (75%).
2. La majorité des gens s'entendent sur la nécessité d'un code des eaux et de lois conformes aux besoins (91%).
3. Plusieurs désirent que l'affectation (classification) des eaux soit faite après consultations populaires (55%) ou après consultation des autorités municipales et des industries (24%).
4. La plupart insistent sur les possibilités de consultation et de participation des citoyens à la prise de décision (89%).
5. La grande majorité croient un succès de tels efforts seulement à la suite de vastes campagnes d'information (96%).

TABLEAU 10 - Attitudes particulières

ATTITUDES PARTICULIERES

I - Des gros industriels

1. Les compagnies ont un passé chargé et des droits acquis qui leur donnent une assurance et une influence.
2. Elles n'acceptent pas de bon gré les politiques qui ne favorisent pas leurs intérêts immédiats.
3. Elles brandissent le spectre de la fermeture, de la mise à pied et du chômage.
4. Les dirigeants sont conscients des pressions exercées par les autres usagers.

II - Des commerçants et industriels

1. Veulent à tout prix le développement commercial et industriel et la croissance économique.
2. Favoriseront une option démontrant formellement la rentabilité pour la région, et non seulement pour certaines industries.
3. Ont insisté sur la relance économique possible grâce à l'industrie touristique (trois projets).

III - Des villégiateurs

1. Comprennent mal les modalités d'opération du système Kénogami.
2. Sont actifs et très exigeants, par l'exercice de pressions, pour obtenir gain de cause.
3. Très intéressés à participer à l'élaboration des projets et à la gestion des eaux de Kénogami.
4. Restent modérés dans leurs actions connaissant la dépendance travail-loisirs.

IV - Des municipalités

1. En tant qu'utilisateurs majeurs, veulent un droit au chapitre de la gestion.
2. Ont des positions intermédiaires entre les villégiateurs et les industriels parce qu'ils peuvent être satisfaits dans les deux cas.
3. Sont partagés entre les valeurs de l'esthétique de la ville et des revenus de la valeur des taxes aux industries.
4. Favorisent l'économie régionale et les retombées économiques sur leurs municipalités.
5. Ont réalisé des études d'aménagements récréatifs pour la région du Saguenay.

TABLEAU 11 - Stratégies d'interventions marquées

STRATEGIES D'INTERVENTIONS MARQUEES
<p>I - Grosses industries</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Exercent des pressions sur les gouvernants pour obtenir leurs intérêts. 2. Les influences s'exercent surtout en coulisses par l'entretien de bonnes relations avec les agents gouvernementaux. 3. Face au public, se justifient en menaçant sur le plan économique: mise à pied, fermeture.
<p>II - Municipalités</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Politiques de compromis visant l'efficacité 2. Revendiquent plutôt par le biais du CRD ou des Chambres de Commerce.
<p>III - Villégiateurs</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Exercent des pressions sur les gouvernants pour obtenir gain de cause. 2. Ces pressions se font directement avec l'appui de l'opinion publique alertée consciemment. 3. S'imposent de fait par l'utilisation récréative du système Kénogami (SPAK)
<p>IV - Compagnies secondaires</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Acceptation tranquille, passive et tacite des événements. 2. Non impliquées dans la gestion des eaux de Kénogami, ou de très loin. 3. Agissent par le biais des organismes de planification régionale.

ce cas-ci, nous croyons que les attitudes encouragent le planificateur à chercher du côté des solutions qui tendent à démocratiser l'usage de l'eau. L'usage récréatif du réservoir Kénogami en est d'autant plus valorisé par rapport à l'usage industriel.

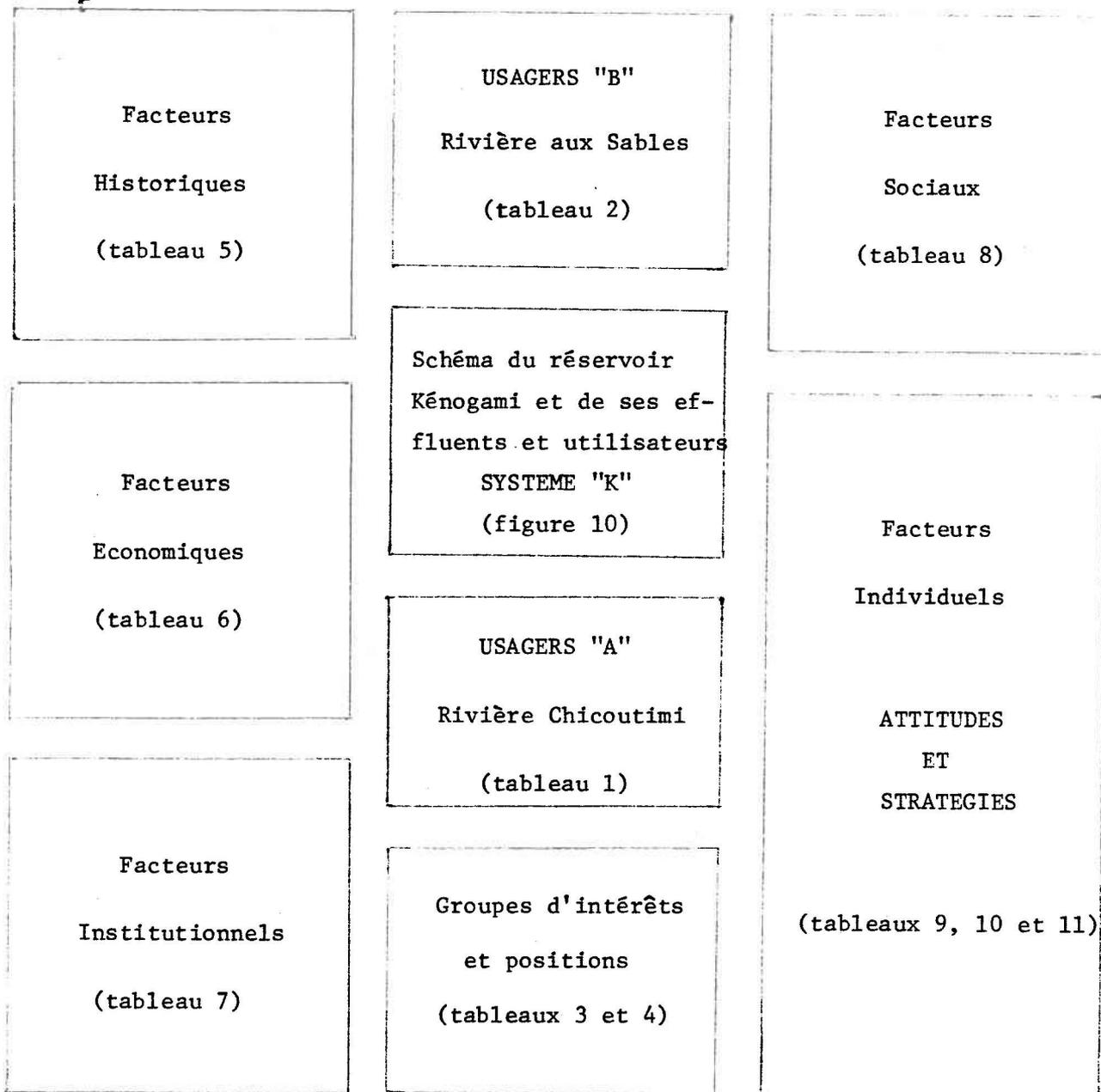
Il peut être intéressant, à la suite, de faire un tableau des attitudes particulières (tableau 10) de groupes d'intérêts spécifiques. Ces attitudes générales et particulières sont à l'origine des interventions des groupes concernés (tableau 11) par le problème. Bien sûr, les données proviennent d'une enquête par échantillonnage; les résultats doivent donc être interprétés avec prudence.

3.3.6. Image globale de la situation

Il ne reste au planificateur qu'à faire la synthèse de tous ces facteurs pour avoir un tableau global de la situation (tableau 12). Alors, il peut se référer à ce tableau pour s'inspirer quant aux mesures à entreprendre, et pour prévoir ou simuler la réponse du système à certains stimuli. Cette représentation synthétique de l'environnement socio-politique présente aussi l'avantage d'une référence rapide et complète à l'usage du planificateur et de ceux qui sont concernés par le problème.

Sa fabrication peut être telle qu'elle inclut une souplesse suffisante pour ajuster le tableau continuellement selon la marche des événements

TABLEAU 12 a) - Image globale de la situation: environnement socio-politique



3.4. Simulation socio-politique

3.4.1. Un modèle venant du sud...

Plusieurs groupes américains consacrent d'énormes ressources à l'étude des modèles de simulation politique. La procédure que nous appliquerons à l'étude du lac Kénogami est inspirée d'une méthode développée par Bulkley et McLaughlin en 1966³⁶ et essayée depuis sur quelques cas précis⁹.

3.4.1.1. L'opération du modèle

Ce modèle reproduit un simple aréna de négociation représentatif du milieu socio-politique; cet aréna, par exemple, une table de négociations, présente les caractéristiques suivantes, dépendant des besoins et des objectifs de la simulation:

- a) il est impartial, i.e. que tous y sont représentés sans favoriser un groupe ou un autre;
- b) il est simple ou complexe, selon les temps et les ressources disponibles;
- c) il peut représenter le monde tel qu'il est (actuel) ou tel qu'on voudrait qu'il soit (idéal);
- d) il peut être composé d'acteurs humains ou d'acteurs simulés sur ordinateurs.

Le modèle suppose ensuite la rencontre dans cet aréna d'un certain nombre de groupes d'intérêts spécifiques. Chacun des groupes apporte avec lui une certaine quantité de pouvoir, un choix de solution, des aspirations et objectifs relatifs à ce choix et une position générale quant au problème sous étude.

Pour chacun des projets proposé à l'aréna de simulation, le groupe répond par un oui (+) ou par un non (-), dépendant de son degré de satis-

faction par rapport au choix initial. Si un groupe est indécis, sa position est assignée au hasard, par une technique stochastique. C'est une première phase qui constitue un aréna simple.

On peut raffiner ce modèle, en simulant dans cet aréna les coalitions ou coopérations possibles dépendant des affinités sociales, économiques ou même individuelles. On doit, dans ce cas, établir un plan des relations entre les groupes, des conflits interpersonnels et tout autre élément ayant son importance pour les interactions. Encore ici, pour les relations non identifiées ou insuffisamment déterminées, on laisse au hasard le soin de faire le partage des options.

Il suffit alors de soumettre à l'aréna simulé un plan de projet et d'analyser les réactions des individus ou des groupes d'individus. Pour chacune des possibilités présentées à l'aréna de négociation, on fait plusieurs essais successifs, tenant ainsi compte des assignations au hasard. On arrive alors à une tendance exprimée par le milieu en termes de probabilité d'échec ou de succès du plan proposé. Libre alors au planificateur de modifier sa proposition de projet selon les vœux exprimés, jusqu'à atteindre l'acceptation du projet.

3.4.1.2. Un problème d'optimisation

Cette recherche de l'acceptation constitue en elle-même un problème d'optimisation dont la solution idéale est l'unanimité. Cependant des objectifs élargis et des contraintes plus variées caractérisent ce problème. L'analyste ne répond plus seulement à une règle formelle de maximisation des bénéfices nets, mais il vise aussi des objectifs informels (traditionnellement impalpables) tels que la maximisation du support local et des accords mutuels et la minimisation des controverses et des interférences.

Evidemment, les résultats ne sont pas déterministes; ils constituent cependant des bons indicateurs pour l'orientation du projet d'aménagement. Néanmoins, cet indéterminisme n'est pas la caractéristique exclusive des modèles de simulation politique. Qui qualifierait de certains les résultats provenant de quelque modèle de simulation, que ce soit un modèle économique aussi bien même qu'un modèle hydrologique?

Différentes matrices sont les instruments de travail de l'informaticien qui s'attaque au problème de l'optimisation de l'acceptation d'un projet d'aménagement de bassin. Une matrice des positions initiales (0 ou 1), un coefficient de pouvoir politique basé sur la capacité d'influencer la décision finale ($\Sigma = 1$), une matrice des interactions entre les différents groupes exprimées en probabilité de coalition, (0 s'il y a conflits de base, 1 si les objectifs sont les mêmes) et une matrice des solutions proposées. On peut préciser aussi les mécanismes de décision, en déterminant certaines règles spécifiques de vote ou certaines normes de négociation; ou même on peut utiliser la théorie des jeux pour arriver au choix final.

C'est donc dire que par une séquence de "joutes" étalées dans le temps, on peut arriver à une solution acceptable pour la majorité. C'est précisément un processus de décisions par étapes (nécessitant une optimisation) qui s'adapte bien aux techniques de programmation dynamique expliquées en annexe I. Une représentation de ce mécanisme dynamique de décision sociale inspirée par Burke¹⁰ souligne bien cet aspect séquentiel du processus politique (Fig. 12). Cette représentation démontre les relations entre la phase I et la phase II du processus de planification. Ces interactions entre les modèles politiques et techniques visualisent davantage la notion de système global ou système relié. Entre chacune des rencontres publiques - spécia-

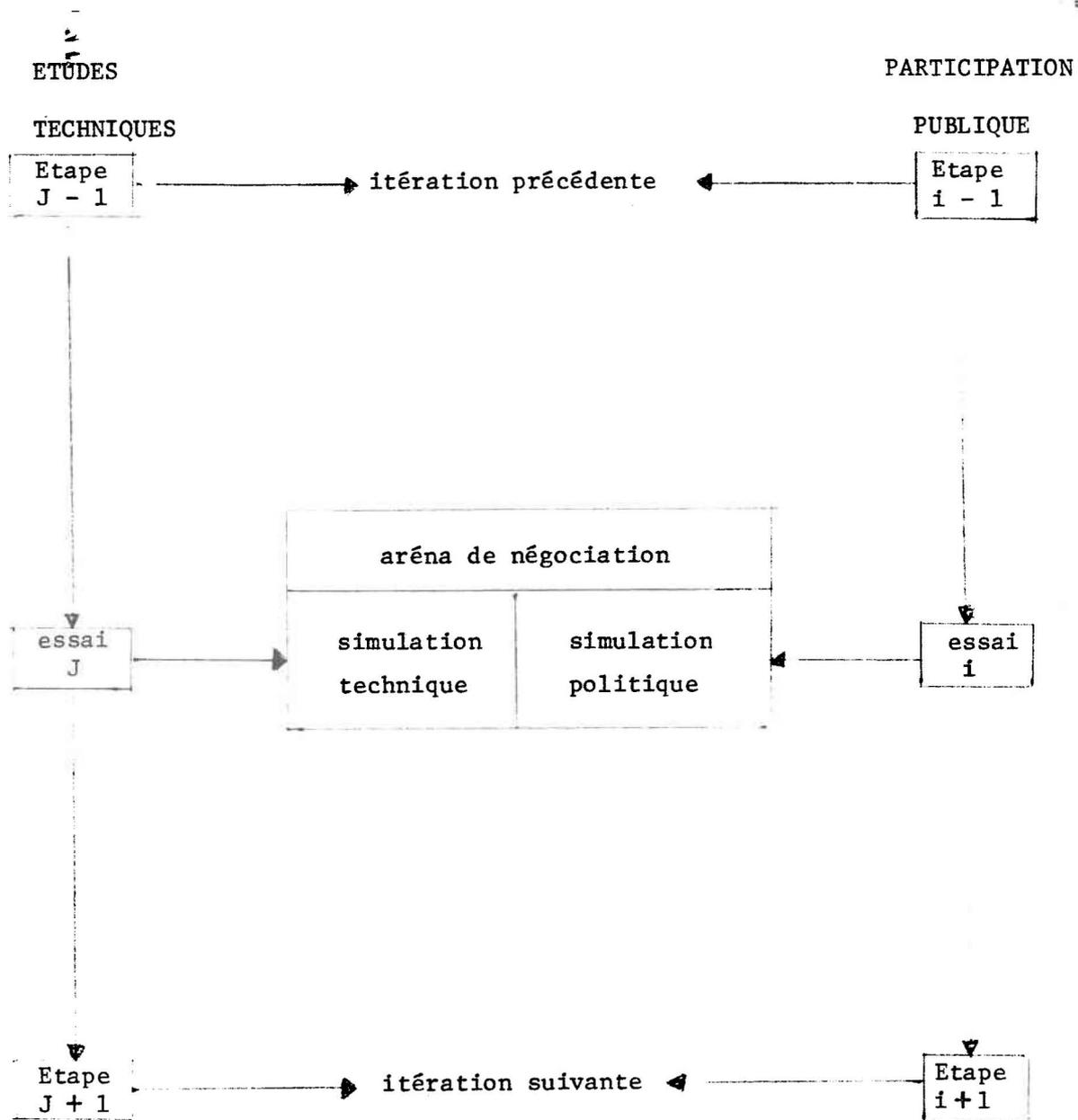


Figure 13 - Un processus de décision par étapes ¹⁰

Groupe	Position initiale		Coalitions gagnantes	
	non	oui	non	oui
1				
2				
-				
-	Les résultats donnant les probabilités			
-	se situent entre 0 et 1			
-				
n				
A. Positions P/R à un plan d'affectation				
Affectation (plan)	Possibilités		Probabilité d'acceptation	
I	Cas A		Résultats entre 0 et 1	
	Cas B			
	Cas C			
II	-			
-	-			
-	-			
-	-			
B. Echelle de désirabilité des différents plans				

