

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL
D'AIDE À LA DÉCISION ENVIRONNEMENTALE DURABLE
POUR UNE GRANDE VILLE

JULIEN GAUTIER
DÉPARTEMENT DES GÉNIES CIVIL, GÉOLOGIQUE
ET DES MINES
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE CIVIL)
OCTOBRE 2005



Library and
Archives Canada

Bibliothèque et
Archives Canada

Published Heritage
Branch

Direction du
Patrimoine de l'édition

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

ISBN: 978-0-494-18131-7

Our file Notre référence

ISBN: 978-0-494-18131-7

NOTICE:

The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

The author retains copyright ownership and moral rights in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

AVIS:

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.


Canada

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL
D'AIDE À LA DÉCISION ENVIRONNEMENTALE DURABLE
POUR UNE GRANDE VILLE

présenté par : Julien GAUTIER

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. ROBERT Benoît, Ph.D., président

Mme MILLETTE Louise, Ph.D., membre et directrice de recherche

Mme GAGNON Chantal, M.B.A., membre

REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent tout d'abord à ma directrice de recherche Madame Louise Millette pour son soutien et sa disponibilité tout au long de ma maîtrise. Je tiens à remercier aussi la Ville de Montréal, plus particulièrement la Direction de l'environnement et sa directrice Madame Chantal Gagnon, de m'avoir permis d'assister aux différentes réunions entourant le Plan stratégique de développement durable de la collectivité montréalaise (PSDDCM) et d'avoir financé l'achat du logiciel Electre III. Je tiens aussi à remercier, bien évidemment, tous les autres membres du Comité Directeur du PSDDCM pour leur disponibilité et leur participation à l'élaboration des étapes clés de la maîtrise. Je tiens enfin à remercier entre autres : Érik Bélanger, associé de recherche, pour sa disponibilité et sa contribution, Monsieur Jean-Philippe Waaub, professeur à l'UQÀM, pour ses éclairages dans le domaine de l'analyse multicritère et Monsieur Benoît Robert pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire en compagnie de Madame Millette et Madame Gagnon.

Un grand merci à tous ceux qui m'ont soutenu et encouragé de près ou de loin, particulièrement Corinne, ma famille, mes amis.

RÉSUMÉ

Le plan d'action mondial Action 21 des Nations Unies a soulevé la nécessité pour les municipalités d'implanter la notion de développement durable dans les prises de décision et la planification locales. Dans ce sens, au mois d'avril 2005, la Ville de Montréal a rendu public le Plan Stratégique de Développement Durable de la Collectivité Montréalaise (PSDDCM). Le processus décisionnel qui a mené à la mise sur pied de ce premier plan a nécessité deux années de travail sous la direction d'un Comité Directeur, aidé logistiquement par un Comité Technique et soutenu dans ses décisions par un Comité des Partenaires, constitué d'organismes publics et privés. Au final, 24 projets ont été retenus à court terme parmi une centaine potentiellement applicable en début de processus.

La présente étude vérifie l'applicabilité d'une méthodologie qui permettrait d'accompagner la Ville de Montréal et d'améliorer ce processus de décision multiacteurs. L'aide à la décision multicritère et en particulier le logiciel Electre III ont déjà permis en gestion de l'environnement de formaliser, documenter, coordonner et limiter en terme de temps certains processus décisionnels. On pose l'hypothèse qu'il est possible, à partir d'une matrice des « performances » des projets, de produire un classement représentatif, fondé sur les préférences des acteurs et le caractère non compensatoire des critères d'évaluation, caractéristique fondamentale du développement durable.

La mise en application efficace de la méthode Electre III nécessite le respect de plusieurs étapes fondamentales avant l'implantation dans le logiciel: désignation d'un homme d'étude, définition des objectifs, présentation des projets, formulation des critères et des poids, élaboration du tableau des performances, fixation des seuils. Les nombreuses rencontres avec des acteurs du Comité Directeur ont permis de construire un modèle suffisamment cohérent et représentatif pour pouvoir comparer les résultats produits par le logiciel Electre et ceux du PSDDCM. Ces étapes de la méthodologie sont aussi importantes que le résultat final. Ce sont elles qui permettent de structurer de façon claire le processus et donc à terme d'en améliorer la durabilité et l'efficacité.

Selon chaque décideur rencontré, les poids affectés aux critères diffèrent et un classement de l'ensemble des projets est proposé par Electre III. Après une analyse graphique, un noyau dur de 25 actions ressort, commun aux différents classements individuels. On y retrouve 11 des 24 actions du PSDDCM. Toutefois il est difficile d'établir un ordre précis de classement en commun. Comme toute méthodologie d'aide à la décision multicritère, Electre III ne prétend pas pouvoir remplacer la décision des acteurs, surtout dans un processus multiacteurs, comme le PSDDCM, où de nombreux conflits d'intérêts et de préférences interviennent. L'étude confirme cette limitation. Avec l'aide d'un autre outil adapté à la démarche (SURMESURE), elle s'attache plutôt à révéler les points de consensus entre les classements individuels et ainsi fournir une base solide de discussion afin d'alimenter la négociation future concernant le choix des priorités d'actions.

L'étude est menée sans la réunion de l'ensemble du Comité Directeur autour d'une même table. Quelques étapes de la méthodologie sont donc entachées d'imprécision, tout particulièrement la détermination des performances des actions. Le bien fondé de la démarche et des résultats n'est toutefois pas remis en cause. Le futur utilisateur doit cependant prendre en compte les recommandations importantes et améliorations possibles, introduites en marge de la procédure suivie lors de l'étude.

En conclusion, l'étude montre que l'utilisation d'une méthodologie d'aide à la décision multicritère comme Electre III semble parfaitement justifiée au sein d'un processus décisionnel portant sur la planification municipale durable. Elle permettrait de guider les acteurs vers des solutions collectivement acceptées en les aidant à formuler et argumenter leurs préférences. Il en résulterait une rigueur de raisonnement ainsi qu'une facilité de suivi et de justification de la démarche. Enfin, l'utilisation d'une telle méthodologie permettrait sans doute de raccourcir significativement le temps nécessaire à la consultation.

ABSTRACT

The world action plan Action 21 of the United Nations raised the need for municipalities to establish the concept of sustainable development in local decision-making and planning. Through this initiative, in April 2005, the city of Montreal publicly proclaimed its "Plan Stratégique de Développement Durable de la Collectivité Montréalaise" (PSDDCM). The decision-making process leading to the preparation of the plan required two years of work under the leadership of the Management Committee. A Technical Committee directed logistics, and a Committee of Partners, constituted of both public and private organizations, supported these decisions. At the end, 24 projects were adopted for the short term among an applicable hundred at the beginning of process.

