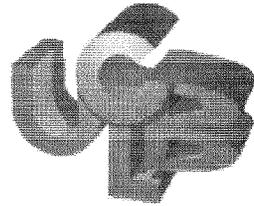


enssib

Ecole Nationale Supérieure
des Sciences de l'Information
et des Bibliothèques



Université
Claude Bernard
Lyon I

DESS Informatique Documentaire

Rapport de recherche bibliographique

**Méthodes multicritères appliquées à l'aide à la décision en
Environnement**

SEVE Raphaël

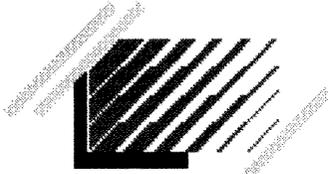
Sous la direction de

M. DURBEC André

BURGEAP

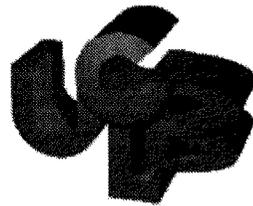
EAU-SOL-ENVIRONNEMENT

Année 1997-1998



ensib

Ecole Nationale Supérieure
des Sciences de l'Information
et des Bibliothèques



Université
Claude Bernard
Lyon I

DESS Informatique Documentaire

Rapport de recherche bibliographique

**Méthodes multicritères appliquées à l'aide à la décision en
Environnement**

SEVE Raphaël

Sous la direction de

M. DURBEC André

BURGEAP

EAU-SOL-ENVIRONNEMENT

Année 1997-1998

1998
17
21

Méthodes multicritères appliquées à l'aide à la décision en Environnement.

SEVE Raphaël

RESUME : La gestion de l'environnement et des ressources en eau est désormais devenue une préoccupation importante pour les Etats. La complexité de cette gestion entraîne l'utilisation de méthodes multicritères pour aider les décideurs. Cette recherche, à l'échelle internationale, a porté sur les méthodes multicritères, le mode de définition des critères et l'inventaire des systèmes d'aide à la décision existants. Ce rapport traite dans un premier temps de la démarche de recherche employée, puis présente une synthèse des références contenues dans la bibliographie.

DESCRIPTEURS : Aide à la décision - Bibliographie - Critères multiples - Eau - Environnement - Evaluation - Risque - Gestion - Ressources eau - Méthode - Méthodes multicritères - Pollution eau - SIG - Système Information Géographique - Système Expert.

ABSTRACT : The environmental and water resources management has become an important preoccupation for every country. The complexity of this management induces the use of multicriteria methods to assist the Decision Maker. This research, on the international scale, deals with the multicriteria methods, the way the criteria are defined, and the inventory of all the Decision Support Systems dealing with the subject. This report, first explains the research methods and then presents a review of the references contained in the bibliography.

DESCRIPTORS : Bibliography - DSS - Environment - Expert System - GIS - Method - Multicriteria method - Risk evaluation - Water - Water pollution - Water resources management

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	5
METHODOLOGIE DE RECHERCHE	6
1.RECHERCHE SUR LES THESAURUS ET CHOIX DES MOTS-CLEFS SUIVANT LES BASES A INTERROGER :	6
1.1.CHOIX DES THEMES ET DES MOTS-CLEFS CARACTERISANT LE SUJET DE LA PART DU SPECIALISTE : LE COMMANDITAIRE :	6
1.2.RECHERCHE DES MOTS-CLEFS :	6
2.LOGIQUE DE RECHERCHE :	8
3.RECHERCHE SUR CD-ROM :	8
4.RECHERCHE SUR INTERNET :	9
4.1.LA BASE EAUDOC :	9
4.2.LA BASE FONTAINE :	10
4.3.LA BASE CEMAGREF PUBLICATION :	10
5.RECHERCHE EN LIGNE :	11
5.1.INTERROGATION DE PASCAL :	12
5.2.INTERROGATION D'INSPEC :	14
5.3.INTERROGATION DE WATERNET :	14
5.4.INTERROGATION DE WATER RESOURCES ABSTRACT :	15
6.RECHERCHE PAR COURRIER :	15
7.RECHERCHE MANUELLE :	15
8.TEMPS ET COÛT DE LA RECHERCHE :	16
9.ACCES AUX DOCUMENTS :	16
10.CONCLUSION	17
SYNTHESE.....	18
1.STRUCTURE D'UN SYSTEME D'AIDE A LA DECISION :	18
1.1.LE SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) :	19
1.2.LES BASES DE DONNEES ET LEUR SYSTEME DE GESTION :	19

1.3.DEFINITION D'UN SYSTEME EXPERT :	19
2.LES DIFFERENTS OUTILS :	20
2.1.AQUATOOL :	20
2.2.COMPARE :	20
2.3.ELECTRE III :	21
2.4.INTERACTIVE WATER QUALITY MODELLING SYSTEM (IWQMS) :	21
2.5.NERC-ESRC LAND USE PROGRAM (NELUP) :	21
2.6.TENNESSEE VALLEY AUTHORITY'S ENVIRONMENT AND RIVER RESOURCE AID (TERRA).....	22
2.7.WATERWARE :	22
2.8.LES DIFFERENTS PÔLES DE RECHERCHE :	22
3.LES DIFFERENTES METHODES :	23
3.1.LA METHODE ELECTRE :	23
3.2.LA METHODE COMPOSITE PROGRAMMING :	24
3.3.CRITERES DE CHOIX D'UNE METHODE :	24
BIBLIOGRAPHIE :	25
REFERENCES RETENUES POUR LA SYNTHÈSE	26
LES DIFFERENTS OUTILS DISPONIBLES :	26
METHODES MULTICRITERES :	27
DISCUSSION SUR LES CRITERES ET LES METHODES :	28
REFERENCES NON RETENUES POUR LA SYNTHÈSE	29
LES DIFFERENTS OUTILS DISPONIBLES :	29
METHODES MULTICRITERES :	30
DISCUSSION SUR LES CRITERES ET LES METHODES :	33

INTRODUCTION

Le sujet « Méthodes multicritères appliquées à l'aide à la décision en environnement » de cette recherche bibliographique a été défini par Monsieur DURBEC André, directeur régional de la société BURGEAP située à Lyon, dont l'intérêt concerne tout autant les méthodes de conception d'outils mathématiques simples que les critères retenus dans ces démarches et les différents outils existants.

Le but de ce travail, en rapport avec une étude demandée par les agences de l'Eau à la société BURGEAP, consiste à rassembler toutes les références relatives à la pollution des nappes, des sols et des cours d'eau et ce, à l'échelle française, européenne et mondiale. Il s'agit donc de rechercher, puis de répertorier tout document (articles, thèses, rapports, monographies...) permettant d'aider à la production d'un outil d'aide à la décision pour la gestion des ressources naturelles dans la vallée du Rhône.

Afin de faciliter la gestion des bassins hydrogéologiques et des niches écologiques, ainsi que la prise de décision, en fonction d'un risque de pollution, des techniques d'aide à la décision sont nécessaires. Tel est le cas des méthodes multicritères qui, par le biais d'attributions de notes et de coefficients, permettent de produire des outils d'interprétation.

Dans la première partie de cette recherche bibliographique sont décrites les différentes phases de la stratégie de recherche utilisée. A cela s'ajoute une synthèse qui analyse les références les plus judicieuses retenues pour servir de base à une étude plus approfondie. Enfin, l'ensemble des références pertinentes dont traite le sujet compose une troisième partie purement bibliographique.

METHODOLOGIE DE RECHERCHE

1. RECHERCHE SUR LES THESAURUS ET CHOIX DES MOTS-CLEFS SUIVANT LES BASES A INTERROGER :

1.1. CHOIX DES THEMES ET DES MOTS-CLEFS CARACTERISANT LE SUJET DE LA PART DU SPECIALISTE : LE COMMANDITAIRE :

Suite à un entretien au cours duquel une application accompagnée d'exemples et de documents a permis une très bonne compréhension de la demande, un ensemble de mots descriptifs du sujet fut produit. Enfin, un ensemble de sources de données indiquées par le commanditaire a permis aussi de bien se rendre compte des attentes.