Figure 14 - Représentation des résultats

listes, il y a révision des positions, modifications des plans proposés, donc changement de conditions de nature à modifier les résultats de la rencontre suivante. Cette figure vient expliciter la notion de participation^m comme moteur du processus global, abordée dans la section précédente. C'est plus simplement, la confrontation à intervalles périodiques des solutions techniquement "possibles, aux solutions socialement acceptables".

Les résultats sont présentés sous forme de tableaux: un premier tableau présentant les positions des groupes spécifiques sur un plan précis et de la probabilité de participation de ces groupes à des coalitions gagnantes; un autre tableau établissant une prédiction sur la pertinence d'un projet en termes de probabilité d'acceptation (Fig. 14).

Le premier tableau nous renseigne sur la pertinence politique de chacun des plans; le second nous permet d'ordonner sur une échelle de désirabilité les différents plans.

3.4.2. ... appliqué à une région du nord

On comprend que l'étude de cas réalisée ici sera basée sur le modèle le plus simple, ne nécessitant ni la fabrication de matrices, ni l'utilisation d'ordinateurs. Le modèle reste toutefois le même, bien qu'on le fasse tourner à la main. La différence avec la procédure complète réside dans le fait que nous ne pourrons pas, en dernier ressort, recommander le choix d'une solution précise, à la suite de l'étude du système. Différentes remarques resteront à vérifier par une opération approfondie du modèle.

3.4.2.1. Hypothèses

L'application est basée sur trois hypothèses importantes dans le cas du réservoir Kénogami: des situations hypothétiques, des positions plausibles et une solution fictive.

On ne peut pas encore faire une simulation socio-politique complète de la situation réelle pour plusieurs raisons. Il n'y a pas de gestion intégrée des eaux du réservoir Kénogami; les projets d'aménagements sont réalisés dans un secret relatif, sans annonce officielle du projet sous étude. Il va sans dire que tous ces travaux se font sans aucune participation régionale à quelque niveau que ce soit. En bref, rien d'engagé dans le domaine du fonctionnement socio-politique d'un bassin.

Le fait que le projet du lac aux Ecorces soit développé en circuit fermé au ministère des Richesses Naturelles implique évidemment qu'il n'y a pas de conflits ouverts quant à ce projet. Bien sûr, la prise de certaines décisions pourrait générer de tels conflits à court ou à moyen terme. L'amorce d'une opposition s'est d'ailleurs manifestée récemment au sujet du Parc des Laurentides. Cette absence de conflits ne signifie pas toutefois que les industries ou les groupes n'ont pas d'opinions sur le projet, ou que tous sont du même avis. Des enquêtes sur le terrain sont là pour prouver le contraire. Les positions adoptées lors de cette simulation seront donc plausibles et dans la logique des individus et organismes telle que perçue et sentie par les chercheurs sur le terrain. Ces positions nécessiteraient des vérifications plus poussées sur le terrain, en rendant certains aspects du projet publics et accessibles à la population régionale.

De plus, nous ne ferons pas la simulation socio-politique de la solution proposée par le ministère des Richesses Naturelles⁶, qui joue le rôle de planificateur. Un tel choix de solution risquerait de créer des oppositions inutiles avec les concepteurs du projet, et risquerait aussi de justifier des décisions prises prématurément et arbitrairement, sans consultations dans le milieu. Nous simulerons donc une solution à envisa-

ger et suggérée sommairement par le ministère des Richesses Naturelles ⁶ : rendre la production d'énergie électrique du réservoir Kénogami accessoire et secondaire au profit de son utilisation récréative prioritairement satisfaite.

Les aspects économiques de ce choix ne pourrait être suffisamment explicités, un modèle économétrique global de la situation électrique au Saguenay n'étant pas disponible actuellement. Les données économiques dans ce secteur sont partielles et ne suffisent pas pour traduire en chiffres les conséquences économiques d'un tel choix. C'est malgré tout une démarche importante à faire, au niveau des analyses techniques, constituant de la phase I de planification technique. Nous nous en tiendrons donc à une simulation socio-politique simple.

3.4.2.2. Exemple: Priorité à la récréation

Plusieurs possibilités ont été suggérées par le ministère des Richesses Naturelles ⁶ (tableau 13).

CHOIX POSSIBLES
1. aucune intervention à long terme
2. aucune intervention à court terme
3. limiter la production d'énergie
4. éliminer la production d'énergie
5. limiter la récréation
6. éliminer la récréation
7. créer une réserve additionnelle
8. créer plusieurs réserves additionnelles

Tableau 13 - Possibilités de choix suggérées par le MRN

Les possibilités 1, 2, 3, 4, 5 et 6 sont tout simplement balayées de la table, sans analyse sérieuse, qu'elle soit économique, technique ou autre. Les deux dernières possibilités ont été analysées du point de vue économique par la méthode bénéfices-coûts; la dernière a été retenue pour des raisons économiques. Si nous reprenons les arguments principaux du rapport final, certains aspects semblent déficients en première analyse.

La solution est satisfaisante pour régler les problèmes majeurs du lac Kénogami et conserve son caractère de plurifonctionnalité. Cependant, les avantages secondaires sont discutables; ce n'est pas le mandat du ministère des Richesses Naturelles d'ouvrir l'accès aux ressources forestières et sportives dans les parcs nationaux (le ministère des Terres et Forêts et le ministère du Tourisme, Chasse et Pêche sont responsables de ces secteurs). De plus, il est osé de penser ouvrir l'accès aux ressources minières dans un parc provincial... Nous n'avons pas à discuter ici le fait d'augmenter le potentiel faunique d'une rivière en affectant la population de poissons d'un lac... Enfin, les avantages secondaires du réservoir unique sur les réservoirs multiples sont de simplifier l'ouvrage du ministère des Richesses Naturelles; est-ce suffisant pour justifier cette position?

Dans cette partie, nous étudierons par l'approche analytique la possibilité 3 du tableau 13, sans appliquer cette méthode globale à la solution 7 choisie par le ministère des Richesses Naturelles. Nous ajoutons un élément de choix à cette possibilité: les usagers de la récréation peuvent être privilégiés en revisant les politiques d'opération dans son état actuel ou en envisageant de nouveaux aménagements. Pour limiter l'exemple choisi, nous retenons arbitrairement le premier choix, en supposant que

l'étude sera continuée par la suite et étendue à l'analyse détaillée du deuxième choix. Des études économiques et des données supplémentaires seront nécessaires dans ce cas.

Deux questions retiendront principalement notre attention. Quels aspects du problème émergeront vraisemblablement comme déterminants? Quels impacts sociaux et politiques pourraient être générés par le plan retenu? Nous établissons un tableau des usages et problèmes du réservoir qui ont à être réglés pour le choix. (Tableau 14)

I - Fins d'utilisation:	
(Prioritaire)	1. récréation et tourisme
(Essentielles)	2. alimentation en eau des villes
(Essentielles)	3. alimentation en eau des industries
(Essentielles)	4. lutte contre les inondations
(Essentielles)	5. maintien de la qualité
(Secondaires)	6. production d'énergie électrique
(Secondaires)	7. flottage du bois
(Secondaires)	8. protection de la faune aquatique
II - Problèmes:	
A. Majeurs	1. fluctuation du réservoir et la récréation
	2. le partage entre les usages prioritaires
	3. le flottage de bois et la récréation
B. Mineurs	4. les fluctuations et la faune aquatique
	5. le maintien de la qualité et la récréation

TABLEAU 14 - Usages et problèmes

D'une part, la phase I (conception de plans) est nécessaire dans ce cas pour développer des techniques raffinées de partage du volume d'eau disponible entre les usages prioritaires et essentiels du tableau 14. Des règles d'opérations plus complexes seront développées dans cette phase; l'usage prioritaire devient l'objectif, alors que les usages essentiels constituent les contraintes de l'opération. Les centrales de production électrique fonctionnent alors sans réserve, et les autres usages secondaires sont permis s'ils sont possibles sans interférer ou concurrencer les usages prioritaires et essentiels. Les techniques de programmation dynamique seront utilisées pour solutionner ce problème d'optimisation.

D'autre part, les facteurs économiques et institutionnels (tableaux 6 et 7) sont déterminants pour l'application de la solution proposée. Evidemment, dans le cas des facteurs économiques, une analyse économique complète serait nécessaire pour quantifier la solution proposée par rapport à ses conséquences économiques. Il serait donc prématuré d'affirmer que ce serait une solution dispendieuse pour le gouvernement et pour les compagnies⁶. Il serait d'autant plus dangereux de comparer ce choix à toute autre solution, même si on affirme que son coût supérieur est "facilement concevable"⁶. Quant au "climat" économique, on peut se servir du tableau 6 pour extrapoler des tendances. On peut s'attendre à un appui des petits industriels et commerçants si l'on se réfère aux objectifs de développement suggérés par la mission de planification du territoire (facteurs I.2 et I.4). La situation de l'énergie électrique gagne à être révisée; les facteurs I.4 et II.5 vont forcer les compagnies à acheter de l'Hydro. Les facteurs II.6 et II.7 (production marginale et déficit du ministère des Richesses Naturelles) favorisent l'usage récréatif du réservoir. Tous les facteurs relatifs à l'industrie touristique militent en faveur de cette préférence pour

la récréation, d'autant plus que l'argument de l'emploi utilisé par les compagnies (voir stratégie I.3) est énormément relativisé par la situation de l'emploi au Saguenay (facteurs IV.1 et III.2). En somme, les facteurs économiques informels favorisent ce choix de limiter la production d'énergie du réservoir Kénogami au profit des villégiateurs.

L'option conservation-écologie concrétisée dans les facteurs institutionnels II.6 et III.3 ajoutent encore à la pertinence du choix proposé. Il devient hasardeux dans un tel contexte de programmer des aménagements dans un parc provincial. Le climat politique de la région suggère au planificateur une façon de procéder pour arriver au choix final. Les facteurs II.1 à II.5 soulignent les structures locales dont le planificateur devra tenir compte pour arriver au choix final. Le facteur I.1 laisse malgré cela une latitude certaine à l'administration provinciale (le ministère des Richesses Naturelles ici) chargée de la gestion des eaux. Le cadre juridique (III) impose toutefois certaines démarches du gestionnaire, par exemple la négociation de nouveaux contrats avec les compagnies Price et Union Carbide, ainsi que possiblement des pressions sur l'Hydro-Québec pour obtenir des tarifs qui respectent les droits acquis des utilisateurs de l'énergie du lac Kénogami. Evidemment, les centrales installées sur les effluents du réservoir serviraient quand même au "fil de l'eau".

Enfin, pour répondre à la deuxième question sur l'impact social et politique du plan retenu, disons que cet aspect a été complètement négligé dans le cas de la solution proposée par le ministère des Richesses Naturelles. Pour nous, nous envisagerons cette facette du problème, sans pouvoir arriver à des résultats précis quant aux coalitions gagnantes ou perdantes parce que nous ne disposons pas des acteurs susceptibles de se ren-

contrer dans l'arène de négociation. Nous établirons quand même des positions plausibles, selon notre hypothèse du début. Les facteurs sociaux et individuels ne sont pas encore déterminants dans le cas du réservoir Kénogami, puisqu'il n'y a pas de conflit ouvert quant au projet. Ceci ne les exclut pas pour autant; ils restent importants à considérer.

Les facteurs sociaux nous révèlent une population prête à participer, de qui on peut attendre un appui général concernant ce choix, pourvu qu'elle soit impliquée dans le processus de choix. Les attitudes individuelles favorisent une position dans ce sens. En gros, on peut dire que 75% de la population est un peu sensibilisée aux problèmes de l'eau. Il suffit de l'informer davantage sur le problème spécifique du réservoir Kénogami pour arriver à un choix éclairé. Les attitudes particulières et les stratégies d'intervention nous laissent présager des coalitions en faveur de l'usage récréatif du réservoir: les municipalités, les Chambres de Commerce pourraient faire pencher la balance en influençant le ministère des Richesses Naturelles en faveur de la récréation. Un fait reste certain, l'opposition des gros industriels, à moins que les nouveaux contrats soient aussi avantageux que les anciens (ce qui est peu probable, puisqu'on ne peut s'attendre à ce que le ministère des Richesses Naturelles continue sa subvention directe aux industries du Saguenay (\$20 millions en 42 ans). En supposant que le partage du vote soit le même que dans la description des positions initiales (tableau 4), la situation aurait évolué de la façon exprimée au tableau 15. Sur le tableau 16, les résultats de la simulation peuvent être comparés aux positions initiales.

TABLEAU 15 - Positions face au choix 3

GROUPES D'INTERETS ET POSITIONS: CHOIX 3				
Groupe d'intérêt		Pouvoir relatif	Choix 3: loisirs	Positions
		%		
Directs	IA1	17	non	
	IA2	5.5	non	
	IB1	5.5	oui	
	IB2	5.5	oui	
	IC1	17	oui	
	IC2	5.5	oui	
	ID1	11	oui	
	ID2	5.5	oui	
	IE1	5.5	oui	
Indirects	IIA1	5.5	non	
	IIB1*	5.5	non	
	IIC1	1	oui	
	IIC2	1	oui	33.5% non
	IIC3	1	oui	66.5% oui
	IIC4	1	oui	
	IIC5	1	oui	
	IID1	3	oui	
	IID2	3	oui	

* Cette municipalité dans sa situation spéciale prend la même position que l'Alcan, (non) contrairement aux autres municipalités (oui).