This study deals with the question of the application of a methodology, which would support the city of Montreal in improving this multi-actor decision-making process. The multicriteria decision aid (MCDA), specifically the methodology Electre III, already used in environment management to formalize, document, coordinate and limit in term of time certain decision-making processes, was employed. From the "performances" of the matrix of projects, methodology leads to a typical ranking, founded on the preferences of the actors and the non-compensatory character of the criteria of evaluation, a basic characteristic of sustainable development.

For an effective use of the Electre III software, several fundamental preparatory steps must be completed. These include: appointment of a facilitator, definition of the objectives, presentation of the projects, formulation of the criteria and weights, development of the matrix of "performances", and establishment of thresholds. Multiple meetings with the members of the Management Committee made it possible to build a sufficiently coherent and representative model to be able to compare the results produced by Electre III with those of the PSDDCM. These methodological steps are as important as the final result. They make it possible to provide a concise structure to the process and thus, in the long term, improve its durability and efficiency.

According to each stakeholder consulted, the weights assigned to the criteria differ. Electre III proposes a ranking amongst these projects. After a graphic analysis, a nucleus of 25 actions arises, according to the various individual classifications. Here is found a part (11/24) of the projects of the PSDDCM. However it is difficult to establish a precise order of joint classification. Like any MCDA methodology, Electra III does not claim to be able to replace the decision of the actors, even less in a process of multiple actors like the PSDDCM where many conflicts of interests and preferences intervene. The study confirms this. With the assistance of another tool adapted to the exercise (SURMESURE), it reveals the points of consensus between the individual rankings and thus provides a solid base of discussion in order to feed the future negotiations concerning the choice of the action priorities.

The study was undertaken without the meeting of the entire Management Committee in attendance. Some stages of methodology are thus tainted with inaccuracy, particularly the determination of the "performances" of the actions. However the results are not called into question. The future user should nevertheless take into account the important recommendations and possible improvements, introduced in the margin of the procedure followed at the time of the study.

In conclusion, the use of a MCDA methodology such as Electre III seems perfectly justified within a decision-making process on durable municipal planning. It makes it possible to guide the actors towards solutions collectively accepted by helping them to formulate and argue their preferences. It results in a well founded reasoning as well as a follow-up and justification of the step. The use of such a systematic methodological approach would probably produce a shorter, more streamlined consultation process.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ	V
ABSTRACT	VII
TABLE DES MATIÈRES	IX
LISTE DES TABLEAUX.....	XI
LISTE DES FIGURES	XII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	XIII
LISTE DES ANNEXES	XIV
CHAPITRE I. INTRODUCTION	1
I.1 Mise en contexte.....	1
I.2 Objectifs.....	2
I.3 Hypothèses de recherche	3
I.4 Méthodologie.....	3
CHAPITRE II. REVUE DE LITTÉRATURE	6
II.1 Généralités	6
II.2 Multicritère et domaine de la prise de décision.....	9
II.3 Multicritère, environnement et développement durable.....	10
II.4 Les méthodes multicritères d'aide à la décision : généralités	11
II.5 Les différentes méthodes de l'analyse multicritère	13
II.5.1 Élaborer la liste des actions potentielles	13
II.5.2 Élaborer la famille des critères	14
II.5.3 Établir le tableau des performances	14
II.5.4 Agréger les performances	15
II.6 Exemples d'application des méthodes multicritères	18
CHAPITRE III. MÉTHODOLOGIE ADOPTÉE.....	21
III.1 Choix de la méthode d'agrégation.....	22
III.2 Mise en contexte et décideurs	28
III.3 Élaboration de la liste des actions potentielles	30
III.4 Élaborer la liste famille des critères.....	34
III.5 Pondération des critères	44
III.6 Établir le tableau de performances des actions potentielles	50

III.7	Agréger les performances	52
III.7.1	Points de repère méthodologiques de Electre III	52
III.7.2	Implantation dans le logiciel Electre III	60
III.8	Les résultats	68
III.9	Analyse des résultats	70
III.9.1	Analogie entre les différents graphes finaux	70
III.9.2	L'outil SURMESURE	76
III.9.3	Analyse de sensibilité et de robustesse	81
III.10	Pourquoi les résultats aident à la décision ?	83
CHAPITRE IV. RECOMMANDATIONS POUR UNE UTILISATION FUTURE ..		85
IV.1	Mise en contexte et acteurs	85
IV.2	Les actions potentielles	87
IV.3	Les critères	88
IV.4	Les poids	89
IV.5	Les performances	89
IV.6	La procédure d'agrégation	90
IV.7	Résultats et analyses	91
CHAPITRE V. CONCLUSION		93
RÉFÉRENCES		95
ANNEXES		107

Liste des Tableaux

Tableau 2.1 : Exemple de tableau de performances.....	15
Tableau 2.2 : Problématiques « classiques » (<i>Source : Roy 1985</i>).....	16
Tableau 2.3 : Exemples d'application à connotation environnementale des différentes méthodes multicritères (<i>Source : Maystre et al. 1994</i>)...	19
Tableau 3.1 : Les différents jeux de poids de l'étude	49
Tableau 3.2 : Relations de préférence dans Electre III (<i>Source : Maystre et Bollinger 1999</i>).....	58
Tableau 3.3 : Les différents seuils d'indifférence et de préférence de l'étude	65
Tableau 3.4 : Les différents groupes d'actions communes à tous les classements individuels	72
Tableau 3.4.a : Le premier groupe d'actions communes.....	72
Tableau 3.4.b : Le deuxième groupe d'actions communes.....	73
Tableau 3.4.c : Le troisième groupe d'actions communes.....	74
Tableau 3.4.d : Le quatrième groupe d'actions communes	74
Tableau 3.5 : Somme des rangs	80

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 : Approches opérationnelles et méthodes (Source : Maystre et al. 1994).....	17
Figure 3.1 : Déroulement du processus d'aide à la décision (Source : Maystre et al. 1994).....	23
Figure 3.2 : Volet et orientations du PSDDCM (Source : Ville de Montréal et al. 2003).....	33
Figure 3.3 : Famille des critères.....	39
Figure 3.4 : Exemple de rangement de cartes.....	48
Figure 3.5 : Relations sur un critère entre deux actions A et B, suite à la différence de performances de A par rapport à B (Source : Schärli 1996).....	54
Figure 3.6 : Fonction de réponse du critère à seuils (Source : Schärli 1996)	55
Figure 3.7 : Fonction de réponse du veto flou (Source : Schärli 1996)	56
Figure 3.8 : Fonction de réponse caractéristique de Electre III (Source : Schärli 1996).....	57
Figure 3.9 : Onglet Edition pour introduire les données.....	61
Figure 3.10 : Introduction des références du Projet.....	61
Figure 3.11 : Introduction du critère « Degré d'insertion dans la politique globale municipale » et de son poids relatif	62
Figure 3.12 : Détails de l'action « Participer aux grands événements à caractère environnemental »	62
Figure 3.13 : Partie du tableau des performances	67
Figure 3.14 : Seuils du critère « Degré d'insertion dans la politique globale municipale »	68
Figure 3.15 : Le départ des deux distillations et du classement final	69
Figure 3.16 : Exemple du diagramme SURMESURE pour une action (nuage de six points).....	77