1.2. RECHERCHE DES MOTS-CLEFS :

Une recherche des mots-clefs a été possible grâce aux thésaurus (papier) des bases PASCAL, INSPEC et CEMAGREF PUBLICATION fournis par l'Unité Régionale de Formation à l'Information Scientifique et Technique (U.R.F.I.S.T.) et l'Institut National des Sciences Appliquées (I.N.S.A.).

- Le thésaurus PASCAL utilisé est celui de l'I.N.S.A. de Villeurbanne.
- Le thésaurus d'INSPEC utilisé est accessible à l'I.N.S.A de Villeurbanne.
- Le thésaurus du Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts (CEMAGREF) utilisé est localisé à l'U.R.F.I.S.T. de Lyon

Cependant, depuis la parution de ces thésaurus, d'autres descripteurs sont apparus. La recherche sur CD-ROM a donc permis d'affiner ces listes de mots-clefs.

Pour les autres bases, l'interrogation s'est faite sur des termes plus génériques issus des autres thésaurus.

La liste définitive des termes pertinents pour chaque base ayant un thésaurus a été contrôlée par le commanditaire, ceci afin de préciser davantage le sujet.

La sélection des sources d'informations a été relativement simple dans la mesure où Monsieur DURBEC connaissait les différentes localisations possibles de l'information au niveau européen :

- * Bases de données interrogeables sur le réseau INTERNET :

- **BASE EAUDOC :**

Cette base de données indexe plus de 350 revues spécialisées dans le domaine de l'eau. Il s'agit d'informations techniques, scientifiques, économiques et juridiques. Elle est localisée sur le serveur de l'Office International de l'Eau <URL:<http://www.oieau.fr>> .

- **BASE FONTAINE :**

Cette base de données fédère les fonds documentaires de la Direction de l'Eau du Ministère de l'Environnement et des six agences de l'Eau. Elle est située à Limoges, sur le serveur de l'Office International de l'Eau <URL:<http://www.oieau.fr>> .

Alimentée depuis 1993 par les divers partenaires des agences de l'Eau, elle recense les publications et les études inter-agences, la littérature grise ainsi que les publications techniques (mémoires, rapports et notes techniques) propres à chaque bassin hydrographique.

Cette base rassemble actuellement huit cents documents et est régulièrement mise à jour tous les deux mois.

- **CEMAGREF PUBLICATION :**

Cette base regroupe l'ensemble des publications de nature scientifique ou technique rédigées, ou co-rédigées, par les ingénieurs-chercheurs du CEMAGREF. Elle est disponible sur le site INTERNET du CEMAGREF <URL:<http://www.cemagref.fr>> .

Bases de données accessibles par le serveur en ligne DIALOG :

- **BASE PASCAL :**

La base PASCAL est produite par l'Institut de l'Information Scientifique et Technique du Centre National de Recherches Scientifiques (I.N.I.S.T.-C.N.R.S.). Elle donne accès à environ 45 000 nouvelles références par an et est accessible sous forme informatique depuis 1973. Le thesaurus comprend environ 80 000 termes. Il s'agit d'une base multidisciplinaire (sciences physiques, chimie, sciences de la vie, sciences appliquées, sciences de la Terre et sciences de l'information).

De plus, trois bases permettent d'avoir une vue plus mondiale de l'information :

- **BASE INSPEC :**

La base INSPEC concerne la physique, l'électronique et l'informatique. Elle est disponible en ligne depuis 1969 ; elle est produite par l'Institution of Electrical Engineers (I.E.E.) et contient près de 5 637 000 références au 1^{er} juillet 1997, avec une mise à jour de 5 000 références par semaine.

- **BASE WATERNET :**

La base WATERNET est produite par l'American Water Works Association et par l'AWWA Research Fondation. On y trouve des livres, des rapports, des journaux, des méthodes. En outre, sont indexés le journal AWWA depuis 1971 et toutes les publications de l'AWWA et de l'AWWARF depuis 1973. D'après les données d'avril 1997, près de 37 000 références sont recensées sur tous les domaines en relation avec l'eau.

- **BASE WATER RESOURCES ABSTRACT :**

La base Water Resources Abstract est produite par Cambridge Scientific Abstract ; elle existe depuis 1968 et traite des sujets relatifs à l'eau et aux sciences physiques. Elle contient plus de 306 000 résumés de la littérature mondiale (articles, livres, rapports, brevets, conférences et publications des agences du gouvernement américain).

Il a été décidé de ne pas interroger toutes les bases disponibles sur DIALOG relatives au sujet pour limiter au maximum les temps et coût de recherche.

2. LOGIQUE DE RECHERCHE :

Dans l'optique d'aller des ressources documentaires les plus pertinentes aux plus généralistes, un ordre d'interrogation a été décidé comme suit :

- interrogation des bases accessibles sur INTERNET.
- interrogation des CD-ROM PASCAL et INSPEC.
- interrogation de la base PASCAL.
- interrogation de la base INSPEC.
- interrogation de la base WATERNET.
- interrogation de la base Water Resources Abstract.

3. RECHERCHE SUR CD-ROM :

L'interrogation des CD-ROM rentre dans la perspective de ne référencer par les bases de données de DIALOG que les références les plus pertinentes dans le sujet et l'application qui en découle.

En effet, le but de cette recherche n'était pas de lister tous les documents parlant de méthodes multicritères dans l'environnement, mais de ne ramener que les références utiles à l'étude en cours.

Pour cela, une interrogation sur le CD-ROM PASCAL (CD-ROM de 1997) à l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de l'Information et des Bibliothèques (E.N.S.S.I.B.) située à Villeurbanne, ainsi que le CD-ROM INSPEC (lui aussi de 1997) au centre de documentation de l'Institut National des Sciences Appliquées (I.N.S.A.) localisé de Villeurbanne, a été faite à partir des listes de mots-clefs sélectionnés par le commanditaire. Il en résulta les différents descripteurs suivants, supprimés lors de l'interrogation en ligne :

- nuclea?, radioacti?
- air, atmospher?, seawater, mer
- déchet?
- santé, public
- economi?
- petrol?, oil
- urban?

4.RECHERCHE SUR INTERNET :

La recherche sur INTERNET a comme particularité d'être peu coûteuse. Cela permet donc une recherche plus large que celle sur DIALOG.

Trois bases ont été interrogées :

4.1.LA BASE EAUDOC :

Cette base est située sur le site de l'Office International de l'Eau (O.I.E.). Sa consultation nécessite un code d'accès.

Sur cette base, la plupart des revues pertinentes relatives au sujet de l'eau sont reçues par le centre de documentation. Cependant, la majorité des références provenant de ces revues n'ont pas été trouvées lors de l'interrogation.

Technique d'interrogation :

- l'opérateur de proximité « * » permet d'effectuer une troncature à droite en remplaçant une ou plusieurs lettres.
- l'opérateur logique « AND » permet une intersection entre deux termes en ne gardant que les références contenant les deux mots.
- La commande « THEME=() » permet de limiter la recherche sur un sujet.

Les questions ont été les suivantes :

SET	ITEMS	DESCRIPTION
S1	0	MULTICRITERION
S2	0	DATA ANALYSIS
S3	0	GEOSTATISTIC*
S4	0	COMBINATOIRE
S5	0	METHOD* AND COMBINATOIRE*
S6	0	GESTION RISQUE* AND EAU
S7	266	RISQUE*
S8	0	GROUNDWATER
S9	260	AQUIFERE*
S10	1	AQUIFERE* AND RISQUE*
S11	24	AQUIFERE* AND STATISTIQUE*
S12	0	AQUIFERE* AND DATA*
S13	0	AQUIFERE* AND POLLUTION

S14	0	EAU AND POLLUTION
S15	1	AQUIFERE AND THEME=(R&D)
S16	0	AQUIFERE AND THEME=(POLLUTION DE L'EAU ET ECOTOXICOLOGIE)
S17	260	AQUIFERE AND THEME=(EAU SOUTERRAINE-HYDROGEOLOGIE)
S18	21	RISQUE* AND THEME=(EAU SOUTERRAINE-HYDROGEOLOGIE)
S19	0	POLLUTION AND THEME=(EAU SOUTERRAINE-HYDROGEOLOGIE)
S20	0	MANAGEMENT AND THEME=(EAU SOUTERRAINE-HYDROGEOLOGIE)
S21	4	METHODE AND THEME=(EAU SOUTERRAINE-HYDROGEOLOGIE)

23 références ont été retenues sur 49 visualisées lors de la première sélection mais seulement 2 furent jugées comme pertinentes par M.DURBEC, soit un taux de satisfaction de 4%.