TABLEAU 16 - Résultats de la simulation

RÉSULTATS		
Choix 3 (tableau 13)	Priorité à l'usage récréatif Limiter la production d'énergie	
Solution proposée 1 (3.4.2.4)	Raffiner les règles d'opérations sans aménagement supplémentaire	
Simulation 1 (3.4.2.1.)	Situations hypothétiques Positions plausibles Solution fictive	
Positions initiales (tableau 4)	Energie prioritaire Loisirs prioritaires	67% 33%
Positions actuelles (loisirs prioritaires) (tableau 15)	Opposants (non) Favorables	33.5% 66.5%
Nombre d'essais	1	
Assignations au hasard	0	

Evidemment, nous ne voulons pas insister outre mesure sur la signification de ces résultats. Nous voulions plutôt donner un exemple de la méthodologie complète.

3.4.2.3. Recommandations diverses

Dans cette dernière section, nous voulons tout simplement donner la liste de diverses recommandations qui, à notre avis, n'ont pas reçu une attention suffisante au cours de toutes les études concernant le réservoir Kénogami. Ces diverses idées proviennent des recherches documentaires et des enquêtes sur le terrain. Nous ne commenterons pas ces recommandations; nous nous contenterons seulement de donner leur source en espérant que les futures études s'arrêteront suffisamment à ces points.

Dans le rapport de Camil Côté, du ministère des Richesses Naturelles⁵, celui-ci affirme

"qu'il n'existe pas de justification économique valable à faire profiter une pulperie-papeterie de taux d'électricité inférieurs à ceux des autres compagnies qui doivent s'approvisionner à l'Hydro-Québec par exemple, alors que la pulperie-papeterie jouit déjà de concessions forestières accordées par le gouvernement à un prix qui ne saurait être inférieur si on leur faisait la charité."

On ne peut se surprendre alors de rencontrer les recommandations suivantes:

- que les compagnies paient un prix de l'électricité analogue à ceux de l'Hydro-Québec (Côté, MRN)
- que la production et la distribution d'électricité soit structurée, peut-être en réunissant les producteurs sous un seul organisme d'exploitation (annexe II)
- que la production d'énergie du réservoir Kénogami soit rationalisée et optimisée en abolissant les chasses gardées (annexe II)
- que le bien-fondé des ententes de répartition entre les effluents soit vérifié en rapport aux nouveaux besoins et la perspective d'optimisation (annexe II).

Plus loin, nous pouvons lire dans le rapport Côté 5:

"Donc il faut que l'état prenne ses responsabilités afin de faire cet arbitrage rendu nécessaire, qu'il cesse d'être le commis de l'entreprise privée dans l'exploitation de ce système qu'il se doit d'exploiter au plus grand bénéfice de toute la collectivité locale et nationale".

Les recommandations dans ce sens sont nombreuses:

- qu'une commission de conservation du bassin du Saguenay-Lac St-Jean soit créée dans l'optique des agences de bassin françaises (SNQ⁶¹);
- qu'un des objectifs de cette commission (apolitique et représentative) soit l'aménagement de l'eau (SNQ⁶¹);
- qu'une instance régionale de gestion, telle que recommandée par la CEPJE pratique une gestion systématique et vise à éviter l'interférence des puissantes compagnies (Côté, MRN⁵);
- que l'on fasse l'opération des ouvrages pour maximiser les bénéfices totaux provenant de tous les usages, et ceci dans une optique ressource i.e. amélioration et conservation du milieu hydrique plutôt que dans l'optique de satisfaction d'ouvrages privilégiés;
- que, si l'on décide de créer un parc pour satisfaire les besoins de la récréation, ce soit considéré comme une subvention à la récréation;
- que l'on envisage l'utilisation de dalots ou de transports par camion pour régler le problème du flottage de bois, même si les prix sont plus élevés.

Partie 4 - DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS

Le problème du bassin du lac Kénogami et le projet de construction d'un barrage au lac aux Ecorces, tels qu'exprimés jusqu'ici dans les études du ministère des Richesses Naturelles, sont en réalité de faux problèmes, parce que mal posés. Dans une perspective d'aménagement intégré, ou tout au moins d'aménagement à fins multiples, l'objectif des études n'est pas de justifier par différentes techniques économiques la construction d'un barrage ou quelque autre modification du système hydrique, mais plutôt de réaliser une analyse complète et la plus objective possible de la situation qui génère les nouveaux besoins, incluant les facteurs physiques, techniques, économiques, sociaux et politiques.

1. Gestion des eaux du lac Kénogami

Le vrai problème dans cette région est celui de l'aménagement du bassin du lac Kénogami, et peut-être de façon plus restreinte, tout simplement de l'exploitation du réservoir Kénogami à fins multiples.

Depuis sa création, le réservoir Kénogami servait à alimenter les usines de production d'énergie électrique sises sur les effluents régularisés par les deux barrages. Ces barrages de régularisation sont alors opérés par le ministère des Richesses Naturelles avec comme objectif une optimisation de la production d'énergie électrique par les barrages appartenant aux compagnies de pâtes et papier seulement. Cet objectif, bien que discutable, fut à l'origine de la construction des barrages. Depuis quelques années, la récréation qui jusqu'ici ne constituait qu'une contrainte plus ou moins respectée dans l'opération du réservoir, est en voie d'acquérir une importance telle qu'on doit maintenant la considérer comme un objectif second de l'exploitation de ce réservoir.

Devant ce changement de contexte, la première solution retenue par les ingénieurs du ministère des Richesses Naturelles, consiste à opérer le réservoir avec les deux objectifs: l'électricité et la récréation. C'est-à-dire que l'on a cherché à préserver la position des producteurs d'énergie et même de l'améliorer si possible, tout en satisfaisant aux pressions des villégiateurs devenus de plus en plus exigeants. Il s'agissait donc de trouver une solution technique la plus adéquate possible pour satisfaire les besoins en électricité et en récréation. Deux solutions s'offraient alors, dans une perspective d'optimisation, soit l'optimisation de l'utilisation du réservoir dans sa forme actuelle, soit l'optimisation de la satisfaction des besoins tels que connus et acceptés par les travaux préliminaires. Le premier choix revenait à un problème d'allocation au mieux d'un volume donné d'eau pour maximiser les profits; la deuxième option supposait des modifications physiques du réservoir pour arriver à satisfaire toutes les demandes.

Au ministère des Richesses Naturelles, on a choisi la deuxième approche, c'est-à-dire la satisfaction des deux objectifs, le premier tel qu'exprimé en 1920 lors de la construction du réservoir pour la production d'énergie, le second, tel qu'apparu récemment avec l'arrivée des villégiateurs. Comme le réservoir ne peut, dans sa forme actuelle, fournir la quantité d'eau nécessaire aux deux usages visés, on a alors conclu à la nécessité de modifications supplémentaires au régime naturel. Plusieurs possibilités ont alors été envisagées; la solution techniquement faisable et économiquement optimale fut retenue, soit la construction d'un barrage au lac aux Ecorces et l'utilisation de ce second réservoir comme tampon pour le niveau du lac Kénogami. Evidemment, dans l'approche choisie, cette option est justifiable et techniquement suffisamment optimisée.

Cependant, dans le processus même de choix d'une approche de solution du problème du lac Kénogami, il y a deux très importants vices de procédure: l'évaluation scientifique des objectifs de l'exploitation du réservoir a été omise, et les alternatives d'optimisation de l'allocation du volume d'eau du réservoir Kénogami, sans modification physique des aménagements, mais par de nouvelles règles d'opération pour son utilisation à fins doubles ou multiples, n'ont pas été suffisamment considérées.

Tout d'abord, une étude de solution du problème du lac Kénogami doit commencer par l'analyse des objectifs et de toutes les actions possibles ayant une chance de régler le problème, même celles nécessitant des interventions dépassant le cadre strict de l'aménagement physique du réservoir. Par exemple, et de façon tout à fait gratuite, est-ce qu'on a envisagé sérieusement une rationalisation de la production et de la distribution de l'électricité dans le Saguenay (nationalisation), est-ce qu'on a accepté réellement comme hypothèse de travail de fermer le lac Kénogami aux villégiateurs (expropriation), d'optimiser la production d'énergie des effluents (agence régionale de production), de réserver le lac à des fins exclusivement récréatives?... Toutes les suppositions dans ce domaine sont alors au moins à étudier, en rapport avec le climat politique, économique et social du milieu.

Peut-être serions-nous alors arrivés à la conclusion que, considérant l'évolution de l'industrie dans le Saguenay, que considérant les nouveaux besoins de l'Alcan à la suite de son plan d'expansion, il vaudrait mieux reviser complètement la production d'énergie par le réservoir Kénogami, du fait de son importance marginale par rapport à l'augmentation de l'industrie touristique, des loisirs, des sports de plein-air, de la récréation

et de la villégiature dans cette région; importance de la production d'énergie relativisée davantage par le coût écologique important des nouveaux aménagements hydrauliques prévus dans un parc voué à la conservation... Peut-être aurions-nous été forcés de rationaliser la production d'électricité dans cette région en brisant les chasses gardées avec la bénédiction du gouvernement... Peut-être serions-nous amenés à réviser les ententes et les privilèges des compagnies de pâtes et papier... Nous constatons l'importance du contexte politique et juridique dans ces propositions. Bref, une analyse poussée et scientifique est à faire avant de choisir une voie de solution.

D'autre part, il est surprenant que les ingénieurs du ministère des Richesses Naturelles n'aient pas envisagé l'optimisation de l'utilisation du réservoir Kénogami, par des techniques très raffinées de calcul des débits alloués, telles que celles expliquées en annexe. L'opération du réservoir serait alors faite à deux fins: électricité et récréation. Il aurait alors été possible de satisfaire au mieux et les producteurs et les villégiateurs, à partir des disponibilités présentes. Resterait alors à bien faire comprendre les conséquences de telles stratégies d'opération aux parties concernées! C'est cette dernière initiative qui a empêché, selon nous, les ingénieurs de considérer attentivement cette possibilité. Les études et projets d'aménagements ont été réalisés sans consulter les utilisateurs. Alors comment leur faire comprendre les sacrifices nécessaires pour arriver à une entente; comment prévoir leurs réactions face à une telle solution. Evidemment, pour réaliser cette approche qui ne saurait sûrement pas satisfaire tous les utilisateurs, il faut se baser sur une méthodologie qui tienne compte de tous ces facteurs. Il faut considérer tous les utilisateurs sur le même pied et choisir la solution techni-

quement optimale. Dans une telle optique, les besoins de chacun des utilisateurs doivent être scientifiquement exprimés à partir d'une analyse systématique et complète de la situation, tel que propose ce document. Et ce n'est pas la solution la plus simple! Nous devons toutefois nous y résigner pour donner aux projets des chances d'acceptation, tout en réduisant l'impact sur l'environnement.

Pour résumer, les résultats de l'étude du projet du lac aux Ecorces ne sont pas discutables, si ce n'est sur certains détails. Néanmoins, c'est au niveau des objectifs et de la formule d'intervention que la solution préconisée au ministère des Richesses Naturelles est difficilement défendable. Jusqu'à tout récemment, pour les ingénieurs en aménagement, des objectifs bien définis et une procédure bien déterminée constituaient des postulats de base sur lesquels se construisent toutes les études. Nous pensons que ce sont ces postulats mêmes qui sont à remettre en question avant de poursuivre l'étude. La portée limitée du projet de maîtrise et les moyens restreints à notre disposition ne nous ont pas permis d'appliquer intégralement la méthodologie proposée et d'arriver ainsi à des réponses certaines aux questions posées par le réservoir Kénogami. Il serait cependant souhaitable d'appliquer de façon rigoureuse la méthodologie proposée dans le cadre d'un projet structuré et disposant de moyens suffisants.

2. Projet-pilote de gestion des eaux du bassin du lac Kénogami

Nous croyons donc que la méthodologie proposée mériterait une expérimentation plus complète; notre recherche constitue d'ailleurs un plan de travail pour une recherche plus importante et plus approfondie, ayant comme cadre de travail le bassin du lac Kénogami. Les résultats et la méthode de gestion deviendraient alors applicables dans le cas de gestion des

eaux de bassins plus importants. Une telle expérience permettrait de tenir compte d'aspects négligés jusqu'ici.

Le site choisi pour réaliser nos recherches présente aussi des caractéristiques qui le rendent propice aux études techniques et aux analyses sociales. Le réservoir Kénogami, dans la région du Saguenay, est un aménagement de régularisation servant à des fins hydroélectriques, industrielles, municipales, récréatives et touristiques, comme nous l'avons vu précédemment. C'est donc un cas type d'aménagement à fins multiples dont il faut optimiser l'opération pour satisfaire au mieux les usagers. De plus, du point de vue politique et social, la région du Saguenay, du fait de son isolement géographique, se prête bien à des analyses sociales. Le projet d'aménagement du lac aux Ecorces qui viendrait se greffer au réservoir Kénogami contient, nous l'avons vu, un potentiel de conflits et des difficultés d'implantation. Le lac aux Ecorces étant situé dans le Parc national des Laurentides, qu'il nous suffise de penser au conflit généré par le projet d'aménagement de la rivière Jacques-Cartier pour nous convaincre de la nécessité de composer avec les contraintes et les objectifs sociaux et politiques. La loi-cadre des parcs, promise par le ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, pourrait contrecarrer et même compromettre tous les projets si seule la possibilité du réservoir du lac aux Ecorces était retenue...

Une expérience de ce type pourrait être l'occasion d'un projet-pilote de gestion de la ressource-eau, ayant pour cadre le bassin du lac Kénogami dans la région du Saguenay. Une telle recherche serait l'occasion d'expérimenter un processus de gestion des eaux, incluant des mécanismes de participation, des schémas de décision et des techniques d'optimisation; on

ne serait pas surpris alors d'y rencontrer dans un groupe conjoint les ingénieurs du ministère des Richesses Naturelles, les représentants des autres ministères concernés, les spécialistes de centres de recherches sur l'eau, sur l'information et sur l'urbanisation, qui travailleraient en équipes multidisciplinaires pour élaborer avec les usagers une solution adaptée au contexte local. Ils verraient ensuite à implanter cette solution à l'aide des utilisateurs. Les chances de réussite d'une telle entreprise d'aménagement ne seraient-elles pas alors sensiblement augmentées?

1. 1. 1.

2

REFERENCES ET BIBLIOGRAPHIE

1. 2. 3.

4.

REFERENCES

Partie I:

1. Cours de INRS-Eau Eau 241, aspects de la loi et sociologie relatifs à l'eau
Eau 242, analyse de systèmes de ressources en eau
2. Delisle, André, (1973), Mécanismes socio-politiques de gestion des eaux, information et participation, rapport interne, INRS-Eau.
3. Halbronn, M.G., (1970), Optimisation de l'ensemble d'un aménagement hydraulique intégré, S.H.F., 11e journées de l'Hydraulique, Paris.
4. Damas, José, (1969), Bassin du lac Kénogami: étude d'une retenue additionnelle au lac aux Ecorces, Avant-projet. Publication \$7, Ministère des Richesses Naturelles, Québec.
5. Côté, Camil, (1972), Analyse bénéfices-coûts du projet du lac aux Ecorces, rapport interne, ministère des Richesses Naturelles, Québec.
6. Tremblay, A.R.T., (1973) Bassin du lac Kénogami, Etude d'une retenue additionnelle au lac aux Ecorces, ministère des Richesses Naturelles, Québec.