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ACV :	Analyse de cycle de vie
AHP :	Analytical hierarchy process
CRE :	Conseil régional en environnement
CRÉ :	Conférence régionale des élus de Montréal
CRDÎM :	Conseil régional de développement de l'île de Montréal
EIE :	Etude d'impact sur l'environnement
ELECTRE :	Elimination et choix traduisant la réalité
GES :	Gaz à effet de serre
ICLEI	International Council for Local Environmental Initiatives
LAMSADE :	Laboratoire d'analyse et modélisation de systèmes pour l'aide à la décision
MAUT :	Multiattribute utility theory
MCDA :	Multicriteria decision analysis
ONG :	Organisme non gouvernemental
ONU :	Organisation des Nations Unies
PROMETHEE :	Preference ranking organization method for enrichment evaluation
PSDDCM :	Plan stratégique de développement durable de la collectivité montréalaise
SMART :	Simple multiattribute rating technique
SURMESURE :	Surface de Représentation des résultats des Méthodes de Surclassement
UQÀM :	Université du Québec à Montréal
USA :	United States of America
UTA :	Utilités additives

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 :	Questionnaire élaboré par la Ville de Montréal pour la définition des actions potentielles	Fichier Word
Annexe 2 :	Liste des actions potentielles	Fichier Word
Annexe 3 :	Questionnaire proposé aux décideurs pour la détermination des critères d'évaluation	Fichier Word
Annexe 4 :	Algorithmes d'attribution des poids	Fichier Excel
Annexe 5 :	Matrice des performances des actions potentielles suivant les critères et sous-critères d'évaluation	Fichier Excel
Annexe 6 :	Matrice des performances des actions potentielles suivant les critères globaux après somme pondérée	Fichier Excel
Annexe 7 :	Classements finaux individuels	Fichier PDF
Annexe 8 :	Classement final avec des poids égaux	Fichier PDF
Annexe 9 :	Diagrammes SURMESURE par action	Fichier Excel
Annexe 10 :	Diagrammes SURMESURE par acteur	Fichier Excel
Annexe 11 :	Classement final acteur 1 avec seuils modifiés	Fichier PDF

CHAPITRE I. INTRODUCTION

I.1 Mise en contexte

Le concept de développement durable a suscité, depuis la parution à l'Organisation des Nations Unies (ONU) du rapport Brundtland en 1987, de nombreux débats et est devenu un thème essentiel de la recherche scientifique ainsi qu'un ordre du jour politique. Le développement durable y est défini comme « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (Brundtland 1988). Cinq ans plus tard, lors de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, tenue à Rio de Janeiro, 179 nations signent un plan d'action global nommé Action 21. Le chapitre 28 de ce plan s'adresse aux collectivités locales :

« [...] ce sont les collectivités locales qui construisent, exploitent et entretiennent les infrastructures économiques, sociales et environnementales, qui surveillent les processus de planification, qui fixent les orientations et la réglementation locales en matière d'environnement et qui apportent leur concours à l'application des politiques de l'environnement adoptées à l'échelon national ou infranational. Elles jouent, au niveau administratif le plus proche de la population, un rôle essentiel dans l'éducation, la mobilisation et la prise en compte des vues du public en faveur d'un développement durable. » (Nations Unies 2004)

Dans cette approche, de nombreuses municipalités ont commencé à mettre en place des politiques de développement durable et des agendas 21 s'inspirant des directives de Rio. La signature de la Charte des villes européennes pour la durabilité (Charte d'Aalborg) en mai 1994 par 80 autorités locales européennes et l'élargissement de l'International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI) (Conseil international pour les initiatives environnementales locales) montrent l'enthousiasme grandissant pour ces politiques. À Montréal, la démarche politique s'est amorcée lors du Sommet de Montréal en Juin 2002 lorsque la notion de développement durable a été associée à l'un des cinq grands axes de développement de la ville. Dès lors, un Comité Directeur a été désigné afin d'élaborer un Plan Stratégique de Développement Durable de la Collectivité Montréalaise (PSDDCM). Ce plan a été présenté publiquement courant 2005.

I.2 Objectifs

A titre de représentante du Comité Environnement et Développement Durable de la Conférence Régionale des Élus de Montréal (CRÉ), le professeur Louise Millette a accepté de participer au Comité Directeur. À la vue du processus décisionnel et ayant pu assister à une grande partie des réunions du Comité Directeur depuis l'hiver 2004, l'idée est venue de construire, dans le cadre de la présente recherche, une méthodologie d'évaluation et de classement des projets municipaux liés à la notion de développement durable. Cette idée s'est vue renforcée par les propos de Quaddus et Siddique (2001) qui mettent en avant la complexité de la planification du développement durable. Pour ces auteurs, il n'existe pas encore d'accord général sur comment se comporter afin de développer des plans de développement durable. Cette méthodologie d'aide à la décision environnementale durable viserait à accompagner la Ville de Montréal, et notamment le Comité Directeur, à documenter, formaliser, comprendre et élaborer leurs priorités d'actions. En effet, en partant d'une matrice d'évaluation des « performances » des différents projets considérés, on a souhaité ensuite alimenter des outils d'analyse éprouvés comme, par exemple, des logiciels basés sur l'approche multicritère, afin de faciliter la tâche des décideurs. La démarche s'est ainsi clairement inscrite dans le domaine de l'aide à la négociation multicritère. Plus spécifiquement, les sous objectifs sont les suivants :

1. regrouper sous forme d'une liste, l'ensemble des actions envisageables et prises en compte par le Comité Directeur aux fins de la démarche,
2. établir la matrice d'évaluation des actions en fixant notamment un ensemble de critères et de poids cohérents pour le Comité,
3. élaborer un classement des actions en introduisant les valeurs de la matrice à l'intérieur d'un logiciel d'aide multicritère à la décision,

4. après analyse des résultats, faciliter l'interprétation efficace du classement afin d'aider le Comité Directeur à élaborer un consensus et ainsi lui faciliter un choix d'actions,
5. à long terme, instaurer une démarche multicritère systématique et efficace facilitant les échanges et permettant le consensus au sein du Comité.