4.2.LA BASE FONTAINE :

Elle est aussi localisée sur le site de l'Office International de l'Eau (O.I.E.); l'interrogation y est libre.

Technique d'interrogation :

- l'utilisation des parenthèses permet une recherche de la chaîne de caractères.
- l'utilisation de l'opérateur booléen « AND » permet de retrouver tous les enregistrements contenant les termes situés autour de cet opérateur.

Les questions ont été posées en mode « recherche libre » et sont les suivantes :

SET	ITEMS	DESCRIPTION
S1	1	(aide à la décision) AND (système expert)
S2	8	(aide à la décision)
S3	1	S2 AND multi-critères AND eau
S4	2	(évaluation des risques) AND S3
S5	0	S4 and (traitement de données)

En enlevant les références redondantes, seules 6 références sur 11 ont été sélectionnées, soit un taux de réponses pertinentes de 55%.

4.3.LA BASE CEMAGREF PUBLICATION :

Cette base est hébergée par le site du CEMAGREF et est en accès libre. Il est à noter que tous les termes utilisés lors de cette interrogation ont été sélectionnés à partir du thesaurus du CEMAGREF. Le questionnement fut le suivant :

SET	ITEMS	DESCRIPTION
s1	50	motcle=(aide and decision)
s2	5	motcle=(aide and decision and risque*)
s3	6	motcle=(gestion and vulnerabilite)
s4	18	motcle=(environnement* and aide and decision)
s5	4	motcle=(aide and decision and method*)
s6	0	motcle=(systeme and expert and environnement*)
s7	0	motcle=(traitement and donnée and environnement)
s8	0	motcle=(extraction selective)
s9	4	motcle=(geostatistique*and s1)
s10	49	motcle=(analyse* and donnéé*)
s11	50	motcle=(evaluation and risque*)
s12	0	motcle=(diagnostic and s11)
s13	0	motcle=(environnement and s11)
s14	50	motcle=(gestion and eau*)
s15	0	motcle=(gestion and alea*)
s16	3	motcle=(modèle* and conceptuel*)

Sur cette base, seules trois références furent sélectionnées. Une interrogation complémentaire a été faite sur la base interne du CEMAGREF de Lyon. Aucune référence n'a été retenue.

5.RECHERCHE EN LIGNE :

La logique d'interrogation en ligne était la suivante : interroger la base généraliste française PASCAL, la base généraliste de langue anglophone INSPEC, puis deux bases spécialisées dans le domaine de l'eau (WATERNET et Water Resources Abstract).

Il ne s'agissait pas d'interroger un maximum de bases pour avoir un maximum de réponses, mais de spécifier à l'avance quelles bases devaient l'être, pour essayer de limiter au mieux le temps d'interrogation et les références récupérées. C'est pourquoi l'utilisation du DIALINDEX n'a pas été envisagée ; chaque base ayant son propre thesaurus et son propre contexte d'interrogation, les réponses en auraient été tronquées.

De même, pour chaque interrogation, le pourcentage de réponses pertinentes et de bruit (pourcentage de réponses non retenues) est indiqué.

Pour ne retenir que les références les plus explicites, deux sélections ont eu lieu. Un premier choix de références est présenté au commanditaire qui ne retient que les plus intéressantes et note celles qui devront être incluses préférentiellement dans la synthèse.

La technique d'interrogation est commune aux quatre bases utilisées :

- chaque question est introduite par la lettre « S » :

S POLLUTION

- l'opérateur logique d'union « OR » permet de récupérer les notices comprenant l'un des deux termes l'encadrant :

S POLLUTION OR RISK

- l'opérateur logique d'intersection « AND » permet de ne sélectionner que les références comprenant les deux termes l'encadrant :

S POLLUTION AND RISK

- le symbole de troncature « ? » permet de sélectionner tous les termes ayant une racine commune :

S POLLUTION AND RADIOACTIV?

- l'opérateur logique d'exclusion « NOT » permet de ne sélectionner que les notices ne comprenant pas la chaîne de caractères qui le suit :

S POLLUTION NOT RADIOACTI?

- l'opérateur de proximité « N » signifie que les termes l'entourant doivent être adjacents sans prendre en compte leur ordre :

S POLLUTION(N)WATER

- le suffixe /DE restreint la recherche au descripteurs :

S POLLUTION/DE

Ainsi, tous les termes indésirables cités précédemment (cf. 3.Recherche sur CDROM) ont été supprimés à chaque visualisation des références par l'opérateur booléen « NOT ».

5.1.INTERROGATION DE PASCAL :

L'interrogation fut la suivante :

SET	ITEMS	DESCRIPTION
S1	262	((SYSTEM?(N)EXPERT?)/DE AND (ENVIRONNEMENT? OR ENVIRONMENT?)/DE)
S2	25	S1 AND POLLUTION/DE
S3	633	METHOD?(N)COMBINATOIR?
S4	577	S3/DE
S5	13	S3 AND (ENVIRONMENT? OR ENVIRONMENT?)
S6	0	S3 AND (POLLUTION OR POLUTION OR WATER(N)MANAGEMENT OR GESTION(N)EAU)
S7	3994	DECISION(N)AID?
S9	195785	POLLUTION
S10	188533	POLLUTION/DE
S11	37	S7 AND S10
S12	41732	DATA(N)PROCESSING
S13	40007	S12/DE
S14	120450	RISK
S15	275	S13 AND S14
S16	199	S13 AND S14/DE
S17	7511	GESTION(N)RESSOURCE?(N)EAU?
S18	7511	S17/DE
S19	0	S16 AND S17
S20	199	S16 AND S14
S21	361659	EAU/DE
S22	1	GESTION(N)RISK
S23	255	GESTION(N)(RISK OR RISQUE?)
S24	10	S21 AND S23
S25	4137	DECISION(N)AID?
S26	648	METHOD?(N)COMBINATOIR?
S27	189625	POLLUTION/DE
S28	0	S25 AND S26 AND S27
S29	0	S26 AND S27
S30	78	S25 AND S27
S31	2205	ANALYSE(N)MULTICRITERE?
S32	27	S27 AND S31

Lors de la première sélection, 25 références sur 99 furent conservées. Seulement 16 furent jugées satisfaisantes par le commanditaire, soit un taux final de 16% de réponses pertinentes pour 84% de bruit.

5.2.INTERROGATION D'INSPEC :

L'interrogation fut la suivante :

SET	ITEMS	DESCRIPTION
S1	31464	POLLUTION/DE
S2	10234	POLLUTION(N)DETECTION/DE
S3	10234	S2 AND CONTROL
S4	1581	RISK(N)MANAGEMENT/DE
S5	1	S2 AND S4
S6	6396	WATER(N)POLLUTION/DE
S7	2	S4 AND S6
S8	4903	DATA(N)ANALYSIS/DE
S9	1243	ENVIRONMENTAL(N)SCIENCE/DE
S10	8	S9 AND S4
S11	42	S8 AND S9
S12	4	S11 AND S6
S13	7	S8 AND S6
S14	2826	SORTING/DE
S15	0	S14 AND S4 AND S6
S16	0	AID(N)DECISION/DE

18 références furent visualisées ; 8 s'avèrent pertinentes. Lors de la sélection, seulement 3 le furent par le commanditaire, soit un taux de réponses de 17% et donc un taux de bruit de 83%.

5.3.INTERROGATION DE WATERNET :

L'interrogation fut la suivante :

SET	ITEMS	DESCRIPTION
S1	914	WATER(N)POLLUTION/DE
S2	1	DECISION(N)HELP
S3	7	DECISION(N)AID
S4	0	S1 AND S3
S5	2254	GROUNDWATER/DE
S6	1	S5 AND S3
S7	5587	MANAGEMENT
S8	2265	S7/DE
S9	157	S5 AND S8
S10	95	GROUNDWATER(N)POLLUTION
S11	5	S10 AND S9
S12	62	RISK(N)MANAGEMENT
S13	0	S12 AND S10
S14	4	S12 AND S5

Sur 10 références visualisées, seules 3 furent jugées convaincantes, soit un taux de réponses correctes de 30% pour un taux de bruit de 70%.