Partie II:

7. Massé, Pierre, (1946), Les réserves et la régulation de l'avenir dans la vie économique, 2 volumes, Herman, Paris
8. Maass, Arthur et autres, (1962), Design of Water Resources Systems: New Techniques for Relating Economic Objectives, Engineering analysis and Governmental Planning, Harvard University Press.
9. Martel, R.J., et McLaughlin D., (1972), Analysing Organizational conflicts in water resource management: a systematic approach, Reading Mass.
10. Burke, R., Heany, J.P. et Pyatt, E.E., (1972), Political Interactions and Water Resources management: a quantitative approach, AWRA, Symposium Colorado.
11. Social and Economic aspects of Water Resources Development, Proceedings Symposium AWRA, N.Y. (1971)

12. Wengert, Norman, (1971), Public Participation in Water Planning: a critique of Theory, Doctrine and Practice, dans WRB, Vol. 7, No. 1.
13. Biswas, A.K. et Durie, R.W., (1971), Sociological Aspects of Water Development, WRB, Vol. 7, No. 6.
14. Fitch, King et Young, (1970), The optimization of the operation of a multi-purpose Water Resources System, WRB, Vol. 6, No. 4.
15. Villeneuve, J.P. et autres, (1972), Rationalisation du réseau Hydrométrique du Québec, INRS-Eau, Université du Québec.
16. Fiering, M.B., (1967), Streamflow Synthesis, Harvard University Press.
17. Yound, Orlob et Roerner, (1970), Decision Criteria for Using Stochastic Hydrology, Proceedings ASCE (HY4)
18. Buras, Nathan, (1966), Dynamic Programming in Water Resources Development, dans "Advance in Hydroscience", Vol. 3, A.P., N.Y.
19. Bellman, Richard E., (1957), Dynamic Programming, Princeton U.D., No. 1.
20. Beightler, Meier, (1968), Dynamic Programming in Water Resources Development, Symposium AWRA, Colorado.
21. Hadley, W. (1964), Non linear and Dynamic Programming, Reading, Mass.
22. Hall, Warren A, Buras, Nathan, (1961), The Dynamic Programming Approach to Water Resources Development, Journal of Geophysical Research, 66 (2)
23. Hall, Warren A., (1964), Optimum Design of Multi-Purpose Reservoirs, J. Hyd., ASCE, 90 (HY4)
24. Buras, Nathan, (1962), Dynamic Programming Methods Applied to Watershed Management Problems, Trans. ASAE, 5
25. Hall, Warren A., Buras, Nathan, (1961), Optimum Irrigated Practice Under Conditions of Deficient Water Supply, Trans ASAE, 4 No. 1
26. Little, J.D.C., (1958), The Use of Storage Water in a Hydroelectric System, J. Oper. R.S. of Am., Vol. 3
27. Buras, Nathan, (1963), Conjunctive Operation of Dams and Aquifers, J. Hyd., ASCE, 89 (HY6)
28. Young, G.K., (1966), Techniques for Finding Reservoir Operating Rules, Ph.D. Thesis, Harvard, Mass.

29. Hall, W.A. et Roefs, T.G., (1966), Hydropower Project Output Optimization, ASCE, J. Power Division (921 PD 1)
30. Young, G.K. (1967), Finding Reservoir Operating Rules, ASCE, J. Hydrology.
31. Fox, Irving K., (1969), Strategic Considerations in attaining water Resources planning goals, Journal WPCI
32. Flack, J. Ernest, (1972), Public Participation in Water Resources: new techniques for participative planning, AWRA, 8e conférence, Missouri.
33. Bregha, Francis J., Public Participation in planning policy and programme, Ministère des services sociaux et communautaires, Ontario.
34. Bulkley, J.W. et Antill, J., (1971), Validation of Political Simulation models, water Resources Projects, WRB, Vol. 7, No. 5.
35. Burke, R., Heany, J.P. et Pyatt, E.E., (1972), Water Resources and Social Chances, AWRA, 8e conférence, Missouri.
36. Bulkley, J.W. et McLaughlin, R.T., (1966), Simulation of Political Interaction in multiple purpose river basin development, Hydro dynamic laboratory, Report No. 100, MIT
37. Dubos, René, (1973), Les dieux de l'écologie, Fayard, Paris
38. Criss, R.R., (1971), Socio-Economic accounting applied to water resource planning, WRB, Vol. 7, No. 4
39. Flack, J.E. et Summers, D.A., (1971), Computer aided conflict resolution in water resources planning: an illustration, dans WRB, Vol. 7, No. 6.
40. Curran, T.P., (1971), Water Resource Management in the Public Interest, dans WRB, Vol. 7, No. 1
41. Allee, D. et autres, (1971), The Why and How of University education outside the classroom for water resources, AWRA proceedings, Ithaca, N.Y.
42. Arnstein, S.R., (1969), A ladder of Citizen Participation, AIP Journal, Vol. 35, No. 4.
43. Brune, D.H., (1968), Citizen Action in Water, AWRA Proceedings

Partie III:

44. Morin, Guy, (1970), Exploitation d'un réservoir, Thèse de maîtrise, Université Laval.

Note: Toutes les données recueillies pour construire les tableaux ont été trouvées ou estimées (E) à partir d'informations recueillies au cours des enquêtes ou dans les publications suivantes.

45. Géographie de l'industrie manufacturière du Québec, MIC, Québec, 1970.
46. Survey of Industries, par Financial Post, 1970
47. Canadian Trade Index, par The Canadian manufacturers Association, 1969
48. Répertoire Géographique du Québec, MTF, Québec, 1969
49. Répertoire des manufactures,
Répertoire des municipalités, MIC, Québec, 1969
50. Analyse Budgétaire: municipalités du Québec,
Renseignements statistiques: municipalités du Québec
51. Quebec Industries: a short survey, MIC, Québec, 1968-69.
52. Perspectives démographiques 1961-2001, MIC, Québec, 1969.
53. Annuaire du Québec 1971, MIC, Québec, 1971.
54. Rapports Annuels, REQ, 1969.
55. Superficies des Bassins Versants du Québec, MRN, Québec.
56. Aménagement Hydrauliques et réservoirs du Québec, MRN, Québec, 1962.
57. Bassin du lac Kénogami: Etude d'une retenue additionnelle, Avant-projet et annexes, MRN, Québec, 1969.
58. Jurdant, M. et autres, (1972), Carte Ecologique de la région du Saguenay Lac St-Jean: notices explicatives, Environnement Canada.
59. Esquisse du plan de développement: rapport synthèse, Mission de planification du Saguenay-Lac St-Jean, OPDQ, 1969.
60. Couët, Jean-Marie, (1971), Livre Blanc pour la réalisation d'une industrie touristique au Saguenay-Lac St-Jean, CRD.

61. Les problèmes de l'eau au Saguenay-Lac St-Jean, SNQ, CRD, (2 volumes), 1970.
62. Dancose, Marc, (1970), Le Grand Portage, Chicoutimi.
63. Gagné, Camille, (1966), Projet d'aménagement d'un parc récréatif et touristique régional au lac Kénogami, Chambre de Commerce de Jonquière.
64. Aris, R., Nemhauer, G.L. et Wilde, D.J. (1964), Optimization of Multistage and Branching Systems by serial Prodecures, AICE Journal, Vol. 10.
65. Beightler, C.S., Johnson, D.B., Wilde, D.J., (1965), Superposition on Branching Allocation Problems, J. Math. Anal. Appl. 12
66. Meier, W.L., Beightler, C.S., (1967), An Optimization Method for Branching Multistage Water Resources Systems, W.R.R., 3.
67. Meier, W.L., Beightler, C.S., (1968), Branch Compression and Absorption in Non-Serial Multistage Systems, J. Math. Anal. Appl., 21.
68. Young, G.K., (1968), The Tradeoff Between Flood Control and Low Flow Regulation, W.R.R., Vol. 4, No. 3.
69. Young, G.K., (1968), Chinking up some Cracks, Communication "National Symposium on the Analysis of Water Resources Systems", AWRA Colorado.
70. Wilde, D.J., (1964), Optimum Seeking Methods, Prentice Hall, New Jersey.
71. Wilde, D.J., Beightler, C.S., (1967), Foundations of Optimization, Prentice Hall, New Jersey.
72. Cooper, L., Steinberg, D., (1970), Introduction to Methods of Optimization, Saunders, Toronto.
73. Charbonneau, R., Fortin, J.P., Girard, G., (1970), Précision et sensibilité des modèles paramétriques, non publié encore
74. Weber, Peters, Frankel, (1968), California Digital Computer Approach to Ground Water Bassin Management Studies, Communication présentée au Colloque de l'AISH/IASH à Tucson.
75. Delisle, A., Villeneuve, J.P. et autres, (1974), Mallette d'information du Réservoir Kénogami, INRS-Eau, "Gestion de l'eau, optimisation...", Annexe II.
76. Delisle, A., Villeneuve, J.P., (1974), La programmation dynamique, INRS-Eau, "Gestion de l'eau, optimisation...", Annexe I.

1. 2. 3.

4.

BIBLIOGRAPHIE

I. Modèles techniques et programmation dynamique:

- A. Théorie générale
- B. Références et historique
- C. Application et exemples
- D. Simulation

II. Modèles socio-politiques et participation:

- A. Modèles socio-politiques
- B. Planification de la participation
- C. Information

Note: Cette bibliographie ne reprend pas les articles et volumes cités en références.

Cette liste n'est pas exhaustive; ce sont des articles et sujets ayant fait l'objet de lectures en rapport avec le projet d'études.

I - SIMULATION TECHNIQUE ET PROGRAMMATION DYNAMIQUE

A. THEORIE GENERALE

Bellman, R.E., Dreyfus, S.E., (1962), Applied Dynamic Programming, Princeton University Press, New Jersey.

Bellman, R.E., (1960), Adaptive Control Processes: A Guided Tour, Princeton University Press, New Jersey.

Aris, Rutherford, (1964), Discreet Dynamic Programming, Blaisdell, New York

Newhauser, George L., (1966), Introduction to Dynamic Programming, John Wiley and Sons Inc., New York

Buras, Nathan, (1966), Dynamic Programming in Water Resources Development, Advance in Hydrosience, Vol. 3, (Ed. Ven Te Chow) AP New York.

Hufschmidt, Maynard M., (1964), Field Level Planning of Water Resources Systems, W.R.R., 1 (2)

Maass, Hufschmidt, M.M., (1959), In Search of New Methods for River System Planning, J. Boston, S.C.E., 46

B. REFERENCES ET HISTORIQUE

Chow, Ven Te Ed., (1964), Handbook of Applied Hydrology, McGraw Hill, New York, (section 26).

C. APPLICATIONS ET EXEMPLES

Hall, Warren A., (1963), Aqueduct Capacity Under an Optimum Benefit Policy, Trans. ASCE, 128, Part III

Proc. ASCE, J. Irr. and Drainage, 87, (IR3) 1961

Bernholtz, B., Shelson, W., Kesner, O., (1958), A Method of Scheduling Optimum Operation of Ontario Hydro's Sir Adam Beck Niagara Generating Station, Power App. and System.

Bernholtz, B., Graham, L.J., (1960), Hydro Thermal Economic Scheduling Solution by Incremental Dynamic Programming, AIEE Conference Paper (CP 60-280)

California State Water Resources Board, Bulletin 3, The California Water Plan

- Dorfman, R., (1959), Design of Simple Valley Project, HWRP
- Liebman, J.C., Lynn, Walter R., (1966), The Optimal Allocation of Stream Dissolved Oxygen, W.R.R., 2 (3)
- Fuka⁵, T., Nureki, R., (1962), Successive Approximation Methods of Dynamic Programming in Reservoir Control Problems, Bull. Electrotech. Lab. (Tokyo), 26.
- Hall, W.A., Buras, Nathan, Optimum Irrigated Practice Under Conditions of Deficient Water Supply, Trans ASAE Gen. E., Vol. 4, No. 1.
- Fukao, T., Yamazaki, T., Kimura, S., (1959), An Application of Dynamic Programming to Economic Operation Problems of a Power System, J. Inst. E.E., (Tokyo), 79.
Electrot. J. Japan, 5 (2) (en anglais) 1959
- Fukao, R., Yamazaki, T., (1959), A solution Method of Economic Operation of Hydrothermal Power Systems Including Flow-Interconnected Hydro Power Plants (Dynamic Linear programming method), J.I.E.E., (Tokyo), 79, (en japonais).
- Kimura, M., others, (1959), Numerical Solution by Dynamic Programming of the Problem of Economic Load Allocation in a Hydro Thermal Electric System, J.I.E.E., (Tokyo) (en japonais)
- Tsvetkov, E.V., (1959), Economic Operation of Hydrogenerating Stations Operating in parallel with Stream Generating Stations, Elektr, Stantsii (Moscow), 5.
- Hall, W.A., Howell, D.T., (1963), The Optimization of Single Purpose Reservoir Design with the Application of Dynamic Programming to Synthetic Hydrology Samples, J. Hydrol. 1.
- Hall, W.A., Roefs, T.G., (1966), Hydropower project output optimization, J. Power Div. Proc. ASCE.
- Parikh, S.C., (1966), Linear Dynamic Decomposition programming of Optimal Long-Range Operation of a Multiple Multi-Purpose Reservoir System, Proc. Fourth Inter. Conf. O.R., Boston, Mass.
- Hall, W.A., Butcher, W.S., Esogbue, Austin, (1968), Optimization of the Operation of a Multiple-Purpose Reservoir by Dynamic Programming, W.R.R., 4 (3).
- Schweig, Z., Cole, J.A., (1968), Optimal Control of Linked Reservoirs, W.R.R., 4 (3)
- Young, G.K., Kenneth, G., (1968), Techniques for Finding Reservoir Operating Rules, Ph.D. Thesis, Harvard University, Mass.

- Young, G.K., (1968), Chinking up some Cracks, Communication présentée au "National Symposium on the Analysis of WRS", AWRA, Colorado.
- Hall, W.A., Butcher, W.S., (1968), Optimal Timing of Irrigation, J. Irr. and Drainage Div. Proc. ASCE, (IR2).
- Young, G.K., Gitto, L.F., (1967), Streamflow Regulation for Acid Control, IBM Scientific Computing Symposium.
- Young, G.K., Schrecongost, R., Fitch, W.N., (1969) Design Sensitivity of Pollution Control Reservoirs, San. Eng. Div. J., ASCE.
- Young, G.K., (1967), Finding Reservoir Operating Rule, Hyd. J. ASCE.
- Fukao, T., (196), A Computational Method for Dynamic Linear Programming, J.O.R., Soc. Japan
- Tsvetkov, E.V., (1962), An Algorithm for the Solution of a Digital Computer of Three problems of Optimization in Time of Hydro Power Production, SSSR, Energ. i Automat. No. 1 54 - 62.
- Fukao, T., Yamasaki, T., (1960), A Computational Method of Economic Operation of Hydrothermal Power Systems Including Flow Inter-Connected Hydropower Plants, Electrot. J. Japan 6
- Young, G.K. (1968) Reservoir Management: the Tradeoff Between Low Flow Regulation and Flood Control, W.R.R., 4 (3).
- Codran, G.F., Butcher, W.S., (1970), Dynamic Programming for Optimum Conjunctive Use, W.R.B., 6 (3).