I.3 Hypothèses de recherche

La réalisation du projet de recherche s'est fondée sur les hypothèses suivantes :

1. Il est possible de créer une méthodologie suffisamment cohérente permettant de systématiser le processus de décision du PSDDCM.
2. Cette méthodologie doit être capable de formaliser au plus juste les opinions et préférences du Comité Directeur pour être approuvée comme un outil utile et utilisable à l'avenir.
3. Cette méthodologie, basée sur l'approche multicritère, doit permettre de fournir à chaque membre du Comité Directeur un classement des actions représentatif de ses critères de préférences.
4. On considère que les critères utilisés dans la procédure symbolisent le point de vue de l'ensemble du Comité Directeur, même si toutes les personnes n'ont pas pu être rencontrées.

I.4 Méthodologie

En accord avec les sous-objectifs, la méthodologie nécessite tout d'abord de recenser les différents projets retenus par la Ville de Montréal tout au long du processus de décision. Ces projets sont notamment répertoriés dans les documents de travail du Comité Technique, qui assume l'ensemble du suivi

logistique en marge du Comité Directeur. Par la suite, il s'agit d'établir la liste des critères, sous-critères et échelles d'évaluation, qui représentent au mieux la pensée consensuelle de tous les acteurs du Comité Directeur. Pour cela, un questionnaire est élaboré et des rencontres avec des membres du Comité sont fixées. La recherche étant expérimentale, on n'a pas pu procéder comme dans la plupart des cas d'aide multicritère à la négociation où l'ensemble des décideurs sont réunis autour d'une même table. Toutefois, les résultats obtenus par le biais de ces consultations individuelles sont considérés représentatifs. En effet, la famille de critères est considérée comme cohérente dans le sens où elle a été construite de manière à former un ensemble logique et elle satisfait l'esprit des décideurs. Suite à l'obtention de cette famille de critères, on procède de nouveau par rencontre pour demander aux partenaires de participer à l'attribution des poids à chaque critère. Ces poids traduisent l'importance accordée aux critères. Étant dans un processus de négociation, chaque partenaire donne son propre jeu de poids pour l'ensemble des critères. Entre temps et une fois les critères et sous-critères connus, on construit la matrice des performances des différents projets retenus pour le processus. Chaque projet reçoit ainsi une évaluation pour chaque critère et sous-critère. On requiert alors l'utilisation d'un outil reconnu dans le monde de l'aide multicritère à la décision : le logiciel Electre III (Élimination et choix traduisant la réalité)¹. Ce logiciel permet de compiler les résultats de la matrice des performances et de prendre en compte les poids des critères. Il en résulte un classement partiel des différents projets, certains étant jugés incomparables, d'autres équivalents.

1 : Le Logiciel Electre III a été programmé par Piotr Zielniewicz (1994) à l'Institut d'Informatique de l'Université Technique de Poznan sous la direction de Bernard Roy et Roman Slowinski. Il est aujourd'hui propriété du centre de recherche LAMSADE, affilié à l'Université Paris Dauphine.

La dernière étape est, d'une part, de comparer entre eux les différents classements des partenaires pour essayer d'en faire ressortir un compromis qui doit servir de base de discussion. On procède donc à une analyse des différents résultats à l'aide principalement de graphiques. D'autre part, on évalue ces résultats coïncident avec les choix finaux de la Ville de Montréal. Précisons une nouvelle fois que lors des utilisations futures, c'est bien la méthodologie elle-même qui permettra de faire ressortir une sélection de projets. Pour la présente étude, le PSDDCM est déjà établi et rendu public. On s'en sert pour valider le modèle, seulement à des fins de comparaison de résultats.

CHAPITRE II. REVUE DE LITTÉRATURE

II.1 Généralités

Avant d'aborder plus en détail la revue de littérature, il est important de rappeler que le processus décisionnel de la Ville de Montréal a été dirigé par la Direction Environnement et que la sphère environnementale du développement durable a tenu un rôle prépondérant dans ce processus de sélection de projets. De ce fait, la recherche de littérature s'est orientée en premier lieu vers le domaine de la prise de décision et les liens qu'elle tisse avec l'environnement. Comme le mentionnent André et al. (1999) en citant Chechile et Carlisle (1991), la prise de décision en matière d'environnement diffère des autres genres de décision et revêt certaines caractéristiques particulières :

- les décisions environnementales sont encore plus complexes comparées à d'autres domaines (affaires, médecine, éducation) compte tenu de l'existence des interrelations étroites entre les éléments du système écologique.
- Les décisions environnementales ont souvent un degré d'incertitude élevé, la connaissance scientifique étant défailante sur la prédiction de l'ensemble des résultats ou conséquences possibles de la décision prise.
- Les actions reliées à une décision environnementale peuvent ne pas produire immédiatement les effets prévus, le système étant dynamique.
- Les enjeux environnementaux soulèvent l'engagement des citoyens, ce qui résulte en des pressions d'ordre politique qui ne sont pas typiques des autres genres de décision.
- Les décisions environnementales défient la notion d'utilité des modèles économiques, en particulier les questions relatives à la solidarité intergénérationnelle.

Cette spécificité des décisions environnementales montre bien l'intérêt de créer de nouveaux outils permettant d'intégrer au mieux l'environnement. On peut noter tout de même que la prise en compte de la dimension environnementale existe

déjà dans certains processus décisionnels au travers de procédures spécifiques. Quatre se distinguent par une base légale directe ou indirecte (Pictet 1995):

- l'étude d'impact sur l'environnement (EIE) : procédure visant à analyser les conséquences d'une action avant qu'elle ne soit entreprise.
- L'écobilan : méthode permettant de choisir le « meilleur » produit, voire de définir la manière la plus adéquate de réaliser une activité. On parle aussi d'analyse de cycle de vie (ACV).
- L'éco audit : évaluation visant à répondre au besoin des entreprises de mieux connaître leur propre situation face aux questions d'environnement et de définir les moyens d'y remédier.
- Le bilan environnemental : cueillette d'informations en matière d'environnement qui sont souvent disséminées dans de nombreux services.