5.4.INTERROGATION DE WATER RESOURCES ABSTRACT :

L'interrogation fut la suivante :

SET	ITEMS	DESCRIPTION
S1	64874	WATER(N)POLLUTION
S2	8399	GROUNDWATER(N)POLLUTION
S3	30	DECISION(N)AID
S4	1	S3 AND S1
S5	1954	DATA(N)ANALYSIS
S6	64	S2 AND S5
S7	566	SORTING
S8	0	S6 AND S7
S9	2	GEOSTATISTIC
S10	29133	MODEL(N)STUDIES/DE
S11	3577	S1 AND S10
S12	412	S11 AND S2
S13	5	S12 AND S5

Une seule réponse pertinente fut trouvée sur 8 visualisées, soit un taux de réponses de 12,5% et un taux de bruit de 87,5%.

6.RECHERCHE PAR COURRIER :

Les différentes recherches sur DIALOG ont permis de lister tous les chercheurs et intervenants travaillant sur le sujet.

Une lettre a été envoyée à chaque personnalité, soit quarante lettres. Elles consistaient en une demande de renseignements et de références sur le sujet de l'étude.

A ce jour, six réponses furent adressées en retour, dont deux des chercheurs les plus éminents dans le secteur (D.G. JAMIESON et B.ROY). Ce furent des adresses de site INTERNET, la référence d'une monographie en Hollande, deux noms de chercheurs pouvant m'aider, ainsi qu'un inventaire et une bibliographie d'une thèse traitant des méthodes d'aide à la décision.

De ces divers documents, 24 références furent sélectionnées.

7.RECHERCHE MANUELLE :

Une liste des périodiques référencés a été réalisée. Deux d'entre eux se sont révélés très prolifiques sur le sujet : *Journal of Hydrology* et *Water Resources Bulletin*.

Un travail de recherche systématique a été fait sur le premier (localisé au CEMAGREF de Lyon). Six références ont été récupérées, toutes très pertinentes. De plus, un inventaire systématique de toutes les bibliographies des documents récupérés a permis de repérer huit références.

8. TEMPS ET COÛT DE LA RECHERCHE :

Le temps de connexion au serveur DIALOG fut de deux heures, soit un coût de 50\$.

Il est à noter que ce tarif particulier est dû au fait que l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de l'Information et des Bibliothèques bénéficie d'un contrat privilégié avec la société KNIGHT RIDDER gérant DIALOG.

Dans le cadre d'une recherche faite par une P.M.E., le tarif aurait été multiplié par quatre en raison des nombreuses références visualisées.

9. ACCES AUX DOCUMENTS :

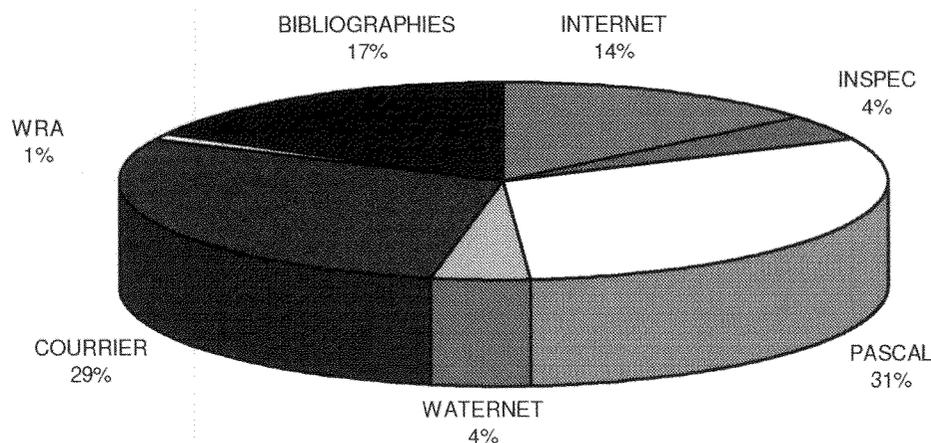
La localisation des documents a été faite par l'intermédiaire du CD-ROM Myriade Plus (Catalogue Collectif National des Publications en série de l'Agence Bibliographique de l'Enseignement Supérieur) pour les périodiques et le CD-ROM de la Bibliothèque Nationale de France (livres, publications en série et documents électroniques) pour les monographies.

Suivant leur localisation, les documents ont été classés en quatre catégories :

- les documents sont accessibles à Lyon, soit à Doc'INSA (Centre de documentation de l'I.N.S.A.), soit à l'E.N.T.P.E. (Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat), soit au CEMAGREF, soit à l'A.E.R.M.C. (Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse). Dans ces cas, ils ont été récupérés aisément.
- les documents ne sont pas à Lyon, mais sont disponibles à l'I.N.I.S.T. Ils ont donc été commandés.
- les documents n'ont pas été localisés. Dans ce cas, ils ont été commandés au Prêt Entre Bibliothèques.
- les documents sont des livres et le centre de documentation de BURGEAP les commandera si elle le juge nécessaire.

10. CONCLUSION

REPRESENTATION GRAPHIQUE DU POURCENTAGE DES
REFERENCES RECUPEREES EN FONCTION DES SOURCES
D'INFORMATION



Il semble, d'après ces résultats, que la logique d'interrogation fut adaptée au sujet. En effet, les interrogations prioritaires (bases de l'O.I.E., du CEMAGREF et PASCAL) ont donné 45% des références conservées. Il est intéressant de remarquer que la recherche par courrier a servi à obtenir 29% des notices et que l'analyse des bibliographies des documents récupérés a représenté 17% des références.

Il apparaît donc que l'interrogation en ligne est très utile si le temps imparti à la procuration des documents est court. Si ce temps n'est pas compté, cette interrogation, même si elle reste importante, sert de base et de complément à d'autres sources d'information (INTERNET, analyses de bibliographie, demande de renseignements par courrier ou e-mail).

Le second point met en relief le fait que la relation entre le commanditaire et celui qui recherche l'information est capitale dans la mesure où chaque rencontre s'accompagne d'un échange favorisant un meilleur ciblage de la demande.

Pour cette étude, André DURBEC a toujours été disponible pour affiner la sélection des références et ne récupérer que celles vraiment utiles.

SYNTHESE

La gestion des ressources en eau constitue un problème important, notamment en période de sécheresse où la pollution et le déficit hydrique des nappes phréatiques nous rappellent que l'eau est une ressource rare.

Parallèlement à l'utilisation grandissante de techniques de dépollution, de traitement des déchets urbains et industriels et des eaux usées, un classement des sites intéressants a été entrepris dans l'optique de la gestion de cette ressource. Ainsi, une hiérarchisation des sites en fonction, entre autres de la pollution, de leur dangerosité, du peuplement, des niches écologiques, a été mise en place. Ces opérations de classement et de notation des sites ont été développées dans le monde entier (Europe, Canada, Etats-Unis, Mexique, Japon), tous ces pays étant conscients du risque.

En complément de ces démarches de classification, des études sont en cours depuis les années quatre-vingt sur l'utilisation de logiciels appliqués au management des ressources en eau.

L'analyse multi-critère s'intègre dans ce développement comme un outil d'aide à la décision ; elle favorise, par une méthode d'additions, de croisements et d'attributions de poids, la synthèse des divers objectifs pour trouver le meilleur compromis possible entre de multiples utilisateurs souvent en conflit.

Enfin, l'emploi aisé de ces méthodes mathématiques facilite la création de nombreux dossiers d'aide à la décision, que ce soit dans l'aménagement urbain ou dans la classification de zones sensibles.

1. STRUCTURE D'UN SYSTEME D'AIDE A LA DECISION :

L'introduction des techniques d'aide à la décision pour le management des ressources en eau date de moins de quinze ans et, jusqu'à récemment, les applications ne concernaient que des parties spécifiques d'un bassin hydrogéologique. Or, depuis quelques années, grâce au développement de l'informatique, une approche plus généraliste dans la gestion de ces bassins s'est développée.

Ces systèmes d'aide à la décision, en couplant un Système Expert, un Système d'Information Géographique et une bonne interface utilisateur, ont pour objectif de pouvoir gérer le mieux possible le risque, la gestion d'un bassin hydrogéologique, la ressource en eau et le contrôle de l'adéquation des décisions prises avec les règles en vigueur.