D. SIMULATION

- Fering, M.B., (1972), Queuing Theory and Simulation in Reservoir Design, Trans. ASCE 127.
- Tocker, K.D., (1963), The Art of Simulation, English University Press
- Chorafar, D.M., (1966), La simulation mathématique et ses applications, Paris, Dunod.
- Chorafar, D.M., (1962), Systemes and Simulation, Academic Press
- Dixon, H., (1970), Simulation of Spatial and temporal changes in water quality within a hydrologic unit, W.R.B. 6 (4)
- Martin, F.F., Computer Modelling and Simulation, J.W. and Sons, N.Y.
- Agard, J., et autres (1968), Les méthodes de simulation, Paris, Dunod

- Smith, J., Computer Simulation Models
- Hufsmidt, Fering, (1966), Simulation Techniques for Design of Water Resources Systems, Harvard Univ. Press.

NOTE: Les principales bibliographies classifiées sont dans:

- Feering, M.B., (1967), Streamflow Synthesis, Harvard University Press
- Buras, Nathan, (1966), Dynamic Programming in Water Resources Development, dans "Advance in Hydrosceince", Vol. 3, Ed. V.T. Chow, New York, Acad. Press.

II - SIMULATION SOCIO-POLITIQUE ET PARTICIPATION

A. MODELES SOCIO-POLITIQUES

- Bertalanffy, L.V., (1968), General System Theory, Brazilles, N.Y.
- Campbell, Th.H. et Sylvester, R.O., (1968), Water Resources Management and Public Policy.
- Dalkey, N.C., (1969), The Delphi Method: an experimental Study of Group Opinion, RM 5888 PL, Rand Co., Calif.
- Dorfman, R., et Jacoby, H.D., (1971), A Model of Public Decisions illustrated by a Water Pollution Policy Problem, dans "Public Expenditure and Policy Analysis", Marblan, Chicago.
- Elfers, K., et Hufschmidt, M.M., (1971), Water Resource Planning in the Urban-Metropolitan Context.
- Flack, J.E., (1971), Allocation of Resources, dans "Treatise on Urban Water Systems" par Albertron M.L. et autres, Eds Colorado State University.
- Flack, J.E., (1971), Nature and Need for Interdisciplinary attacks in Problems of urban water management, Urban Water Resources Management, American Society of Civil Engineers, N.Y.
- Gates, M., et autres (1970), Application of Industrial dynamics concepts to decision making in environment management, W.R.R., 6 (6)
- Howards, I., and Kaynor, E., (1971), Institutional Patterns in Evolving Regional Programs for Water Resources Management, W.R.R., U. of Mass.
- Hufschmidt, M.F. (1965), Field Level Planning of Water Resource Systems, W.R.R. 1

- Ingran, H., (1971), Patterns of Politics in WRD, Natural Resources Journal.
- Ippen, A.T., (1970), Water Environment and Human Needs.
- Kallzer, V.A. (1970), Water Management and multiple use, SCSA, 25e symposium, Canada.
- Lamb, S., (1968), Human Dimensions of Resource Management.
- Mules, R.M. et autres, (1970), A dynamic Model of Water Quality Management Decision Making, Eng. Science, RID Lab.
- McGee, E.T. et Johnson, W.K., (1970), Uses of simulation in river basin planning.
- McLaughlin, Dennis, (1972), The Use of Simulation to study the Implications of public policy, Proc. Conf. Cybernetics and Society.
- Mesarovic, M.D., (1964), Views on General System Theory, Wiley and Sons, N.Y.
- Murray, T., et autres, (1971), Honey Hill: a systems analysis for planning the multiple use of controlled water areas.
- Napier, T.L. (1972), Social Psychological response to forced relocation due to watershed Development, W.R.B., Vol. 8, No. 4.
- Parsons, T., (1957), The social System, Free Press, N.Y.
- Sinton, J.W., (1964), Charles River: an urban river in its changing social context, dans MWP 29, No. 23.
- Schvary, H., (1972), The NAR Study: a case Study in Systems Analysis, W.R.R.
- Whipple, W. Jr., Designing an environmental study to meet the needs of plan formulation and evaluation, (voir référence 1)
- White, G.F., (1969), Strategies of american water management, The University of Michigan Press, Ann Harbor.
- Wilkinson, K.P., (1966), Local action and acceptance of watershed development, State College, Mississippi State University, WRII.
- Wilkinson, K.P., (1969), Special Agency Program Accomplishment and community action styles: the case of watershed development, Rural Sociology 34
- Wilson, I.G., et Wilson, M.E. (1965), Information Computers and System Design, John Wiley and Sons Inc., N.Y.

B. PLANIFICATION DE LA PARTICIPATION

- Bishop, A.B., (1970), Participation in water Resources Planning, IWR.
- Biswas, A.K., (1973), Mathematical models and their use in water resources decision making, Proc. 14e congrès IAHR, Paris.
- Biswas, A.K., (1973), Social and Institutional models in systems approach to water management, Amer. Elsevier Pub., N.Y.
- Biswas, A.K., (1973), Mathematical models for the planning and management of the Saint. John River Systems, Proc. Int. Symposium on River Mechanics, Thailand.
- Biswas, A.K., et Reynolds, P.S., (1971), Socio-economic simulation for water resource system planning, Proc. 13e cong. IARH, Japon.
- Biswas, A.K., (1973), Socio-economic considerations in water resources planning, WRB, Vol. 4, No. 4.
- Ball, I.T., (1973), Institutional Interaction in Metropolitan water resources planning, WRB, Vol. 9, No. 3.
- Black, Peter E., (1970), The watershed in principle, dans WRB, Vol. 6, No. 2.
- Pracken, D., 1973), Social Goals and Evaluation of Resources Commitments, WRB, Vol. 9, No. 3.
- Ballmeg, J.A., et Ibsen, C.A., (1971), Water Resources as Social Problems, WRB, Vol. 7, No. 5.
- Dodge, B.H., (1973), Achieving Public Involvement in the Corps of Engineers Water Resources Planning, WRB, Vol 9, No. 3.
- Dynes, R.R. et Winger, D., (1971), Factors in the Community Perception of Water Resources Problems, WRB, Vol. 7, No. 4.
- Dion, Léon, Participating in the political process, dans "Queen's Quaterly.
- Dion, Léon, (1969), A la recherche d'une méthode d'analyse des partis et groupes d'intérêts, dans "Revue Canadienne de Science Politique, Vol. 2, No. 1.
- Havlick, S.W., (1970), The construction of trust, Water Spectrum, 1 (2).
- Kaynor, E.R. et Howards I., (1971), Limits on the Institutional Frame of Reference in Water Resource Decision Making, WRB, Vol. 7, No. 6.
- McKusick, R.B. et autres, (1973), The Development of a plan of study: an Interagency approach to Multiobjective Planning, WRB, Vol. 9, No. 3.

- Rein, M., (1969), Social Planning: The search for legitimacy, Journal AIP, Vol. 35, No. 4.
- Smith, C.L. et Hogg, T.C., (1971), Cultural Aspects of Water Resources Development: past, present and future, dans WRB, Vol. 7, No. 4.
- Warner, K.P., (1971), Public Participation in Water Resources Planning, National Water Commission.
- Warner, K.P. et autres, (1970), The Susquehanna Communication - Participation Study: Selected approaches to public involvement in Water Resources Planning, Institute for Water Resources, 70-6.
- Wenger, D., (1970), Towards a comparative model for the analysis of community power, Ph.D. Thesis, Ohio St. Univ. Lib.
- Wengert, N., (1973), What do we mean by "metropolitan water management institutions", WRB, Vol 9, No. 3.
- White, G.F., (1969), Strategies of American Water Management, Ann Arbor, U. of Michigan Press.

C. INFORMATION

- Burns, R.M., (1973), Consultation and the Government process, dans Essais 1, L'homme et les ressources CCMRE, Montréal.
- Fisher, J.L., (1962), Some thoughts on resource education, dans "Resource for the Future", Annual Report, Washington.
- Mudory, N., (1972), Changing Attitudes in Water Resources Development in the province of Manitoba, 8e AWRA Conf.
- Pease, J.R. (1971), Public Service and the Public University Environmental Problem Solving and Research.
- Symington, P.F., (1961), Information et Education sur les ressources renouvelables du Canada, "Les Ressources et notre avenir", Ottawa.
- Wronski, W., (1971), The public servant and protest groups, Canadian Public Administration, Vol. 14, No. 1.

NOTE: On trouve plusieurs articles pertinents sur le sujet dans:

Social and Economic Aspects of Water Resources Development, Proc. of the symposium, AWRA, Ithaca, N.Y., 1971.

Environnement: Education, Culture et Problèmes d'en-
vironnement, Actes du Colloque sur l'environnement,
Critère, Montréal, Janvier 1972

TITRE: LA PROGRAMMATION DYNAMIQUE

par André Delisle, Ing., INRS-EAU

et Jean-Pierre Villeneuve, Dr. Ing., Professeur, INRS-EAU

Annexe I de:

"Gestion de l'eau, optimisation technique
et socio-politique de l'utilisation de la
ressource-eau d'un bassin"

TABLE DES MATIERES

- I.1. Approche de Hall
 - I.1.1. Exposé du problème
 - I.1.2. Optimisation dans l'espace ou le temps
 - I.1.3. Formulation générale
 - I.1.4. Systèmes sériels et non sériels
- I.2. Méthode de Young
 - I.2.1. Algorithme de Young
 - I.2.2. Application au Réservoir Kénogami
 - I.2.3. Méthode complète
- I.3. Comparaison MCDP et SDP
- I.4. Prévision Hydrologique
- I.5. Détermination de la fonction des coûts
- I.6. Solution du problème par l'algorithme de Young
(Cahier IBM)

LA PROGRAMMATION DYNAMIQUE

La programmation dynamique est une méthode d'optimisation utilisée surtout dans le cas de fonction d'objectifs et de contraintes non linéaires. Elle est utile dans les problèmes de gestion des ressources en eau qui présentent souvent ces caractères. Très tôt, elle a été utilisée dans l'étude des systèmes hydriques.

I.1. Approche de Hall

Hall et Buras²² dans le but d'avoir une connaissance plus complète et globale du système, utiliseront la programmation dynamique pour répondre à certaines questions:

- 1) Où devraient être les réservoirs et de quelle capacité?
- 2) Comment allouer l'espace d'emménagement pour les usages désirés?
- 3) Comment distribuer par régions ou utilisateurs l'eau emmagasinée pour chacun de ces usages?

Il y a dépendance ou hiérarchie verticale, de bas en haut, de ces questions, ainsi on répond d'abord à la question trois, ensuite deux et enfin un. Quand les réponses aux questions d'un niveau sont obtenues ou estimées avec une précision suffisante, le niveau supérieur peut être examiné.

I.1.1. Exposé du problème

On peut maintenant poser le problème de façon théorique. Tout d'abord, on suppose connues les fonctions de bénéfice total provenant d'un réservoir en fonction de l'emménagement (et ceci pour chacun des sites que l'on veut développer dans l'analyse du système). Le problème revient à déterminer l'emménagement à chacun des réservoirs qui maximisera le

profit total réalisable par la gestion du système. Une restriction existe cependant sur la quantité maximum d'eau utilisable.

<u>Notation</u>	$i = 1 \dots n$	indice des sites à développer
	$f_i(R_i)$	bénéfice pour le ier site
	S_i	emmagasinement du réservoir i
	Q	limite supérieure d'eau utilisable
	Z	profit total provenant de toutes les utilisations

Le problème peut donc s'écrire

$$Z = \text{MAX} \left\{ \sum_{i=1}^n f_i(R_i) \right\}$$

avec comme contraintes

$$\sum_{i=1}^n R_i \leq Q, R_i \geq 0$$

Ceci représente une équation que l'on peut résoudre par programmation dynamique (processus à n étapes). Le problème est traité de façon séquentielle considérant les décisions qui seraient prises si on avait seulement un, deux, trois jusqu'à "n" sites à développer.

Ceci nous oblige à définir une fonction intermédiaire $\lambda_n(\phi_n)$ représentant le profit net total pour un processus à "n" étapes commençant avec ϕ eau utilisant une politique optimale.

Pour un seul site

$$\lambda_1(\phi_1) = \text{MAX} \left\{ f_1(R_1) \right\} \begin{array}{l} 0 \leq R_1 \leq \phi \\ 0 \leq \phi_1 \leq Q \end{array}$$

Pour deux sites

$$\lambda_2(\phi_2) \quad \text{MAX} = \left\{ f_2(R_2) + \lambda_1(\phi_2 - R_2) \right\} \begin{cases} 0 \leq R_2 \leq \phi_2 \\ 0 \leq \phi_2 \leq Q \end{cases}$$

Pour établir cette équation, on a dû utiliser le "principe d'optimalité" statué par Bellman¹⁹. La recette totale est la somme des recettes provenant des sites un et deux. La fonction $f_2(R_2)$ peut être quelconque (semblable ou différente de f_1). La solution est encore ici sous forme d'une fonction qui passe par toutes les valeurs admissibles de ϕ i.e. $0 \leq \phi \leq Q$.

Et ainsi de suite jusqu'à n sites pour laquelle la relation générale s'écrit

$$\lambda_n(\phi_n) = \text{MAX} \left\{ f_n(R_n) + f_{n-1}(\phi_n - R_n) \right\} \begin{cases} 0 \leq R_n \leq \phi_n \\ 0 \leq \phi_n \leq Q \end{cases}$$

Dans cette équation, l'expression entre crochets donne la fonction des objectifs, la variable ϕ (de même dimension R) définit l'état du système, l'ensemble des R constitue la politique et les contraintes sont représentées par des limites sur ϕ . Les fonctions f ont été supposées connues (ou estimées raisonnablement). Nous devons lever cette restriction en solutionnant le problème du deuxième niveau.

La question qui se posera à ce point sera: comment devra-t-on utiliser le volume d'eau emmagasiné pour créer des bénéfices maxima à chacun des sites? Considérons les utilisations maximales de l'eau pour un tel site: irrigation, production d'énergie électrique, consommation industrielle, consommation municipale, contrôle des crues, navigation, récréation, contrôle de salinité, diminution de pollution, etc...

Chacune de ces utilisations produit un bénéfice $f_j (R_j)$ où l'indice réfère à chacune en particulier. On suppose que chacune de ces fonctions de bénéfices est connue pour une politique optimale, ce qui pourra être déterminé au prochain niveau du problème ou pour un estimé très raisonnable.

Alors le problème peut être posé: la détermination des R_j qui donneront une recette maximum en utilisant tout l'espace disponible dans le réservoir - en d'autres termes, le R_i qu'on utilise au premier niveau du problème.

$$f_i (R_i) = \text{MAX} \left\{ \sum_{j=1}^m f_j (R_j) \right\} \quad j = 1 \dots m$$

Ceci s'écrit

$$\text{Sujet à} \quad \sum_{j=1}^m R_j = R_i \quad \text{et} \quad R_j \geq 0$$

Cette équation requiert aussi une solution dynamique, nous voulons connaître la série des R_j pour toutes les valeurs possibles de R_i .

Dans l'exposé de ce second niveau, on présumait que la fonction bénéfice f_j était connue pour une politique optimale; le troisième niveau du problème verra à déterminer les $f_j (R_j)$.

Comme exemple, considérons le j référant à l'irrigation. La fonction bénéfice dépendra en général de la façon dont l'eau emmagasinée pour l'irrigation sera distribuée sur les différentes régions géographiques. Numérotions les régions 1, 2, ..., k, ..., p. On obtiendra un bénéfice $f_k (R_k)$ de chacune de ces régions, dépendant de R_k le volume alloué à une région donnée k. Nous présumons encore que ce f_k est déterminé par une optimisation subséquente (4e niveau) ou par un estimé au mieux de nos connaissances.