Depuis les années 90, les questions environnementales sont devenues l'un des piliers de l'agenda des gouvernements, organisations, compagnies et autres entreprises. La gestion de l'environnement en tant que discipline scientifique, secteur professionnel et arène politique a pris son essor. Des disciplines plus anciennes telles que la science de la gestion, la recherche opérationnelle, la biologie, l'écologie, etc. ont permis de créer une base suffisamment forte afin d'élaborer une multitude de théories et d'outils capables d'appréhender la complexité des questions environnementales (Beinat 2001). En effet, avant les années 90, lorsqu'un acteur politique ou un gestionnaire devait prendre une décision, il pouvait se faire conseiller par des experts qui utilisaient souvent une simple analyse coût-bénéfice. Aujourd'hui, avec l'utilisation des ordinateurs, le nombre de calculs n'est plus un facteur limitant; cela permet de développer de nouveaux processus d'évaluation plus complets à l'aide d'outils informatiques. De plus, dans un monde où la densité de population n'autorise plus le moindre gaspillage des ressources naturelles (sens le plus large possible), un projet de gestion environnementale, fondé sur des considérations relatives au seul aspect économique du problème, n'a plus grand intérêt (Ben Mena 2000). Aussi, à la vue des problèmes complexes liés à l'environnement, Maystre et al. (1994) se posent la question suivante : « comment ramener à une base commune, de surcroît

monétaire, des impacts aussi hétéroclites que le bruit, la pollution des eaux ou la dégradation du paysage? »

Pour en revenir plus spécifiquement à l'échelle de l'étude, c'est-à-dire les villes, Rotmans et Van Asselt (2000) évoquent des processus sociaux culturels, économiques, environnementaux et institutionnels de plus en plus interdépendants. Ils soulèvent alors la nécessité d'utiliser des outils de planification innovateurs et sophistiqués, qui peuvent aider à suivre les conditions actuelles et à prévoir les développements futurs. Dans le même sens, selon Leitmann (1999), une fois qu'une ville a décidé de poursuivre la voie du développement durable, les outils analytiques et de planification sont essentiels afin d'identifier et de prioriser respectivement les problèmes et options environnementaux, aussi bien que d'en surveiller l'accomplissement. L'auteur présente donc neuf outils d'analyse et de collectes de données parmi lesquels on trouve les indicateurs de qualité environnementale en milieu urbain, l'évaluation économique, ou encore le système d'information géographique. En synthèse, Levy et al. (1998) déterminent quatre catégories importantes d'outils utiles dans le cadre du développement durable :

- les systèmes d'information comme les systèmes d'information géographique,
- l'intelligence artificielle comme les systèmes experts (outils d'analyse de données à l'aide de « chaînes de raisonnements logiques comme le ferait un expert » (André et al. 1999)),
- les systèmes de support à la décision,
- les indicateurs environnementaux.

Le but de la présente recherche étant de proposer une méthodologie de décision environnementale durable visant à accompagner une ville dans l'élaboration des priorités d'actions de son plan de développement durable, les systèmes de support à la décision ont attiré l'attention. Dans ce domaine très vaste, un courant méthodologique ressort dans le domaine de la gestion environnementale depuis quelques années : l'analyse multicritère ou plus particulièrement l'aide multicritère à la décision. Que ce soit la prise de décision ou

la notion de développement durable associé à l'environnement, chacune possède des fondements communs avec le concept d'analyse multicritère.

II.2 Multicritère et domaine de la prise de décision

Pour Bots et Hulshof (2000), une comparaison structurée mettant en relief les similarités et les différences fournit une idée sur l'application de l'aide multicritère à la décision dans le cas réel d'élaboration des prises de décisions politiques. Le processus d'élaboration d'une politique est un processus d'interaction dynamique entre une grande variété de participants à l'intérieur d'un réseau de relations formelles et informelles. Au sein de cette multiplicité de perceptions différentes et d'intérêts souvent différents, un modèle d'élaboration de politique doit considérer le pluralisme, les dynamiques et les interdépendances d'un tel réseau plutôt que de les cacher. Hokkanen (1997) poursuit cette idée en affirmant que chaque groupe d'intérêt possède ses propres points de vue pour évaluer les alternatives potentielles et souvent possède un système relationnel de préférence différent des autres. Dépendant de leurs intérêts, les groupes se positionnent sur différents objectifs et valeurs, créant ainsi de la compétition et des conflits basés sur l'incompréhension. Les intervenants ajoutent souvent en plus une dimension sociopolitique au processus. Ainsi, les points de vue et les alternatives que leur organisme trouve si importants doivent être absolument pris en compte, afin qu'ils puissent s'identifier dans une certaine mesure au processus et continuent à y conférer sa légitimité.

D'un tout autre côté, Bernard Roy (cité par Schärli 1985, p. 31) rajoute un élément supplémentaire pour renforcer le caractère multicritère de certaines prises de décision. Pour lui, la prétention de pouvoir trouver dans tous les cas une solution optimale n'est pas fondée. Il énonce:

« Le flou des données, les divergences d'opinion des différents acteurs, la genèse toujours possible d'actions non initialement envisagées, le réajustement des préférences face aux limites du possible et à l'opinion d'autrui, lesquelles se révèlent progressivement, rendent souvent illusoirs les tentatives de démonstration par le formalisme mathématique et le calcul numérique de l'optimalité d'une solution »

Schärlig (1985, p. 27) reprend ces propos pour souligner que dans certains processus de décision, notamment les problèmes où l'on ne peut ignorer le contexte et plus particulièrement les valeurs humaines, l'optimisation est impossible. Ces processus trouvent alors leur bonheur dans le multicritère :

« La conception classique de l'optimum sous entend que l'étude conduit à une décision nette, indiscutée, prise une fois pour toutes, à un moment précis et par une personne responsable. Or une fois de plus, une décision est un processus, chaotique, fruit de nombreuses confrontations entre les systèmes de préférences de plusieurs personnes et fruit de toutes sortes d'interactions et de synergies ».

« Choisir d'optimiser, c'est implicitement se situer dans une approche à critère unique. Or toute la réalité humaine est « à points de vue multiples » ou encore multicritère. »

Pour résumer, les choix se fondent sur plusieurs échelles de valeurs. Multiplicité des critères, multiplicité des intervenants et de leurs systèmes de valeurs : les deux sphères se multiplient dans de nombreux cas de prise de décision.