Ces logiciels ont vu leur potentiel s'accroître avec le développement rapide de l'informatique et la progression de la culture informatique des utilisateurs.

Tous ces systèmes d'aide à la décision découlent d'un même moule, mais ont chacun leurs particularités dans l'organisation et l'orientation spécifique qui leur ont été données.

1.1.LE SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) :

Un Système d'Information Géographique est un système qui permet, en associant tout un ensemble de données à un point géographique (coordonnées polaires ou spécifiques), d'éditer des cartes caractéristiques.

Les Systèmes d'Information Géographique ont comme ossature les trois éléments suivants :

- un système d'archivage de gestion informatisée de données localisées.
- un système de traitement et d'analyse spatiale des données.
- un système d'édition de cartes prenant en compte ces mêmes données.

Dans le cadre de systèmes d'aide à la décision en environnement, les Systèmes d'Information Géographique représentent soit le composant principal du système (c'est le cas du système COMPARE (Cf.doc.8) et du système Interactive Water Modelling Systems (Cf.doc.6)), soit un des composants équivalents aux autres comme les logiciels WATERWARE (Cf.doc.3-4-5) et AQUATOOL (Cf.doc.1).

Tandis que traditionnellement l'emploi des Systèmes d'Information Géographique était restreint à l'exploitation de bases de données géographiques et à l'édition de cartes, il est dorénavant possible de les destiner à la gestion de la qualité des ressources en eau et dans l'étude des processus environnementaux. Ces Systèmes d'Information Géographique peuvent compiler et organiser dans une même base une somme de données hétérogènes, intégrer des modèles de simulation pour la qualité de l'environnement avec des éléments de multiples origines et produire des supports d'analyses et de visualisation pour l'aide à la décision (Cf. le système IWQMS (doc.6)).

1.2.LES BASES DE DONNEES ET LEUR SYSTEME DE GESTION :

Les bases de données utilisées dans les différents outils sont de deux types : soit elles représentent une banque de données statiques équivalente à des connaissances sur la loi environnementale (Cf. le système TERRA (doc.7)), sur la gestion du risque industriel (cf. le système Compare (doc.8)) ou sur des données cartographiques et météorologiques et hydrologiques (Cf. le logiciel NELUP (doc.2)), soit elles sont dynamiques et interactives. Dans ce dernier cas, le spécialiste est requis pour insérer ou sélectionner des données à partir d'une liste (Cf. le système WATERWARE (doc.3-4-5)) ou insérer de nouveaux modules (Cf. le système IWQMS (doc.6)) dans la base de données.

Ces bases de données peuvent être intégrées dans le Système d'Information Géographique, c'est le cas du système IWQMS (Cf.doc.6), constituer une base indépendante comme pour les logiciels COMPARE (Cf.doc.2) et TERRA (Cf.doc.7) ou encore être incorporées dans chaque unité de contrôle (Cf. le système AQUATOOL (doc.1)).

1.3.DEFINITION D'UN SYSTEME EXPERT :

Un système expert est un système d'intelligence artificielle travaillant sur un domaine très particulier.

Il s'agit de trouver, dans l'état des connaissances à un moment précis, la meilleure solution à un problème donné. Dans le but d'apporter une aide à la décision de tout

interlocuteur, toute l'expérience et le raisonnement des experts sont incorporés dans la base de connaissances.

Le résultat dépend d'un mécanisme de contrôle du but à atteindre en fonction des informations contenues dans la base de connaissances.

Il sert ici de filtre pour choisir soit le modèle le plus en adéquation avec le problème, soit en sélectionnant la meilleure stratégie prenant en compte tous les tenants et les aboutissants du problème. Pour cela, il utilise des modules et des fonctions mathématiques propres à chaque outil (calcul de l'érosion pour le IWQMS par exemple (doc.6)).

Il peut, comme pour les Systèmes d'Information Géographique, être considéré comme une partie d'un système d'aide à la décision, comme c'est le cas pour le système WATERWARE (Cf.doc.3-4-5) ou être son principal composant (Cf. les logiciels AQUATOOL (doc.1) et NELUP (doc.2)) ou bien être absent de l'outil (Cf. le système COMPARE (doc.8)) où il ne s'agit que de bases de données couplées à des macro-fonctions.

2.LES DIFFERENTS OUTILS :

2.1.AQUATOOL :

AQUATOOL est un système d'aide à la décision développé à l'Université de Valence, en Espagne. Il est actuellement utilisé par des agences de l'Eau espagnoles pour développer leur projet de gestion hydrogéologique de bassins mais aussi pour gérer leurs ressources en eau.

Sa structure est la suivante :

- trois unités de contrôle.
- un module d'optimisation de gestion de bassin.
- un module de modélisation du flux et de modélisation d'un aquifère.
- deux modules d'estimation du risque.
- six modules d'analyses et de restitution des résultats.
- un module graphique et une base de données par unité de contrôle.

2.2.COMPARE :

Ce logiciel a été créé par l'Université de Bologne, en Italie, avec comme objectif d'intégrer des outils de traitements des données et de modélisation permettant :

- une recherche d'informations sur des bases de données.
- d'évaluer les risques et les conséquences d'accidents et d'implantations industrielles sur l'environnement.
- de vérifier la conformité d'un projet avec les lois italiennes environnementales.

Sa structure est la suivante :

- un outil de création de Système d'Information Géographique.
- des bases de données créées par l'utilisateur.
- six modèles de simulation d'accident.
- un module d'analyse du risque.
- un module d'analyse spatial.

2.3.ELECTRE III :

ELECTRE III est un algorithme de classement créé par B.ROY en 1978 et fondé sur une représentation floue des préférences en présence de critères multiples. Dans le cas étudié par le B.R.G.M. (Cf.doc.9) il s'agit d'un logiciel conçu par le Laboratoire d'Analyses et de Modélisation de Systèmes pour l'Aide à la Décision (LAMSADE), situé à Paris, pour classer des sites pollués.

2.4.INTERACTIVE WATER QUALITY MODELLING SYSTEM (IWQMS) :

Ce logiciel d'aide à la décision a été créé par l'Université de l'Etat de l'Iowa, aux Etats-Unis. Il est construit autour d'un SIG (ARC/INFO) auquel sont ajoutées les fonctions suivantes :

- le calcul d'érosion du sol.
- la modélisation de la diffusion d'une pollution.
- le module de modélisation.
- l'interface utilisateur graphique.
- le module de calcul du développement du phosphore.

Ce système d'aide à la décision a pour principal objectif de faciliter l'évaluation du coût effectif de l'érosion, du dépôt de sédiments et du développement du phosphore dûs à l'agriculture dans une gestion d'aquifère.

2.5.NERC-ESRC LAND USE PROGRAM (NELUP) :

Cet outil a été conçu en 1989 pour analyser et prédire les conséquences et l'impact de l'agriculture sur l'environnement à l'échelle d'un bassin hydrogéologique. Il permet la description d'un aquifère par l'intermédiaire d'une interface graphique en manipulant les données déjà présentes dans les bases, de même que la simulation de l'impact d'une politique économique environnementale sur celui-ci. Il est composé des éléments suivants :

- une interface utilisateur graphique.
- trois modèles (économique, écologique, hydrologique).
- une base de données relationnelle pour les données non spatiales.
- un SIG.

2.6.TENNESSEE VALLEY AUTHORITY'S ENVIRONMENT AND RIVER RESOURCE AID (TERRA) :

Ce système a été créé par l'Etat du Colorado, aux Etats-Unis. C'est une application conçue pour aider et contrôler les décisions d'un groupe afin que celles-ci ne soient pas en contradiction avec une contrainte propre à la qualité de l'eau. Il peut aussi gérer un système complexe de réservoirs multiples. Ce logiciel fonctionne en réseau et est composé comme suit par :

- des bases de données statiques.
- des bases de données dynamiques.
- un système de gestion de bassin.
- un système de sécurité.

2.7.WATERWARE :

Le but du projet européen EUREKA EU 487 débuté en 1992 était de développer un système d'aide à la décision facilement compréhensible pour la gestion d'un bassin hydrogéologique. Il permet ainsi d'apporter un nombre important de solutions aux décideurs comme, par exemple, évaluer l'impact de toute nouvelle législation environnementale, décider où et quand de nouvelles ressources peuvent être développées, et enfin formuler une stratégie de contrôle de la pollution d'un aquifère ou d'une rivière.