Le problème de ce troisième niveau consiste donc à trouver la série des R_k (fonctions de R_j) qui maximisera les profits provenant de toutes les $\frac{P}{j}$ régions; on l'écrit:

$$f_j (R_j) = \text{MAX} \left\{ \sum_{k=1}^P f_k (R_k) \right\}$$

$$\text{Sujet à } \sum_{k=1}^P R_k \leq R_j \quad \text{et} \quad R_k \geq 0$$

C'est encore la solution dynamique qui doit déterminer les R_k pour toutes les valeurs possibles de R_j .

La structure de la solution apparaît très clairement dans les équations similaires du 1er, 2e et 3e niveau, différant les uns des autres seulement par les indices. On peut continuer ce procédé jusqu'à un niveau où le bénéfice optimum est raisonnablement bien estimé, ou où l'optimisation est en dehors du contrôle des hydrologues planificateurs.

I.1.2. Optimisation dans l'espace ou le temps

Le cas traité depuis le début a été présenté pour illustrer la dérivation d'équations fonctionnelles dans le cas d'optimisation en espace, l'eau doit être allouée de façon optimale à n usagers. Dans ce cas, la transformation changeant l'état du système (d'une phase à une autre) est due simplement à des contrôles externes au système lui-même.

On peut penser des cas d'optimisation en temps. Dans ce cas, la transformation qui change le système est due non seulement à des contrôles externes, mais aussi à des forces internes.

Si on écrit le problème pour le cas d'un réservoir de capacité S max, l'état du système sera décrit par la quantité d'eau emmagasinée ϕ

telle que $0 \leq \phi \leq Q$. Le problème est de déterminer les décharges mensuelles R , quand les débits moyens d'entrée sont q et les bénéfices $f(R)$ de façon à maximiser le profit annuel ou total.

$$\text{Alors, } \lambda_n(\phi_n) = \text{MAX} \left\{ f_n(R_n) + f_{n-1}(\phi_n - R_n + q_{n-1}) \right\}$$

L'algorithme de Young expliqué plus loin est classé dans ce type d'optimisation en temps pour trouver les règles d'opération d'un réservoir.

I.1.3. Formulation générale

On peut reformuler le problème de ressources hydriques résolu par la méthode de programmation dynamique - approche de Hall et Buras - de façon beaucoup plus générale.

On définit S_n le vecteur d'état du processus, c'est-à-dire l'ensemble des variables qui caractérisent physiquement son évolution.

T_k est une fonction de transfert par laquelle un état d'entrée est transformé (par la variable de décision R) en état de sortie. Cette transition peut être caractérisée par une fonction mathématique ou par un programme sur ordinateur dans les cas les plus compliqués.

Les interrelations entre les différents stages sont caractérisées par les identités d'incidence. On peut représenter graphiquement (voir figure I.1) cette méthode. Un système à plusieurs stages est complètement défini par ses stages et ses identités d'incidence; celles-ci seront différentes pour les cas d'optimisation en temps et en espace.

La recette dérivée de chacun des stages est fonction de la décision et de l'état du système: $f_i = f_i(\phi_i, R_i)$. Le profit total Z est la somme

Fonction de transfert $T_i \longrightarrow \hat{S}_i = T_i (S_i, R_i)$

Identités d'incidence $I_i \longrightarrow S_{i+1} = I_i (S_i, q_i)$

i peut varier de 0 à $N \longrightarrow$ procédure en avançant

de N à 0 \longrightarrow Procédure à reculons

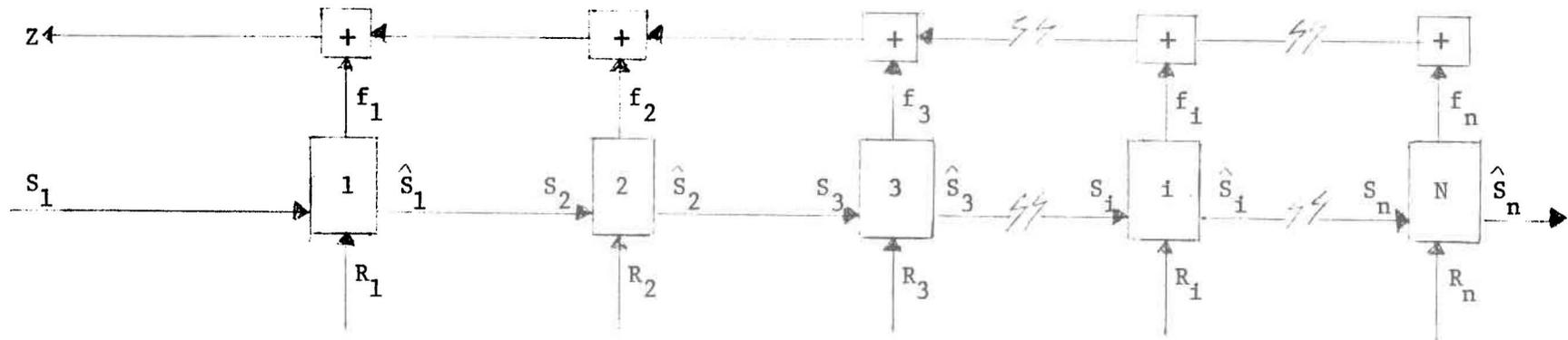


Figure I.1. - Diagramme fonctionnel pour un système sériel à plusieurs phases

des profits de chacun des stages. L'optimisation nécessite la définition d'une équation fonctionnelle qui s'écrit de façon générale

$$\lambda_n(\phi_n) = \text{MAX}_{R_n} \left\{ f_n(\phi_n, R_n) + \lambda_{n-1} [T_n(\phi_n, R_n)] \right\}$$

En bref, on substitue à l'optimisation d'une fonction à n variable l'optimisation de n fonctions d'une seule variable, fonctions reliées par les relations de récurrence. Elles traduisent le principe d'optimalité de Bellman: une politique optimale (ensemble de décisions optimales) est telle que pour un état initial et une première décision quelconque, les décisions qui suivent devront constituer une politique optimale.

I.1.4. Systèmes sériels et non sériels

Si le système étudié est constitué d'une seule chaîne, c'est-à-dire si chacune des phases succède à la précédente - et à elle seule - et précède une seule phase, alors, on a un problème à structure sérielle. Les problèmes de systèmes de réservoirs présentent rarement une structure sérielle, puisque la rivière principale et ses tributaires forment un ensemble de branches reliées les unes aux autres.

Les solutions suggérées par Hall et Buras²² étaient applicables seulement à des systèmes sériels. La limitation des méthodes de programmation dynamique à des systèmes sériels affectait sensiblement la valeur des études. Des méthodes ont toutefois été développées pour décomposer les problèmes à structure non sérielle en problèmes équivalents à une seule chaîne, que l'on peut résoudre par programmation dynamique^{64, 66}.

Pour les problèmes d'allocation dans lesquels f_j sont fonctions linéaires de R_j , la politique optimale pour le système à branches peut être

trouvée par superposition des politiques optimales de systèmes sériels formés du système complet. C'est une superposition de problèmes solutionnés par les méthodes ordinaires de la programmation dynamique, de là le nom de principe de superposition. Généralement la méthode de superposition est applicable seulement aux branches linéaires convergentes connaissant la valeur initiale, ou aux branches linéaires divergentes connaissant la valeur finale.

Dans les systèmes plus généraux dont les f_j sont quelconques (linéaires ou non-linéaires), le traitement est plus compliqué. Une première méthode ⁶⁶ a été développée entraînant l'introduction d'un état artificiel entre la branche et la chaîne principale. On optimise d'abord la branche en termes de cet état artificiel, on introduit cette valeur optimisée dans la chaîne principale, ce qui a pour effet de changer l'état du système à la jonction des chaînes. Par la suite, cette méthode a été considérablement améliorée ⁶⁷ par une décomposition adéquate des opérations d'optimisation au point de jonction de la branche. Un principe de compression a été formulé qui nous permet de réduire des branches convergentes à des pseudo-stages uniques intégrés à un système sériel équivalent. Une technique analogue a été appliquée aux branches divergentes; on l'a nommée principe d'absorption des branches. Ceci revient à remplacer des problèmes à deux décisions, par deux problèmes à une décision. De façon générale, cette méthode de décomposition nous permet de résoudre un système à branche comme une séquence de problèmes à n états nécessitant une décision, résolus par la programmation dynamique (sérielle). De telles réductions nous permettent donc de résoudre des problèmes très complexes dont la dimension rendrait l'analyse par des méthodes conventionnelles impossible.

Pour conclure cette approche théorique, disons que la solution des problèmes donne l'allocation optimale de la principale ressource (l'eau). Toutes les autres ressources de l'équation économique générale sont présumées disponibles à un prix non nécessairement constant. Opérationnellement, l'allocation optimale est faite à partir de certaines bases de prix. On peut alors observer les résultats dans le contexte économique et déterminer le réalisme des suppositions (recommençant si nécessaire).

Une solution utile n'est pas nécessairement complète, même quand l'état des connaissances ne permet pas plus que des "estimés raisonnables" de certains bénéfices, on est assuré que les bénéfices restants sont optimisés avec une solution meilleure quasi assurée, meilleure du moins que sans optimisation. A cause du principe d'optimalité, toute optimisation d'un niveau inférieur augmentera les bénéfices nets du niveau précédent. La méthode peut donc être utilisée sur des portions (isolables) du système pour augmenter les profits.

I.2. Méthode de Young

Nous avons jusqu'à maintenant développé un instrument mathématique puissant qui pourra être utilisé pour la planification des eaux. Young 28, 30 a eu une contribution très importante dans le domaine de l'intégration de la PD (programmation dynamique) à l'analyse de systèmes hydriques.

I.2.1. Algorithme de Young

Celui-ci a d'abord développé un algorithme de PD que nous expliquerons dans cette section; il s'est intéressé à optimiser en temps un processus à plusieurs étapes, en avançant dans le temps étape par étape.

Par exemple, considérons le cas d'un réservoir de capacité S max dont

on décrit l'opération. L'état du système sera décrit par une quantité d'eau emmagasinée S (S_n vecteur d'état du processus) S étant restreint par les dimensions du réservoir. T_i sera ici la fonction de transfert:

$$\begin{aligned}\hat{S}_i &= T_i [S_i, q_i, R_i] \\ &= S_i + q_i - R_i\end{aligned}$$

R_i étant le prélèvement i.e. la variable de décision à la période i . L'ensemble des R_i constitue la politique.

Et les identités d'incidence (ce problème est un cas de structure sérielle)

$$\hat{S}_i = S_{i+1}$$

ce qui veut dire que l'état du système à la fin d'un stage constitue l'état initial d'un stage suivant. La fonction des coûts est prise comme invariante d'une période à l'autre, i.e. $f_i(R_i) = f_{i+1}(R_{i+1})$. Le problème est donc de déterminer les décharges mensuelles R_i ($i+1, \dots, n$) connaissant S_i et q_i qui minimiseront le coût total.

$$Z = \underset{S_n}{\text{MIN}} \sum_{i=1}^N f(R_i) \quad \text{fonction économique}$$

$$\begin{aligned}\text{contraintes} \quad & 0 \leq S \leq S_{\text{max}} \\ & R_i \geq 0\end{aligned}$$

C'est donc un problème que l'on peut résoudre par PD en passant par des fonctions intermédiaires:

$$\begin{aligned}
 \lambda_1 (\phi_1) &= \text{MIN}_{R_1} f (R_1) \\
 & \quad 0 \leq R_1 \leq S_{\max} \\
 & \text{pour la première période} \\
 &= \text{MIN}_{\phi_1} f (-\phi_1 + S_1 + q_1) \\
 & \quad 0 \leq \phi_1 \leq S_{\max} \\
 & \quad \text{ou } S_1 - q_1
 \end{aligned}$$

Et on développe de la même manière que dans la première partie pour arriver à une forme plus générale:

$$\begin{aligned}
 \lambda_n (\phi_n) &= \text{MIN}_{\phi_n} \left\{ f (-\phi_n + S_n + q_n) + \lambda_{n-1} (S_n) \right\} \\
 & \text{avec } 0 \leq \phi_n \leq \max \phi_n = S_{\max} \text{ ou } \max \phi_{n-1} + q_n \\
 & \text{et } \phi_n - q_n \leq S_n \leq \max \phi_{n-1} \quad \text{si } q_n \leq \phi_n \\
 & \quad 0 \leq S_n \leq \max \phi_{n-1} \quad \text{si } q_n \geq \phi_n
 \end{aligned}$$

Alors,

$$Z = \text{MIN}_{\phi_N} \lambda_N (\phi_N) \quad \text{ou} \quad \text{MIN}_{S_{N+1}} \lambda_N (S_{N+1})$$

NOTE: On remarque que ϕ_N est une variable artificielle de même dimension que S_N mais correspondant à S_{N+1} . D'une période à l'autre, le système se transforme par des contrôles externes R_i et des forces internes q_i . On peut faire le diagramme fonctionnel de l'algorithme.

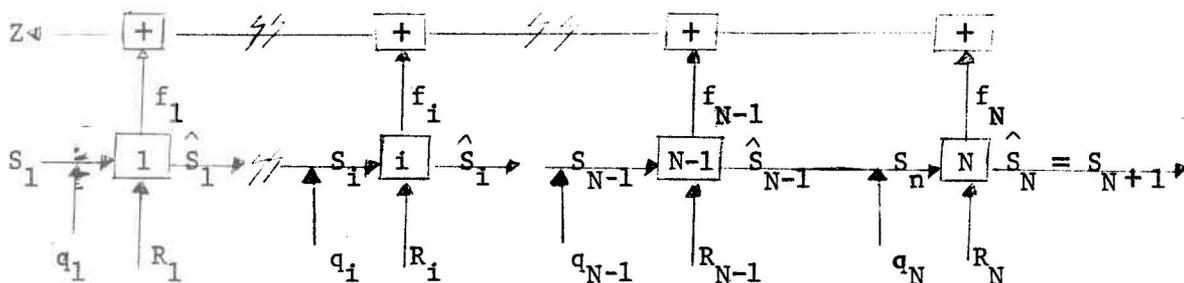


Figure I.2 - Diagramme fonctionnel de l'alg. de Young

Avec cet algorithme, il est donc possible de minimiser le coût Z pendant N périodes en déterminant les S_i de chacune des périodes: on connaît l'état initial du système et les apports à chacune des périodes.

On s'aperçoit que chacune des étapes du problème nécessite une optimisation. Cette tâche peut être très laborieuse pour un problème à plusieurs étapes. Il conviendra alors de choisir la méthode de recherche d'un optimum la plus adéquate dans chaque. Il s'agira peut-être de la méthode des dérivées, du gradient ou d'autre méthode^{70, 74, 79}. Nous avons utilisé une méthode de grille: recherche par point. Celui-ci peut être simplifié en faisant une recherche pour des points importants (privilegiés) déterminés d'avance.

I.2.2. Application au réservoir Kénogami

Pour mieux comprendre la méthode, nous l'avons appliquée à un réservoir, le réservoir Kénogami, choisi à cause des travaux existants et des valeurs déjà déterminées^{4, 44, 57}. Nous voulons trouver les règles d'opération optimales du réservoir (optimisation en temps) pour effectuer l'allocation optimale de la ressource; nous prenons la fonction des coûts comme paramètre économique.