II.3 Multicritère, environnement et développement durable

Pour Pictet (1996), tout ce qu'on regroupe de nos jours sous le terme "environnement" constitue un énorme enchevêtrement de problèmes pour lesquels les nombreux intervenants ont des points de vues souvent divergents et même contradictoires. Ainsi, les planifications et prises de décision environnementales sont essentiellement des analyses de conflits caractérisés par des jugements de valeurs sociopolitiques, environnementaux et économiques. Plusieurs alternatives doivent donc être considérées et évaluées vis à vis de plusieurs critères (Lahdelma et al. 2000). Pour Garbely et Genoud (2002), approcher le développement durable dans toute sa globalité implique la définition de critères et d'objectifs souvent conflictuels et non commensurables. Enfin, de son côté, Maystre (1997, p. 248) montre le caractère naturel multicritère des problèmes relatifs à l'environnement:

« Aujourd'hui le terme "environnement" englobe une réalité beaucoup plus vaste que naguère, lorsqu'il était équivalent à "milieu naturel". L'être humain, la société, toute l'humanité sont parties prenantes de cet environnement dont tout le monde parle. Il est l'objet de nombreux problèmes extrêmement complexes qui obligent à examiner des situations ou états de fait, des tendances, des projets, des politiques, afin d'identifier, au travers de nombreuses comparaisons, ce qui est signifiant, déterminant, ou préférable. Les problèmes relatifs à l'environnement sont bien sûr interdisciplinaires. Ils concernent un grand nombre d'acteurs fort divers. Ils sont toujours couplés à des projets et à des scénarios bien multiples. Ils sont donc par nature multicritères. »

II.4 Les méthodes multicritères d'aide à la décision : généralités

Les méthodes multicritères d'aide à la décision sont donc utilisées dans les processus de prise de décision et de planification environnementales (problèmes à objectifs multiples) ou de développement durable. Introduites dans le monde scientifique dans les années 60, appartenant à la grande famille de l'aide à la décision, elles contribuent selon Roy (1999) à l'analyse du problème et de son contexte, à l'organisation et à la structuration du processus, à la compréhension d'un entendement entre les participants et à la légitimation de la décision. Les choix intuitifs sont ainsi remplacés par un modèle justifié et accepté conjointement. Attention toutefois, il faut souligner que les modèles ne sont pas utilisés pour remplacer les preneurs de décision mais bien pour les assister dans leur démarche d'identification d'une solution (Roy et Vincke 1981, Walker 2000). Beinat (1997) souligne les trois grands buts auxquels visent généralement à accéder les méthodes multicritères à la décision :

- aider les preneurs de décisions à être en accord avec les objectifs généraux fixés,
- utiliser des données représentatives et des processus d'évaluation transparents,
- aider l'accomplissement du processus décisionnel, en se focalisant sur l'optimisation de son efficience.

Omman (2004) présente quant à elle toute une série d'avantages de ces méthodes :

- le processus décisionnel est structuré. C'est une approche systématique de la pensée avec la définition des options, l'identification des multiples critères conflictuels (Janssen et Munda 1999), l'évaluation des options en examinant la cohérence et la logique des préférences, tout cela dans le respect de la pensée de tous.
- Une réflexion plus explicite est offerte sur les jugements de valeur concernant les alternatives, les critères, les compromis. L'esprit humain est en effet difficilement capable de se concentrer en même temps sur plus de deux ou trois critères, sans aucun support (graphique par exemple).
- L'information idéale comme la définit Froger et Munda (1998), c'est-à-dire « précise, certaine, exhaustive et univoque », est très rare dans la réalité, d'où la nécessité de méthodes capables d'intégrer des données incertaines et imprécises comme on peut trouver en environnement.
- Différentes positions de différents acteurs sont considérées et identifiées tôt dans le processus.
- Les négociations entre les acteurs sont facilitées.
- La documentation du processus facilite la transparence pour chaque acteur.
- L'ensemble des critères peut être très hétérogène allant des coûts et bénéfices aux impacts sur la qualité de l'environnement ou la société en termes qualitatifs et physiques.

Toutefois, pour en revenir à la problématique liée au concept de développement durable (DD), encore faut-il démontrer que ces méthodes pourraient être utilisées dans ce cas. C'est l'une des réponses supportée par Omman (2004) dans sa thèse. Après avoir élaboré une liste exhaustive de conditions relatives au concept du DD, elle évalue l'aide à la décision multicritère et en conclut :

« Étant donné la complexité inhérente du concept de développement durable, toute méthode essayant de l'opérationnaliser dans un contexte de planification, peut être considérée comme une sorte de « meilleur second » car aucune solution optimale franche n'existe. » « Toutefois [...] étant donné l'examen

détaillé ci-dessus, on peut conclure que les approches multicritères sont capables de supporter avec succès les mécanismes de décision en développement durable et qu'elles constituent un outil approprié pour opérationnaliser des critères durables. » (Omann 2004, p. 144-145)

Les chercheurs Churchill et Baetz (1999) ainsi que Simon et al. (2004) confirment ce point de vue. Les premiers affirment que « le problème de la conception d'une communauté durable mène directement de lui-même à l'utilisation des systèmes de support à la décision ». Les seconds, d'un point de vue plus pratique, présentent de récents exemples d'utilisation de méthodes multicritères dans la gestion des eaux. Il s'agit de l'évaluation de neuf options composées de trois modules (conditions hydrologiques, système de traitement des eaux usées, quantité et qualité des eaux d'orage entrant dans les rivières) selon quatre indicateurs. Ces exemples montrent là encore le succès des méthodes multicritères à mener à bien des questions de développement durable. Ainsi, le choix d'une de ces méthodes semble parfaitement justifié pour la suite des travaux.

II.5 Les différentes méthodes de l'analyse multicritère

Les méthodes d'analyse multicritère sont nombreuses et très diversifiées. Elles ont toutes en commun les différentes caractéristiques énumérées précédemment toutefois, elles se distinguent dans la façon d'effectuer la synthèse de l'information. Ben Mena (2000) scinde le processus de décision multicritère en quatre grandes étapes, dont les trois premières sont communes, à quelques variations près, à toutes les méthodes.

II.5.1 Élaborer la liste des actions potentielles

C'est la définition des actions envisageables et jugées réalistes aux fins de la démarche. Roy (1985) donne la définition suivante: « une action potentielle est une action réelle ou fictive provisoirement jugée réaliste par un acteur au moins ou présumée telle par l'homme d'étude en vue de la décision ». Soulignons ici qu'une action ne réunissant pas assez d'informations pour pouvoir la comparer aux

autres doit être éliminée. Toutefois, mettre de côté une action en soulignant le manque de temps ou d'argent pour rassembler des informations ne semble pas être une bonne justification (Maystre et Bollinger 1999).