Il a été conçu pour intégrer les capacités d'un Système d'Information Géographique, d'un système de management de bases de données, de techniques de modélisation, d'optimisation et d'un système expert.

2.8.LES DIFFERENTS PÔLES DE RECHERCHE :

Les recherches ayant abouti à une application, c'est-à-dire à la conception soit d'un outil de classement de site comme ELECTRE III, soit d'un logiciel d'aide à la décision (COMPARE, WATERWARE, IWQMS, AQUATOOL) couplé avec un système de gestion de réservoirs complexes (TERRA), sont limitées à quelques pays :

- Angleterre : l'Université de Newcastle Upon Tyne avec D.G. JAMIESON, J.M. DUNN, R. ACKAY, R. ADAMS et D.R. OGLETHORPE qui ont participé au projet WATERWARE et ont créé le logiciel NELUP.
- Autriche : l'Institut International des Analyses de systèmes appliqués avec K. FEDRA, très actif sur le projet WATERWARE.
- Espagne : l'Université de Valence avec J. ANDREU, J. CAPILLA et E. SANCHIS avec la mise au point du logiciel AQUATOOL.
- France : le groupe BRGM à Orléans avec B. CÔME, l'Ecole des Mines de Nancy avec L. CREUSE dont la collaboration a permis de tester l'outil ELECTRE III pour un classement hiérarchique des sites pollués.

- Italie : l'Université de Bologne avec P. VESTRUCCI, le N.I.E.R. de Bologne avec G. RINALDI et S. STRANGHELLINI qui ont permis la production du système COMPARE.

3.LES DIFFERENTES METHODES :

Il existe différentes méthodes utilisant les techniques multicritères, certaines étant récentes (Compromise Programming (Cf.doc.19), ELECTRE III (Cf.doc.4), et Fuzzy Composite Programming Method(Cf.doc.11)), d'autres beaucoup moins (Multi Utility Functions (Cf.doc.10 et 16), Sequential Proxy Optimization Techniques (Cf.doc.16), Pollution Control Model (Cf.doc.15) et l'Analytic Hierarchy Process (Cf.doc.21)).

Ces techniques d'analyses multicritères permettent de résoudre des problèmes de comparaison, de classement et de hiérarchisation de données entre elles.

Quatre critères principaux sont généralement retenus dans ces méthodes appliquées au domaine de l'eau :

- la sécurité.
- le risque de pollution.
- la faisabilité technique.
- le coût.

Dans un premier temps, une définition des principes, comme par exemple « les eaux souterraines sont peu sensibles aux aléas climatiques », et des cas possibles, comme « les prises d'eau en rivière », par les décideurs est nécessaire (Cf.STEMPOWSKY,(doc.18)).

Dans un deuxième temps, un traitement de ces principes en fonction des objectifs est effectué. C'est à ce niveau que rentrent les notions de critères, pseudo-critères, seuils de préférence (Cf. méthodes ELECTRE, (doc.14 et 18)), et d'indicateurs basiques regroupés dans des ensembles de niveaux plus élevés (Cf. méthode Compromise Programming (doc.19)).

3.1.LA METHODE ELECTRE :

Elle a été fondée en 1978 par B. ROY et repose sur l'utilisation de techniques de surclassement avec application du concept de pseudo-critères. Elle trouve son intérêt dans l'introduction des notions de vrais critères, de pseudo-critères, de seuils de préférence, d'indifférence et de veto donnant ainsi aux interlocuteurs une grande liberté dans la définition des critères.

R.STEMPOWSKI utilise et décrit clairement cette technique dans l'établissement de plans directeurs et de schémas d'application des eaux (Cf.doc.18).

B.ROY l'utilise dans l'étude de l'installation d'un réseau de puits et de canalisation en milieu rural (Cf.doc.14).

3.2.LA METHODE COMPOSITE PROGRAMMING :

Cette technique est un développement de la méthode Compromise Programming. Pour résoudre un problème, il s'agit de réduire un procédé complexe en ses composants élémentaires, appelés indicateurs basiques, puis de regrouper tous ceux ayant des caractéristiques similaires dans des unités successives de niveau supérieur.

La description de cette technique et son application dans le cas d'une aide à la conception d'un réseau de surveillance d'aquifères sont étudiées par WOLDT et BOGARDI(Cf.doc.19).

Il existe un nombre important de modèles comme la méthode M.U.F. (Cf.doc.10 et 16), la méthode F.C.P.(Cf.doc.11), la méthode Pollution Control de KULIKOWSKI (Cf.doc.15) et enfin l'Analytic Hierarchy Process (Cf.doc.21).

3.3.CRITERES DE CHOIX D'UNE METHODE :

Une comparaison entre quatre de ces différentes méthodes (ELECTRE III, Compromise Programming, Multi Utility Functions et UTA) a été faite par DUCKSTEIN, TREICKEL et EL MAGNOUNI, en 1994 (Cf.doc.10)

D'après eux, le choix de la bonne méthode multicritères peut se faire sur les points suivants :

- les caractéristiques de chaque technique incluant leur architecture, leurs limites dans leur utilisation, le type de données nécessaires pour l'application de chaque technique, le degré de liberté et la sensibilité de chacune à considérer l'incertitude et l'imprécision de la donnée.
- le degré de participation des décideurs, la possibilité pour celui-ci d'interagir avec le système et la forme de l'information finale.
- la connaissance du domaine d'application par le concepteur et le temps nécessaire au traitement des informations.
- la stabilité de chaque technique de classement indépendamment de légers changements de paramètre.

BIBLIOGRAPHIE :

Cette bibliographie a été rédigée en appliquant les normes Z44-005 « Documentation, références bibliographiques : contenu, forme et structure » de 1987 et ISO/DIS 690-2-1995 « Information et documentation - Références bibliographiques - Documents électroniques ou parties de ceux-ci ».

Deux parties principales se distinguent :

- dans la première partie se trouvent les références des documents ayant permis de rédiger la synthèse. Tous ces documents ont été jugés suffisamment pertinents pour être récupérés par la société BURGEAP.
- dans la seconde partie se trouvent les autres références intéressantes traitant du sujet.

De plus, un classement secondaire a été défini comme suit :

- les références traitant d'outils d'aide à la décision utilisant les méthodes multicritères.
- les références traitant des méthodes multicritères.
- les références traitant des critères et des méthodes multicritères de façon plus générale.

REFERENCES RETENUES POUR LA SYNTHÈSE

LES DIFFERENTS OUTILS DISPONIBLES :

1. **ANDREU, J.** AQUATOOL : A generalized decision support system for water-resources planning and operational management. *Journal of Hydrology*, 1996, 177, p.269-291.
2. **DUNN, S.M. et al.** The hydrological component of the NELUP decision-support system : an appraisal. *Journal of Hydrology*, 1996, 177 (3-4), p.213-235.
3. **FEDRA, K. and JAMIESON, D.G.** The « WATERWARE » decision-support system for river-basin planning. 1. Conceptual design. *Journal of Hydrology*, 1996, 177 (3-4), p.163-175.
4. **FEDRA, K. and JAMIESON, D.G.** The « WATERWARE » decision-support system for river-basin planning. 2. Planning capability. *Journal of Hydrology*, 1996, 177 (3-4), p.177-198.
5. **FEDRA, K. and JAMIESON, D.G.** The « WATERWARE » decision-support system for river-basin planning. 3. Example applications. *Journal of Hydrology*, 1996, 177 (3-4), p.199-211.
6. **HSIU-HUA, Liao and TIM, S.** Interactive water quality modelling within a GIS environment. *Computers, environment and urban systems*, 1994, vol.18, no.5, p.343-363.
7. **REITSMA, R.F.** Structure and support of water-resources management and decision-making. *Journal of Hydrology*, 1996, 177, p.253-268.
8. **RINALDI, G., STANGHELLINI, S. and VESTRUCCI, P.** COMPARE : an integrated tool for hazard assessment and risk analysis. *Environmental Software*, 1992, vol.7, no.4, p.203-215.