A partir des informations disponibles, nous avons donc déterminé une fonction des coûts théorique, "fonction des coûts raisonnable" sans pouvoir définir raisonnable... enfin disons fonction provenant d'information incomplète et d'intuition pour le réservoir Kénogami. Cette fonction est très difficile à déterminer à cause d'influences économiques non déterminées et du fait du manque de données. Dans ce cas, nous voulons tenir compte des utilisations suivantes: contrôle de crues, production d'énergie, contrôle de qualité, maintien du niveau pour la plaisance. Pour le moment, nous ne tenons pas compte des difficultés sociales et légales, et nous estimons les coûts de pollution et de pénurie (plaisance) parce que ceux-ci sont les plus difficiles à obtenir et la détermination de tels coûts constitue à elle seule un domaine de recherches économiques et sociologiques.

Toutefois, nous nous sommes inspirés de travaux déjà existants établissant une complémentarité entre l'usage de l'eau pour le contrôle de crues et le contrôle de qualité: si on diminue le risque de pénurie on augmente le risque de crue et inversement. Pour des débits trop petits, les coûts (pollution, plaisance) sont très élevés et difficiles à déterminer; pour les prélèvements moyens, il n'y a aucun coût puisque nous avons là les débits désirés, enfin pour les débits très grands, les dommages d'inondations augmentent les coûts très rapidement. De là la forme de la fonction des coûts pour le réservoir Kénogami (voir chapitre I.5).

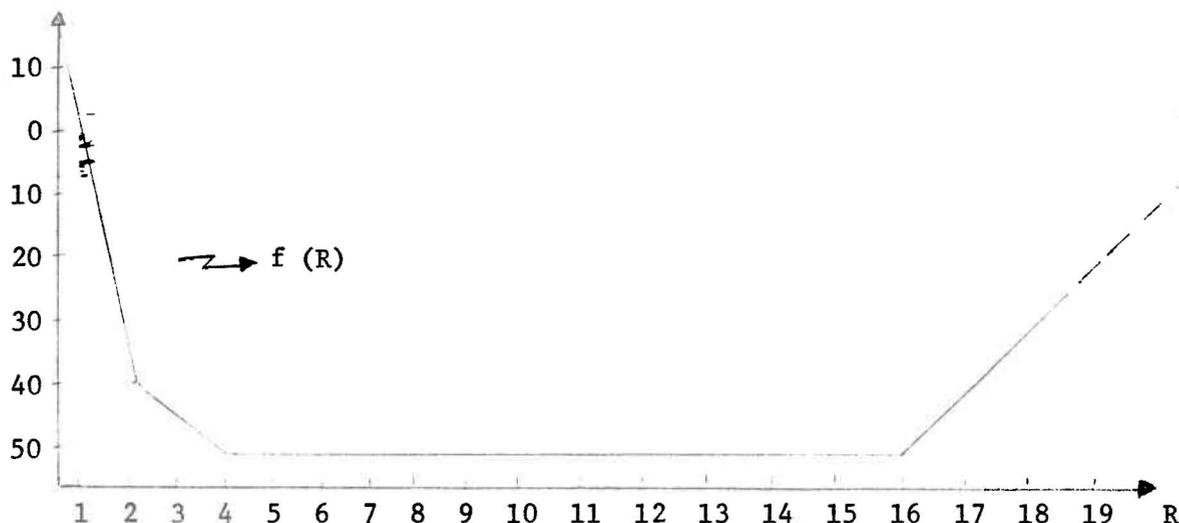


Figure I.3 - Fonction des coûts

Remarque: A cause de la difficulté d'évaluation des prix de pollution, il serait utile de varier le niveau de ces coûts et d'en étudier les effets sur la politique optimale.

Les valeurs importantes utilisées sont:

S_{\max} 5,150 pcs

T 4,090 pcs (prélèvement visé)

S_{\min} 2,440 pcs (prélèvement au dessous duquel il y a coût de pénurie)

S_{crues} (prélèvement au dessus duquel les dommages d'inondation sont très élevés)

La procédure complète est expliquée au chapitre I.6 (cahier IBM), qui est une application directe de l'algorithme de PD utilisé par Young.

Remarque: Cette approche du problème est discrète et déterministe; le système d'équation obtenu est équivalent à un système d'équations différentielles reliant les débits d'entrée, l'emmagasinement et les prélèvements.

Ecrire le problème sous forme d'expression continue déterministe reviendrait à un calcul de variations, méthode utilisée si par exemple les débits d'entrée sont donnés sous forme $q = q(t)$

1.2.3. Méthode complète

Nous ferons maintenant une description du processus de solution proposé par Young²⁸ pour résoudre les problèmes de ressources hydriques. Si on se réfère au schéma proposé dans la première partie pour l'analyse des systèmes, on voit que Young s'intéresse à l'hydrologie stochastique et à la simulation du système. On peut diviser sa méthode en étapes se rattachant à l'une de ces deux activités principales.

1. Choisir un modèle de l'hydrologie du système
2. Estimer les coefficients à partir des données existantes
3. Générer des séries artificielles de données

Ces trois tâches constituent l'hydrologie stochastique ou synthétique. Le modèle que l'on choisit dépend de l'analyse statistique des données. Dans notre cas cette partie de la solution a été effectuée par Guy Morin⁴⁴, celui-ci a choisi un modèle basé sur la loi log-Pearson III à partir de laquelle il a généré 1000 séries de données.

4. Appliquer la programmation dynamique déterministe aux séries de données synthétiques pour déterminer les valeurs optimales d'emménagement et de prélèvements qui sont les variables de décisions.

Cette simulation de système par le PDD constitue une importante partie du travail; c'est en particulier sur la procédure de simulation que nous avons travaillé jusqu'ici sans introduire pour le moment de données hydrologiques artificielles. Nous obtenons ainsi des résultats qu'il nous faut juger et analyser.

5. Confronter les données d'emménagement et de débits de sortie avec les débits d'entrée et pour cela arranger les données de telle sorte que chaque observation recouvre le même intervalle dans tous les cas.
6. Utiliser des méthodes d'ajustement de courbes par exemple les moindres carrés pour obtenir les règles d'opération qui spécifient les prélèvements en fonction de valeurs données à l'entrée.

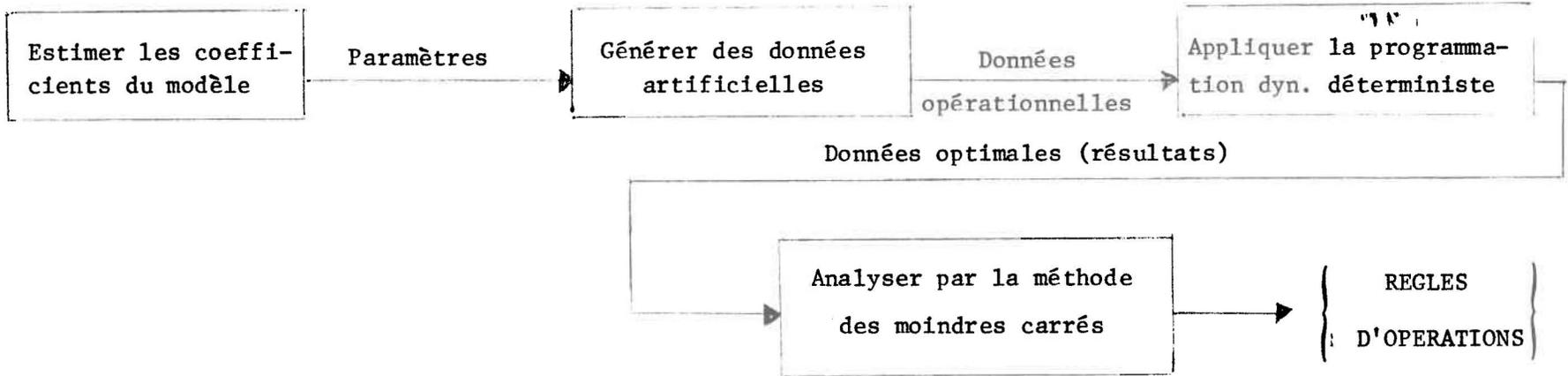
Remarque: Les données d'entrées peuvent être autres que les débits; elles peuvent être extérieures au système ou exogènes par exemple pluie, température, prévisions de débits, eaux souterraines, etc. On peut également introduire dans le modèle un sous-modèle de simulation d'hydrogramme i.e. relier le modèle aux pluies et autres facteurs du système (Dans le cas du réservoir Kénogami, on pourrait éventuellement se servir du modèle développé par Charbonneau et Fortin ⁷³).

Cette méthode originale proposée par Young, c'est-à-dire coupler hydrologie stochastique et programmation dynamique déterministe s'appelle sur la suggestion même de son auteur, la programmation dynamique de Monte Carlo (MCDP). Cette méthode a été préférée à la programmation dynamique stochastique (SDP) pour des raisons de commodité et d'économie ^{69, 28}.
Explicitons ses raisons.

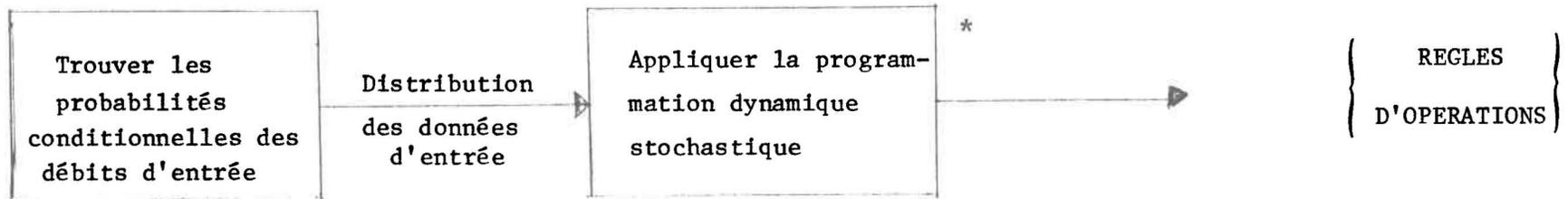
I.3. Comparaison MCDP et SDP

D'une part, la méthode du MCDP utilise l'hydrologie synthétique couplée avec la programmation dynamique déterministe, tel qu'exposé précédemment. La logique d'une telle procédure est représentée à la figure 18. Elle implique quatre opérations importantes. D'autre part, la méthode du SDP traite les données d'entrée, fournies sous forme de distribution de probabilités des débits d'entrées, par la programmation dynamique

A. MONTE CARLO DYNAMIC PROGRAMMING (MCDP)



B. PROGRAMMATION DYNAMIQUE STOCHASTIQUE (SDP)



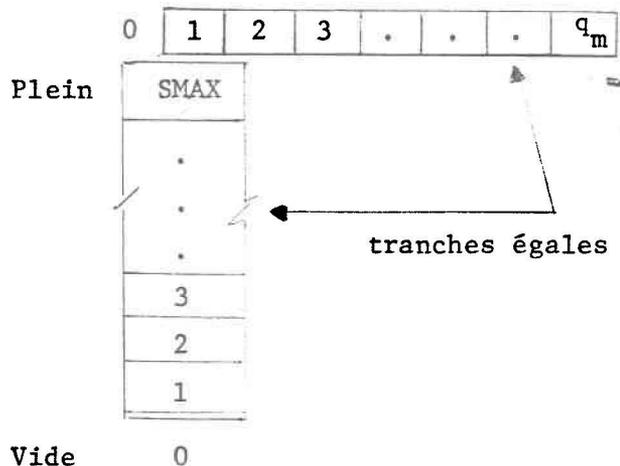
* Implique un gros travail de l'ordinateur

Figure I.4 - Organigrammes MCDP et SDP ¹⁹

DEFINITIONS:

DEBITS D'ENTREE

EMMAGASINEMENT: Plein



ESPACE DE MEMOIRE:

A = ESPACE POUR MCDP = 2 SMAX

B = ESPACE POUR SDP = 2 SMAX Q_m + Q_m²

X	Q _m = 100	= 1000	= 1000
	SMAX = 100	= 1000	= 100
A / B	0.0067	.00067	0.00017

TEMPS D'ORDINATEUR:

C = TEMPS POUR MCDP = 2000 K SMAX²

D = TEMPS POUR SDP = 20 K SMAX² Q_M² +

K constante de proportionnalité

Essai de 1000 séries sur MCDP

X	Q _m = 100	= 1000	= 1000
	SMAX = 100	= 1000	= 100
C / D	0.012	0.00012	0.00012

Figure I.5 - Comparaison MCDP-SDP ⁶⁴

stochastique, c'est-à-dire qu'au lieu d'obtenir des résultats sous forme de valeurs discrètes, on traite des fonctions de distribution et les résultats sont obtenus sous forme de fonctions de distributions et d'espérance mathématique de bénéfices. On a représenté aussi la logique d'une telle méthode. Elle comprend deux tâches principales, donc deux de moins que la méthode précédente. Cependant, on a prouvé que l'application de la programmation dynamique stochastique est très onéreuse sans pour cela en retirer des avantages réels.

En particulier, pour ce qui est du travail d'ordinateur, la méthode SDP demande beaucoup plus que la MCDP. Ainsi, le temps d'ordinateur et l'espace de mémoire requis par la méthode SDP sont très grands vis-à-vis des exigences de la méthode de SDP. Nous avons cru bon de reproduire un tableau de comparaison des besoins de chacune des méthodes pour ce qui est des facilités d'ordinateur (figure I.5). Par exemple, pour un essai avec cent cinquante intervalles de temps et le même nombre de valeurs d'emménagement, on a pris un temps de dix minutes sur IBM 360/65 pour MCDP et 280 minutes pour SDP. Ceci s'explique par le fait que l'on doit manipuler, dans la méthode de programmation dynamique stochastique, des matrices dans lesquelles les éléments ont une fonction de probabilité attachée à eux.

Une utilisation du temps rendu disponible par la méthode de Young sera la prévision de débits; l'on pourra ajouter la tâche de prévisions hydrologiques dans l'analyse, la conception et l'opération des systèmes (en introduisant par exemple les hydrogrammes simulés).

I.4. Prévision hydrologique

Si on se rappelle l'approche de Buras, on sait que, du point de vue des politiques optimales (économiquement efficaces), trois niveaux de

décision sont impliqués dans la conception ou l'analyse de systèmes hydroliques:

1. la détermination des dimensions physiques du système
2. l'optimisation des objectifs visés
3. l'établissement d'une politique d'opération optimale

Ainsi, l'équation économique B des bénéfices est fonction de trois vecteurs: \vec{X}_1 dimensions physiques du système, \vec{X}_2 échelle de développement, \vec{X}_3 règle d'opération: $B = B(\vec{X}_1, \vec{X}_2, \vec{X}_3)$. Jusqu'à maintenant, on a résolu le problème de la façon suivante: on a trouvé les règles d'opération optimales \vec{X}_3 en considérant \vec{X}_1 et \vec{X}_2 comme paramètres de la fonction économique. Il restera donc à développer les méthodes de programmation dynamique, en particulier la méthode de Young, pour optimiser les deux autres vecteurs du système. Ainsi on trouvera le maximum d'une surface de réponse dans un espace à quatre dimensions en effectuant la recherche sur les valeurs admissibles de \vec{X}_1 , \vec{X}_2 et \vec{X}_3 .

Dans le domaine de l'opération de réservoirs, il faudra généraliser l'algorithme de Young pour des systèmes non sériels, ou des systèmes plus complexes de réservoirs. Par exemple, on peut optimiser le système réservoir Kénogami-Lac aux Ecorces, etc, en optimisant la production d'énergie de tous les barrages situés sur les rivières concernées, et ceci en développant de nouvelles règles d'opération qui pourraient être le point de départ de nouvelles ententes légales.