II.5.2 Élaborer la famille des critères

Ce sont ces fameux critères souvent conflictuels qui permettent d'évaluer les différentes actions potentielles. Maystre et al. (1994, chapitre 2.6.3) énoncent la définition suivante :

« Un critère est une expression qualitative ou quantitative de points de vue, objectifs, aptitudes ou contraintes relatives au contexte réel, permettant de juger [des actions potentielles...]. Il est doté d'une structure de préférence ; à chaque critère est associée une échelle, en valeurs ordinales ou cardinales. »

C'est, d'après Vincke (1989), la partie la plus délicate à entreprendre dans la formulation du processus d'aide à la décision. En effet, les critères doivent être applicables à l'ensemble des actions potentielles et doivent permettre aux décideurs d'exprimer leurs préférences. Pour Maystre et Bollinger (1999), cette étape nécessite de progresser « par approximations successives » et de naviguer entre des concepts trop détaillés ou trop généraux. L'ensemble des critères doit alors, selon Roy et Bouyssou (1993), former une famille cohérente c'est-à-dire respecter des exigences d'exhaustivité (représenter tous les points de vue), de cohérence (imaginons deux actions seulement différentes sur un critère : celle qui est meilleure sur ce critère prévaut alors au final sur l'autre) et de non redondance (il ne faut pas créer un nombre de critères trop grand sinon il y a risque de duplication). Cette dernière caractéristique rejoint les propos de Martel (1999), citant Bouyssou (1990) : la famille de critères doit être « lisible » c'est-à-dire suffisamment restreinte pour pouvoir raisonner sur cet ensemble et en plus être acceptée comme base de travail pour tout le reste de l'étude. Ce sont « les règles du jeu » pour en assurer la légitimité.

II.5.3 Établir le tableau des performances

Cette étape correspond à l'évaluation des performances des différentes actions suivant chaque critère élaboré précédemment. Le Tableau 2.1 présente la forme

de la matrice des performances. Les données peuvent être qualitatives ou quantitatives.

Tableau 2.1 : Exemple de tableau de performances

	Critère 1	Critère 2	Critère 3	...	Critère n
Action 1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	...	X_{1n}
Action 2	X_{21}				
Action 3	X_{31}				
...	...				
Action p	X_{p1}				X_{pn}

Avec X_{pn} : Note de l'action p suivant le critère n

Omman (2004) donne des exemples d'outils qui sont utilisés pour récupérer ses données parfois seulement estimées plutôt que calculées :

- modèles pour prévoir les effets des actions (comme les modèles de changement climatiques en sciences naturelles),
- interviews avec des experts pour recueillir leurs opinions et intuitions,
- interviews avec les participants pour recueillir leurs expériences,
- analogie avec des exemples tirés de la littérature.

A noter aussi, de l'information complémentaire est souvent ajoutée à la matrice via des seuils et des poids : seuils de veto par exemple et poids qui traduisent l'importance donnée aux critères.

II.5.4 Agréger les performances

C'est vraiment l'étape qui permet de distinguer les différentes méthodes. Dès lors, comme le souligne Omman (2004), plusieurs classifications possibles ont été développées. Suivant la terminologie adoptée par Roy et Bouyssou (1993), les méthodes d'aide multicritère à la décision sont réparties en trois groupes (attitudes ou approches opérationnelles):

- L'approche du critère unique de synthèse évacuant toute incomparabilité (appelée encore : agrégation complète transitive). Il s'agit d'agréger les performances en une fonction unique (en langage mathématique fonction d'utilité) qui est ensuite optimisée pour représenter les préférences des

décideurs. Comme le souligne Ben Mena (2000), cette approche suppose que les critères soient commensurables et transitifs. Cette approche a été développée par l'école américaine (Martel 1999).

- L'approche du surclassement de synthèse acceptant l'incomparabilité (ou plus simplement agrégation partielle), d'origine francophone ou plutôt européenne depuis l'adoption par Bernard Roy (Roy et Vanderpooten 1996). Les différentes méthodes de cette approche se distinguent par leur façon de réaliser deux étapes. L'attitude consiste tout d'abord à comparer les actions entre elles deux à deux et à constater si l'une surclasse l'autre (c'est-à-dire qu'elle est au moins aussi bonne que l'autre sur une majorité de critères « sans être trop nettement « plus mauvaise » relativement aux autres critères » (Schärlig 1996)), si elles sont indifférentes ou encore si elles sont tout simplement incomparables. Cette première étape permet de situer les préférences des décideurs. Elle est souvent agrémentée de seuils de préférences, d'indifférence et de veto pour chaque critère. La seconde étape procède ensuite à une synthèse de toutes ces comparaisons afin d'établir une recommandation finale. Cette recommandation est formulée suivant la problématique posée au début du processus, à savoir la façon dont le problème de décision a été considéré : choix, tri ou classement d'actions. (Voir Tableau 2.2 ci-dessous)

Tableau 2.2 : Problématiques « classiques » (*Source : Roy 1985*)

Problématique	Objectif	Résultat	Procédure
α	Choix d'un sous-ensemble contenant les actions "les meilleures" ou, à défaut, "satisfaisantes"	Choix	Sélection
β	Tri par affectation des actions à des catégories prédéfinies	Tri	Affectation
γ	Rangement de classes d'équivalence, composées d'actions, ces classes étant ordonnées de façon complète ou partielle	Rangement	Rangement