METHODES MULTICRITERES :

9. **COME, B. and CREUSE, L.** Analyse multi-critères et hiérarchisation des risques liés aux sites pollués : résultats d'une étude-pilote. *Techniques Sciences Méthodes, génie urbain-génie rural*, 1995, no.4, p.362-366.
10. **DUCKSTEIN, Lucien, TREICHEL, Wiktor and MAGNOUNI, Samir El.** Ranking Ground-Water Management Alternatives by Multicriterion Analysis. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 1994, vol.120, no.4, p.546-565.
11. **LEE, Yong W, DAHAB, Mohamed F. and BOGARDI, Istvan.** Fuzzy Decision Making in Ground Water Nitrate Risk Management. *Water Resources Bulletin*, 1994, vol.30, no.1, p.135-148.
12. **LEE, Yong W, DAHAB, Mohamed and BOGARDI, Istvan.** Nitrate Risk Management Under Uncertainty. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 1992, vol.118, no.2, p.151-165.
13. **OSTROM, A.R. and GROS, J.G.** Application of decision analysis to pollution control : the Rhine river study. *International Institute Application System Analysis, Resources Memory*, 1975, no.45, p.1-45.
14. **ROY, Bernard, SLOWINSKI, Roman and TREICHEL, Wiktor.** Multicriteria programming of water supply systems for rural areas. *Water Resources Bulletin*, 1992, vol.28, no.1, p.13-31.
15. **SAKAWA, Masatoshi and SAWARAGI, Yoshikazu.** Multiple-criteria optimization of pollution control model. *International Journal of Systems Sciences*, 1975, vol.6, no.8, p.741-748.
16. **SAKAWA, M. and SEO, F.** Interactive Multiobjective Decision Making in Environmental Systems Using Sequential Proxy Optimization Techniques (SPOT). *Automatica*, 1982, vol.18, no.2, p.155-165.
17. **SHAFIKE, Nabil G., DUCKSTEIN, Lucien and MADDOCK, Thomas.** Multicriterion analysis of groundwater contamination management. *Water Resources Bulletin*, 1992, vol.28, no.1, p.33-43.
18. **STEMPLOWSKI, R.** *Application de l'aide à la décision multi-critères aux schémas d'aménagement des eaux.* Thèse mémoire : BRGM, Université Paris IX, 1990, 132 p.
19. **WOLDT, W. and BOGARDI, I.** Ground water monitoring network design using multiple criteria decision making and geostatistics. *Water Resources Bulletin*, 1992, vol.28, no.1, p.45-62.

DISCUSSION SUR LES CRITERES ET LES METHODES :

20. **RECKHOW, K.H.** Water quality simulation modelling and uncertainly analysis for risk assessment and decision making. *Ecological modelling*, 1994, 72 (1-2), p.1-20.
21. **RIDGLEY, Mark A. and RIJSBERMAN, Frank R..** Multicriteria Evaluation in a Policy Analysis of a Rhine Estuary. *Water Resources Bulletin*, 1992, vol.28, no.6, p.1095-1110.
22. **SIMONOVIC, S.P. and BENDER, M.J.** Collaborative planning-support system : an approach for determining evaluation criteria. *Journal of Hydrology*, 1996, 177 (3-4), p.237-251.
23. *Synthèse des études. Gestion future du canal de Jonage. Dossier d'aide à la décision. Bibliographie.* GREBE, 1992, 37 p.

REFERENCES NON RETENUES POUR LA SYNTHÈSE

LES DIFFERENTS OUTILS DISPONIBLES :

24. **ADAMS, R. et al.** *Assessing the performance of the NELUP hydrological models for river basin planning.* J. Environ. Plann. Manage, 1995, 38(1), 24 p.
25. **FEDRA, K.** Modelling Hazardous Chemicals : Software Tools for Environmental Risk Analysis. *ENVIROTECH-VIENNA*, February 20-23, 1989. Wien (Austria), 1989.
26. **HAMMOCK, J.K. and LORENZ, R.** Using a Geographic Information System to Manage Data from a Ground-Water Remediation Program. *Geographic Information Systems (GIS) and Mapping—Practices and Standards, 1992.*
27. **HIPEL, K.W., KILGOUR, D.M., FANG, L. and PENG, X.** Resolving Water Resources Conflicts Using the Decision Support System GMCR II. *Proceedings of the International Conference on Water Resources & Environment Research : Towards the 21st Century*, Kyoto (Japan), October 29-31, 1996, p.501-508.
28. **PICTET, J., MAYSTRE, L.Y. and SIMOS, J.** SURMESURE : An Instrument for Representation and Interpretations of ELECTRE and PROMETHEE Methods Results. *In Applying Multiple Criteria Aid for Decision to Environmental Management.* Dordrecht (The Netherlands) : Kluwer Academic Publishers, 1994, p.291-304.
29. **SLOBODAN, P. and SIMONOVIC, M.** Decision Support Systems for Sustainable Management of Water Resources : 2. Case Studies. *Water International*, 1996, vol.21, p.233-244.

METHODES MULTICRITERES :

30. **AL-KLOUP, B. et al.** Application of multicriteria analysis to ranking and evaluation of water-resources development options (The Case of Jordan). *European Journal of Operational Research*. In print.
31. **BALESTRA, G. and OSTANELLO, A.** Segmentation problems and Neural Networks. *In Applying Multiple Criteria Aid for Decision to Environmental Management*. Dordrecht (the Netherlands) : Kluwer Academic Publisher, 1994, p.247-262.
32. **BARDOSSY, A. and DUCKSTEIN, L.** Analysis of a karstic aquifer management problem by Fuzzy Composite Programming. *Water Resources Bulletin*, 1992, 28(1), p.63-73.
33. **BENAYUN, R., ROY, B. and SUSSMAN, B.** ELECTRE : une méthode pour guider le choix en présence de points de vue multiples. Note de travail : SEMA (Metra International), Direction Scientifique, Paris, 1966.
34. **BRANS, J.P. and VINCKE, Ph.** *A Preference ranking organisation method* (The PROMETHEE Method for Multi-Criteria Decision Making). *Management Science*, 1985, 31(6), p.647-656.
35. **CHANKONG, V. and HAIMES, Y.Y.** *Optimisation-based methods for multi-objective decision making : Theory and Methodology*. Elsevier-North Rolland, New York, USA.
36. **CIENIAWSKI, S.E., EHEART, W. and RANJITHAN, S.** Using Genetic Algorithms to Solve a Multi-Objective Groundwater Monitoring Problem. *Water Resources Research*, 1995, 31(2), p.399-409.
37. **COME, B. et al.** Application comparative de méthodes d'évaluation de risques liés aux sites pollués : premiers enseignements et perspectives. *Techniques, Sciences, Méthodes*, 1993, no.9, p.447-451.
38. **DAS, P.** *Hierarchical-Multi-objective Approach in the planning and Management of Water and Related Land Resources*. Ph.D. Dissertation, Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio, 1976.
39. **DAVID, L. and DUCKSTEIN, L.** Multi-Criterion Ranking of Alternative Long-range Water Resources Systems. *Water Resources Bulletin*, 1976, 12(4), p.731- 754.
40. **DE KEYSER, W. and PEETERS, P.** ARGUS: A New Multiple Criteria Method Based on the General Idea of Outranking. *In Applying Multiple Criteria Aid for Decision to Environmental Management*. Dordrecht (The Netherlands) : Kluwer Academic Publishers, 1994, p.263-278.
41. **GERSHON, M., DUCKSTEIN, L. and MCANIFF, R.** Multi-objective River Basin Planning with Qualitative Criteria. *Water Resources Research*, 1982, 18(2), p.193-202.