Enfin, il y aura un effort à faire pour étendre l'algorithme de Young (MCDP) à la prévision hydrologique et par là introduire des sous-routines spéciales, telles que contrôle de crues de fonte des neiges, simulation

d'hydrogrammes, etc.

- Il va sans dire que ceci peut nécessiter un gros effort d'ordinateur et par là des dépenses extraordinaires, c'est la raison pour laquelle nous n'avons pu expérimenter cette technique.

Pour l'application du réservoir Kénogami, à cause de la nature même de la fonction des coûts, on peut faire varier les objectifs et cette fonction des coûts variera. Ainsi on pourra voir l'effet de telles variations sur les règles d'opérations. Cette technique permettra d'obtenir plusieurs règles d'opérations pour un même système, règles dépendant des objectifs, de leur importance et d'autres facteurs reliés à la fonction des coûts.

I.5. Détermination de la fonction des coûts

Nous calculons tout d'abord indépendamment les coûts de plaisance (ou éventuellement pollution), les coûts d'inondation et les coûts d'énergie.

- C_p : coût de plaisance
- C_c : coût d'inondations
- C_e : coût d'énergie

Ces prix sont théoriques et artificiels, on peut donc les faire varier et ainsi changer les rapports d'importance de chacun des coûts dans la prise de décision. Le coût d'énergie est négatif, puisque c'est un profit provenant de la vente d'eau par la production d'énergie; ces bénéfices sont calculés d'après les travaux déjà effectués sur le réservoir Kénogami.

Par la suite, nous additionnons ces coûts pour obtenir une seule fonction, la fonction des coûts qui nous servira dans la détermination des

règles d'opération du réservoir.

$$C_p = 12 \times 10^6 - 5 \times 10^3 R_j \quad \text{pour} \quad 0 < R_j \leq 2400 \text{ pcs}$$

$$= 0 \quad R_j > 2400 \text{ pcs}$$

$$C_c = 0 \quad R_j \leq 16,000 \text{ pcs}$$

$$= 2 \times 10^4 (R_j - 16,000) \quad R_j > 16,000 \text{ pcs}$$

$$C_e = -12,036 R_j \quad 0 < R_j \leq 4090 \text{ pcs}$$

$$= -49 \times 10^3 \quad R_j > 4090 \text{ pcs}$$

$$f(R_j) = C_t = C_p + C_c + C_e$$

I.6. Solution du problème par l'algorithme de Young (Cahier IBM)

Le cahier IBM présente l'exemple d'un programme de programmation dynamique appliqué à la gestion d'un réservoir soumis à des contraintes de plaisance, de lutte à la pollution et de contrôle des crues, dans le but d'optimiser les bénéfices, - exprimés ici en coûts négatifs - provenant de la vente de l'énergie électrique. L'algorithme de Young est appliqué au réservoir Kénogami sur la fonction de coûts théoriques, calculée précédemment. L'APL est le langage ordinateur utilisé pour le programme.

Un cycle de recherche de l'optimum est calculé dans cet exemple, avec justification par un bilan budgétaire des débits hydrologiques. Le programme lui-même n'est pas optimisé pour l'économie de temps. Pour une utilisation générale de la méthode, il faudra concevoir un programme d'opérations sur ordinateur dans un intervalle de temps minimisé.

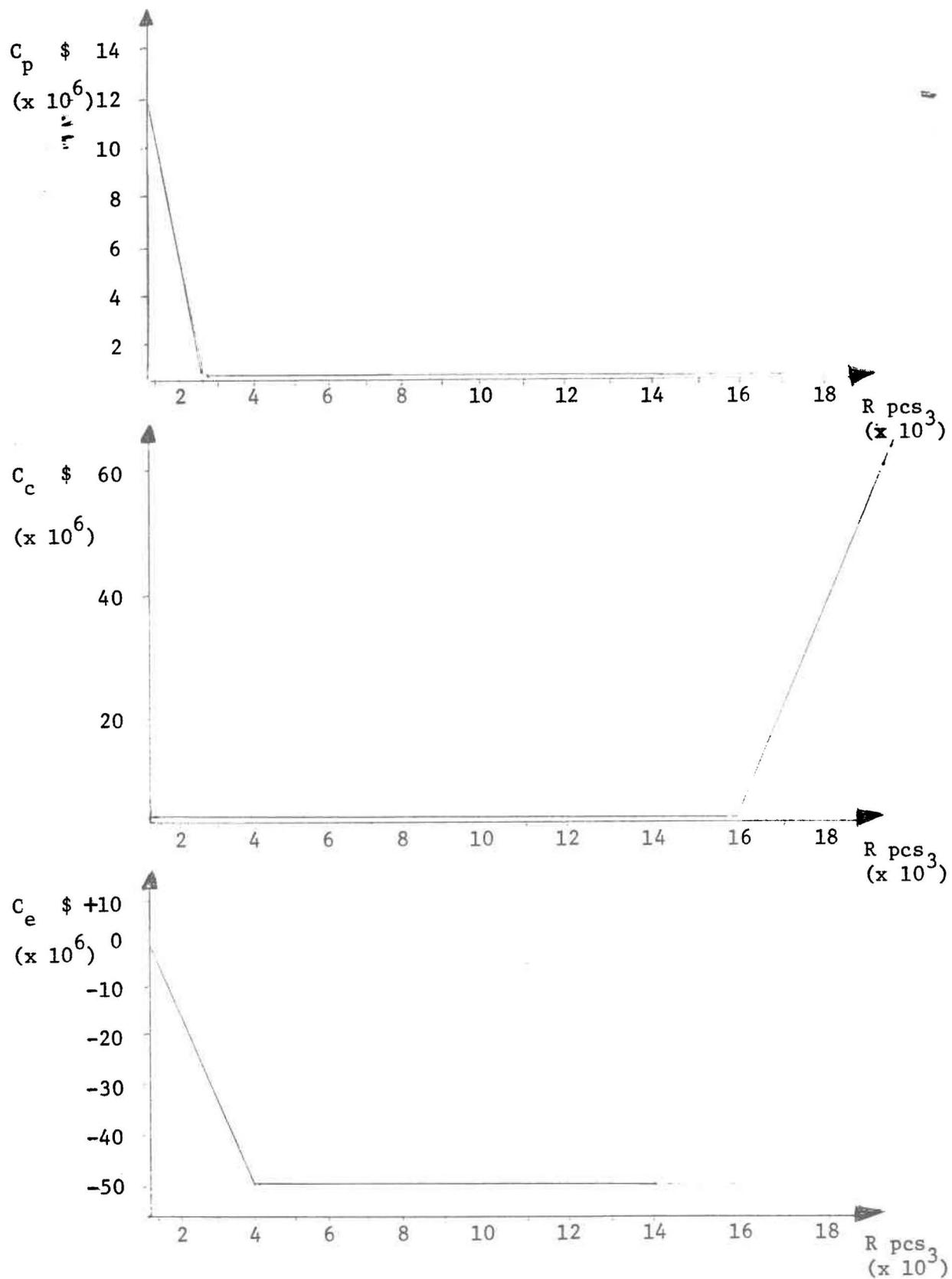


Figure I.6 - Coûts séparés

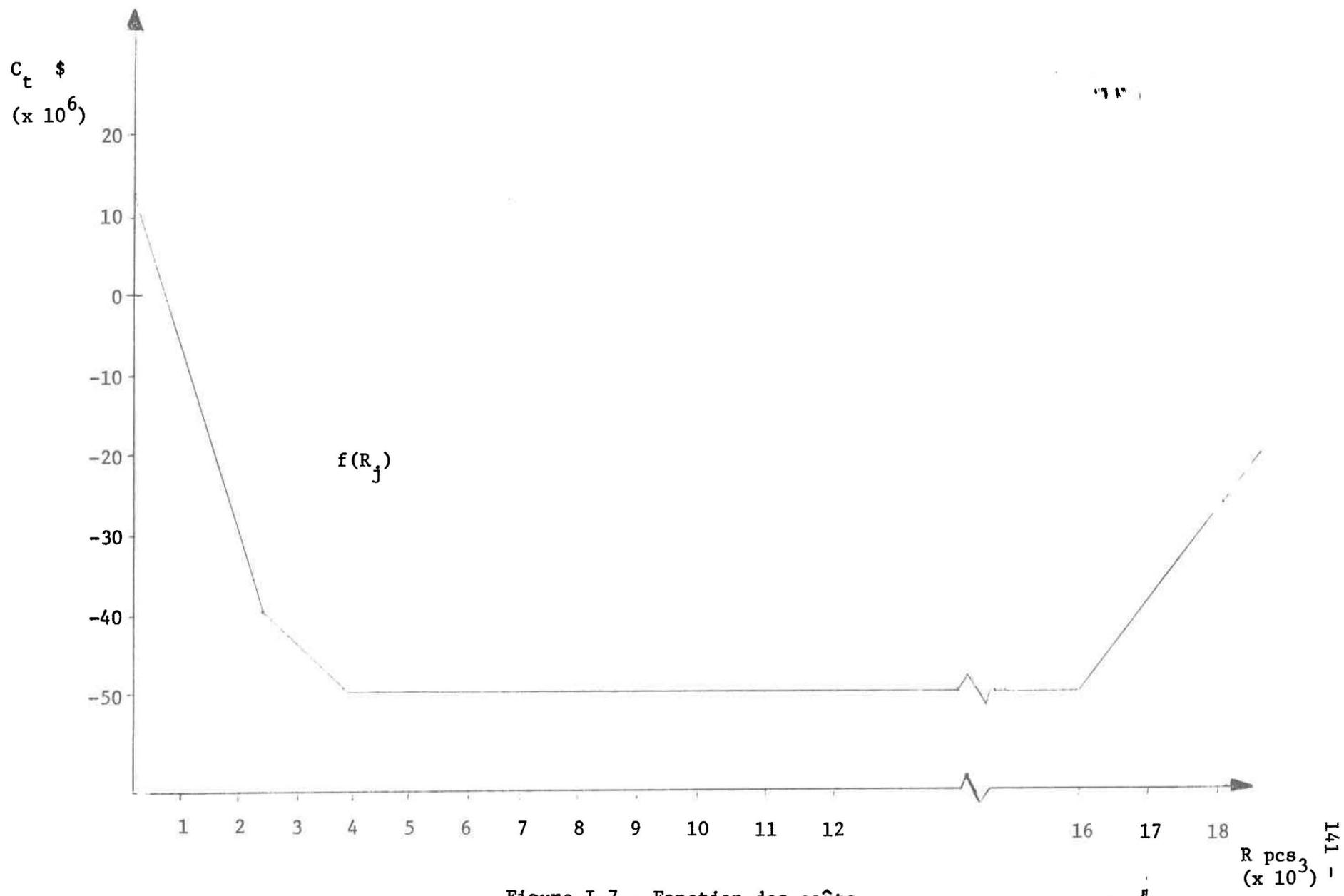


Figure I.7 - Fonction des coûts

Références et bibliographie

Les numéros-références correspondent à la liste donnée dans le mémoire-thèse: "Gestion de l'eau: optimisation technique et socio-politique de l'utilisation de la ressource-eau d'un bassin"; la bibliographie du même document recouvre aussi le sujet de l'annexe.

TITRE: MALLETTE D'INFORMATION:

RESERVOIR KENOGAMI

par André Delisle, Ing., INRS-Eau

Jean-Pierre Villeneuve, Dr. Ing., Professeur, INRS-Eau

Martin Métivier et autres

Annexe II de:

"Gestion de l'eau, optimisation technique
et socio-politique de l'utilisation de la
ressource-eau d'un bassin".

TABLE DES MATIERES

II.1. Présentation du dossier

II.2. Utilisation de la mallette

II.3. Extraits de la brochure:

Dossier Gestion: Réservoir Kénogami

Dossier Gestion: Réservoir Kénogami

Présentation

I. Introduction

II. Théorie de l'aménagement intégré des ressources

III. Réservoir Kénogami: situation actuelle

IV. Réservoir Kénogami: développement futur

V. Conclusions

MALLETTE: DOSSIER INFORMATION: RESERVOIR KENOGAMI

Dans le cadre de l'étude du bassin du lac Kénogami, un ensemble multi-media a été conçu comme unité multifonctionnelle d'information, produit du modèle de communication. Cette mallette a servi à synthétiser et transmettre l'information provenant d'enquêtes, de recherches et de rapports sur l'usage de l'eau du réservoir Kénogami.

II.1. Présentation du dossier

La mallette nommée "Dossier Information: Réservoir Kénogami" contient un film couleur (amateur 16 mm) d'environ 30 minutes, ayant pour titre "NIVEAU 114", qui explique les usages de l'eau et la fonction du gestionnaire de l'eau par rapport à ces usages. Ce film de présentation simple vise à éveiller la collectivité de façon très globale au problème. Une présentation fait l'objet d'un montage audio-visuel qui s'adresse aux organismes impliqués et aux exploitants. Il permet une vision globale du réservoir et une compréhension suffisante des problèmes pour ouvrir le chemin à la prise de décisions et à la mise en application de solutions concrètes. Le film et le montage ont été produits sur les lieux mêmes, avec l'aide des gens de la région. Des interviews, des visites commentées, des tables rondes constituent le matériel de base de ces réalisations.

Enfin, un document, publié sous forme de brochure à l'intention de ceux qui veulent approfondir le sujet et ont besoin d'analyses plus détaillées, présente de façon plus élaborée les techniques utilisées. On y décrit les méthodes de recherche et on y donne les résultats des différentes études de gestion et d'exploitation du réservoir Kénogami. Ce rapport "Réservoir Kénogami: dossier gestion" regroupe et résume toutes les études

effectuées pour donner un bilan des connaissances au moment de la publication (1971). Certains extraits, pertinents à la rédaction de ce rapport, sont présentés à la suite.

II.2. Utilisation de la mallette

Jusqu'à maintenant, le contenu de la mallette a servi à différentes occasions dont nous soulignons quelques-unes. Le film a été projeté dans le cadre d'une exposition sur l'environnement à Chicoutimi, à l'occasion d'une conférence d'un ingénieur du ministère des Richesses Naturelles, pour présenter le problème du réservoir. Le film et le montage ont aussi été présentés à des étudiants de géographie qui désirent s'initier aux problèmes de la région du Saguenay. Le dossier complet a servi dans le cadre d'un projet pédagogique à INRS-Eau. Le dossier a aussi été transmis en différentes occasions, soit pour des actualités régionales ou pour des rencontres d'organismes sociaux.

Il a aussi été conçu pour servir lors de périodes de sensibilisation ou d'animation, advenant la réalisation du projet-pilote suggéré en conclusion. Il serait sûrement utile pour une implantation, quelle qu'elle soit, des projets du ministère des Richesses Naturelles dans la région du Saguenay.

II.3. Extraits de la brochure

Nous n'avons reproduit de la brochure que les extraits qui présentent le réservoir dans sa forme actuelle, et les projets qui pourraient l'affecter dans les prochaines années. Cet exposé de la situation du réservoir n'a pas eu alors à être repris dans la section du mémoire consacrée à l'étude du cas Kénogami. Les parties non reproduites sont retrouvées dans ce mémoire, bien souvent sous une forme différente à cause de l'évolution encourue au cours des deux années qui séparent la publication de la brochure de celle du mémoire de maîtrise.