42. **GOICOECHEA, A., STAKHIV, E.Z. and LI, F.** Experimental Evaluation of Multiple Criteria Decision Models for Application to Water Resources Planning. *Water Resources Bulletin*, 1992, 28(1), p.89-102.
43. **GORELICK, S.M.** Revue of Distributed Parameters Groundwater Management Modelling Methods. *Water Resources Research*, 1983, 19(2), p.305-319.
44. **HAIMES, Y.Y., HALL, W.A. and FREEDMAN, H.T.** Multiobjective Optimization in Water Resources Systems. The Surrogate Worth Trade-off Method. *Development in Water Sciences*, 1975, vol.3, 214 p.
45. **HAMERLINCK, J.D., WRAZIEN, D.R. and NEEDHAM, S.** Underground injection well database development for groundwater vulnerability assessment applications. *Proceedings of Geographic Information Systems / Land Information Systems Convention (GIS/LIS)*, Minneapolis, November 2-4, 1993. Etats-Unis : 1993, vol.1, p.270-281.
46. **HOKKANEN, J. and SALMINEN, P.** The Choice of a Solid Waste Management System by Using the ELECTRE II Decision-Aid Method. *In Applying Multiple Criteria Aid for Decision to Environmental Management*. Dordrecht (The Netherlands) : Kluwer Academic Publishers, 1994, p.111-155.
47. **HUSHON, J.M. et al.** Comparison of hazardous waste site ranking models. *Annual Environmental Symposium of the American Defense Preparedness Association*, 1993.
48. **JACQUET-LAGREZE E.** Basic Concepts for Multicriteria Decision Support. *In Multiple Criteria Decision Methods and Applications*. Berlin (Germany) : Springer-Verlag, 1985.
49. **JAMIESON, D.G.** An Hierarchical Approach to Water Quality Modelling. *In JAMES, A. Mathematical models in water pollution control*. John Wiley, 1981.
50. **JAMIESON, D.G.** An integrated multi-functional approach to water resources management. *Hydrological Sciences Journal*, 1986, 31(4), p.501-514.
51. **KEENEY, R.L. and WOOD, E.F.** An Illustrative Example of the Use of Multi-attribute Utility Theory for Water Resource Planning. *Water Resources Research*, 1977, 13(4), p.705-712.
52. **MAYSTRE, Lucien-Yves, PICTET, Jacques et SIMOS, Jean.** *Méthodes Multicritères ELECTRE*. Lausanne (Suisse) : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1994, 323 p. ISBN : 2-880-74267-6.
53. **NIJKAMP, P. and VOS, J.B.** A Multicriteria Analysis for Water Resource and Land Use Development. *Water Resources*, 1977, 13(3), p.513-518.
54. **O'RIORDAN, J.** Evaluation of planning studies with multiple goals. *International Fed. Autom. Control. World congress*, Boston (U.S.A.), 1975, 48 p. (7 ref.).
55. **OZELKAN, E. and DUCKSTEIN, L.** Analysing Water Resources Alternatives and handling Criteria by Multi Criterion Decision Techniques. *Journal of Environmental*

Management, 1996, vol. 48(1), p.69-96.

56. **ROY, Bernard.** ELECTRE III : un algorithme de classement fondé sur une représentation floue des préférences en présence de critères multiples. *Cahier du C.E.R.O.*, 1978, 20(1), p.3-24.
57. **SLOWINSKI,R.** A Multicriteria Fuzzy linear Programming Method for Water Supply System Development Planning. *Fuzzy Sets and Systems*, 1986, 19, p.217-237.
58. **SLOWINSKI,R. and TREICHEL,W.** *A Review of Water Supply Systems Programming Methods and a New Proposal Taking Into Account Present Trends in Multicriteria Decision Aid (in Polish)*. Technical Report : Institute of Control Engineering, Technical University of Poznan, 1987, 125 p.
59. **TECLE,A.** Choice of Multicriterion Decision Making Technique for Watershed Management, PhD Thesis : University of Arizona and School of Renewable Natural Resources, 1988.
60. **TECLE,A.** Selecting a Multicriterion Decision Making Technique for Watershed Resources Management. *Water Resources Bulletin*, 1992, 28(1), p.129-140.
61. **TOURAUD,E., VAYSSADE,B. et AIRAULT,S.** Méthodologie d'évaluation du risque de contamination des eaux souterraines. *Préventique-Sécurité*, 1995, no.20, p.10-14.
62. **VANCON,J.P.** Sécurité des captages d'alimentation en eau potable. Système expert de mise en œuvre des plans de secours. Le logiciel s eau s.. Rapport de présentation. Rapport d'études : BRGM, Ministère de l'Environnement, 1993, 33 p.

DISCUSSION SUR LES CRITERES ET LES METHODES :

63. **ABRASSART, J. et BERTRAND, M.** Un système d'aide à la décision pour évaluer et réduire la pollution. *XIIth World Congress on Agricultural Engineering*, Milan (Italie), 29 août-1^{er} septembre 1994. Rennes : CEMAGREF Editions, 1994, p.214-221.
64. **BOGARDI, J. and DUCKSTEIN, L.** Interactive multi-objective analysis embedding the decision maker's implicit preference function, *Water Resources Bulletin*, 1992, 28(1), p.75-88.
65. **COCHRANE, J.L and ZELNY, M.(eds.)**. *Multiple Criteria Decision Making*, University of South Carolina Press, Columbia, USA, 1973.
66. **COLSON, G.** Theories of Risk and MCDM. In *Multiple Criteria Decision Methods and Applications*. Berlin (Germany) : G. FANDEL and J. SPRONK SPRINGER-VERLAG, 1985, p.171-196.
67. **FALLET, B., PERRET, J. et PIGNARD MARTHOD, N.** *Méthode de diagnostic et de prospective de petites zones fragiles. Discours sur la méthode - Volume 1 : rapport - Volume 2 : annexe le DAZ « outil adaptable et répétitif »*. Rapport d'études : CEMAGREF, Grenoble, 1990, 18 p. + 35 p. environ.
68. **HIPEL, K.W.** Multiple Objective Decision Making in Water Resources. *Water Resources Bulletin*, 1992, 28(1), p.3-12.
69. **KITABATAKE, Y. and TAKAHASHI, M.** Regional Multi-objective Planning of Water Supply and the Disposal of Residuals with due Regard to Interregional Population Distribution, *Environment and Planning A.*, 1989, 12, p.627-648.
70. **KO, S.K., FONTANE, D.G. and LABADIE, J.W.** Multiobjective Optimization of Reservoir Systems Operation. *Water Resources Bulletin*, 1992, 28(1), p.111-127.
71. **LABS, H. and SCHULTZ, G.A.** Reservoir Management Rules Derived with the Aid of Multi Objective Decision Making Technique. *Water Resources Bulletin*, 1992, 28(1).
72. **MULLER, S.** *Etude phytosociologique et écologique des prairies alluviales de Lorraine. Application à la mise au point d'un diagnostic phytoécologique informatisé. Outil d'aide à la décision pour l'aménagement et la gestion de ces milieux herbacés*. Note technique : Centre de Recherches Ecologiques, Université de METZ, 1993, 4p.
73. **MUNDA, G.** Fuzzy Information in Multicriteria Environmental Evaluation Models. PhD Thesis : Free University, Amsterdam, The Netherlands, 1993.
74. **NAGL, S. and NAGEL, R.** Incentives, MCDM, and environmental protection. *Computers, environment and urban systems*, 1989, vol.13, no.4, p.225-230.
75. **OPPERHUIZEN, A. and HUTZINGER, O.** Multi-criteria analysis and risk assessment. *Chemosphere*, 1982, vol.11, no.7, p.675-678.

76. **PARUCCINI, M. (Ed.)**. *Applying Multiple Criteria Aid for Decision to Environmental Management*. Dordrecht (The Netherlands) : Kluwer Academic Publishers, 1994, 360 p.
77. **SCARELLI, A. and VENZI, L.** An Ecosystem and its Equilibrium Points. *In Applying Multiple Criteria Aid for Decision to Environmental Management*. Dordrecht (The Netherlands) : Kluwer Academic Publishers, 1994, p.233-245.
78. **SINAN, M. et TROUILLARD, J.M.** *Utilisation de la cartographie multicritères pour l'étude de la vulnérabilité des aquifères. Application au sud du bassin hydrogéologique de l'Essonne. Première phase : sélection et acquisition des données*. Rapport d'étude : Ministère de l'Environnement, Direction de l'Eau, 1993, 42 p.
79. **SINNASSAMY, J.M.** *Eléments pour une méthode de gestion intégrée du littoral méditerranéen - grille multicritères*. Rapport d'étude : Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 1992, 62 p.
80. **SLOWINSKI, R. and TREICHEL, W.** Multicriteria Analysis of Regional Water Supply Systems. *In GEERING, H.P. and MANSOUR, M. Large Scale Systems : Theory and Applications*. Oxford : Pergamon Press, 1986, p.745-748.
81. **YURDUSEV, M.A., FROUKH, M.L. and JAMIESON, D.G.** Potential use of expert systems and optimisation techniques in water resources planning. *Fourth International Conference on Computer Methods and Water*, Byblos, June 16-18, 1997.