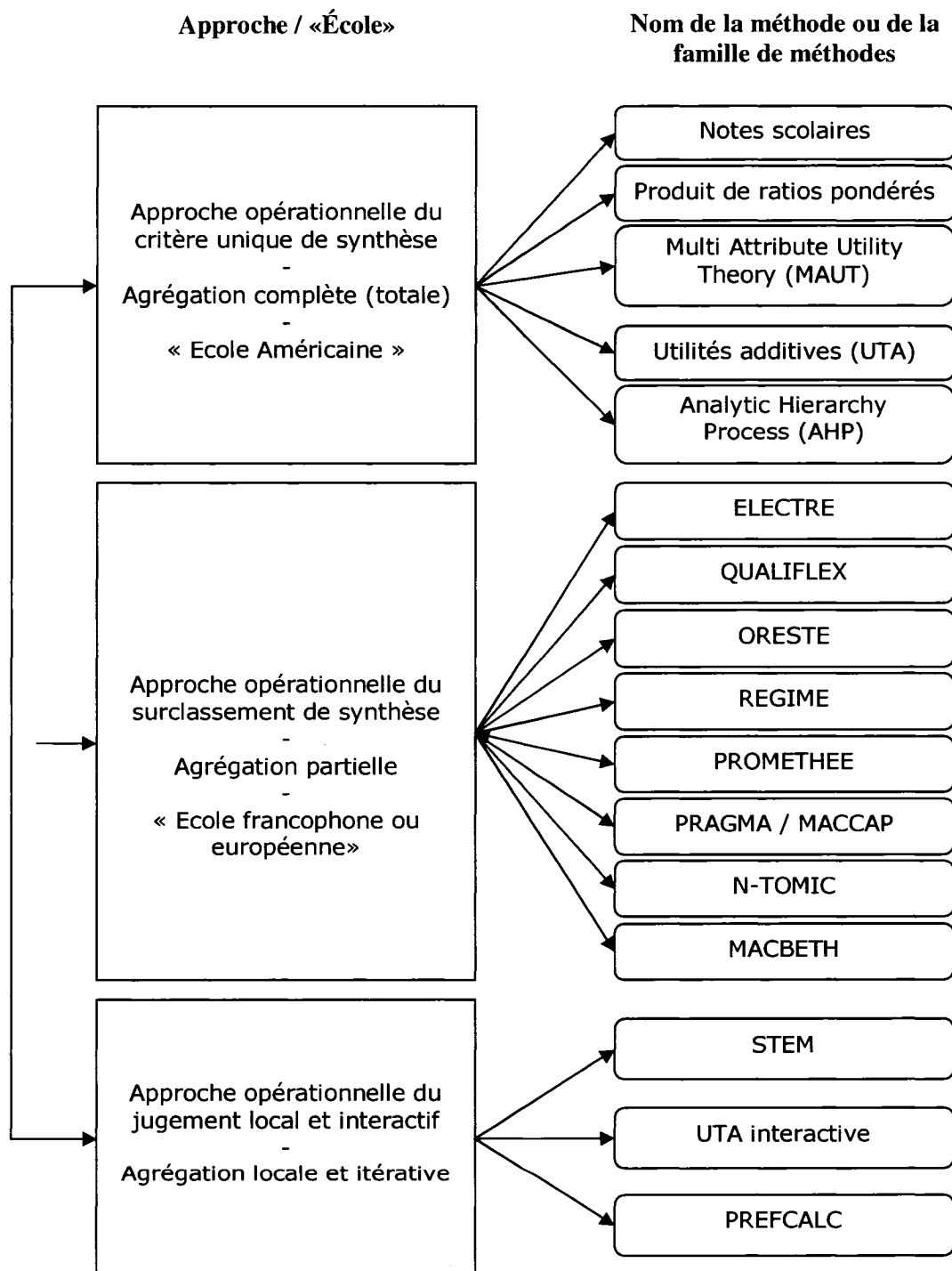


Figure 2.1 : Approches opérationnelles et méthodes (Source : Maystre et al. 1994)

- L'approche du jugement local interactif avec itération essai-erreur (agrégation locale et itérative). Elle est souvent utilisée lorsque l'ensemble des actions potentielles est immense et même parfois infini. Ben Mena (2000) explique qu'on part d'une solution de départ optimisée au maximum, qu'on essaye ensuite de l'améliorer en regardant « autour » et ainsi de suite, d'où l'appellation d' « agrégation locale itérative » selon Schärli (1985). Ce dernier reprend aussi les propos de Roy (1975) concernant les trois phases de cette approche : une phase de recherche de l'information au sein de l'itération par l'homme d'étude afin de cibler les préférences du décideur, une phase de réinitialisation avec une nouvelle solution optimisée et enfin une phase de réaction de la part du décideur jusqu'à sa satisfaction.

L'ensemble des approches opérationnelles est récapitulé dans la figure 2.1 page précédente.

II.6 Exemples d'application des méthodes multicritères

Comme le spécifie Martel (1999), l'ensemble du domaine de l'aide multicritère à la décision est très vaste et a été utilisé dans de nombreux cas touchant à l'environnement, à la planification économique (Pomerol et Barba-Romero 2000), à la gestion financière et bancaire, à la gestion des ressources humaines et matérielles mais aussi à la gestion urbaine avec notamment l'aménagement du territoire (Beinat et Nijkamp 1998), la gestion énergétique, la gestion des déchets, le transport, etc. Toutefois ce n'est qu'un début et le nombre de cas est en train de croître encore plus fortement. Le Tableau 2.3 donne quelques exemples.

Tableau 2.3 : Exemples d'application à connotation environnementale des différentes méthodes multicritères (*Source : Maystre et al. 1994*)

DOMAINES	PAYS	MÉTHODES	RÉFÉRENCES
EAUX			
Approvisionnement en eau potable	Pologne	Electre III	Roy et al. (1992)
Gestion des ressources en eau	USA	MAUT	Anandalingam et Olsson (1989)
AIR			
Contrôle des pluies acides	Europe	Programmation mathématique multiobjectif ou programmation linéaire multicritère	Stam et al. (1992)
Contrôle des pluies acides	USA	MAUT	Anandalingam (1987)
Qualité de l'air	Taïwan	Electre III	Teng et Tzeng (1994)
GESTION D'ESPACES NATURELS			
Pollution urbaine et côtière	Croatie	Prométhée	Mladineo et al. (1992b)
TRANSPORT			
Choix d'un tracé autoroutier	France	UTA	Siskos et Assimakopoulos (1989)
Choix d'un tracé autoroutier	Croatie	Prométhée II	Mladineo et al. (1992a)
Évaluation de réseaux de transport	Canada	Prométhée	Fournier (1989)
ENERGIE			
Diffusion de technologies d'énergies renouvelables	Italie	Electre III	Beccali et al. (2003)
Impact des lignes à haute tension	Québec	Electre III	Rousseau et Martel (1994)

Tableau 2.3 (suite) : Exemples d'application à connotation environnementale des différentes méthodes multicritères

DOMAINES	PAYS	MÉTHODES	RÉFÉRENCES
ENERGIE			
Gestion des déchets nucléaires	USA	MAUT	Merkhoffer et Keeney (1987)
Gestion des déchets nucléaires	Europe	Prométhée I et II	Briggs et al. (1990)
Implantation d'une centrale thermique	Algérie	Electre IS et III, AHP	Barda et al. (1990)
Implantation d'une centrale nucléaire	USA	AHP, SMART and Electre	Lootsma et Schuijt (1997)
DÉCHETS			
Gestion des déchets urbains	Finlande	Electre II	Hokkanen et al. (1995)
Gestion des déchets urbains	Finlande	Electre III	Hokkanen et Salminen (1994)
Gestion des déchets solides urbains	Suisse	Electre III	Simos (1990)

Pour citer encore quelques publications rapportant plusieurs exemples d'application de ces méthodes, figurent entre autres Lahdelma et al. (2000), Maystre et al. (1994), Schärli (1996), Janssen (2001) et enfin Steuer et al. (1996) qui présentent une bibliographie complète avec plus de 1200 références de ce qui s'est fait en analyse multicritère entre les années 1987 et 1992. Enfin Martel (1999) cite « trois groupes de travail internationaux reconnus » : le groupe de travail européen « Aide multicritère à la Décision », « The International Society on MCDM » et le « European Special Interest Group on Multicriteria Analysis ».

On peut remarquer que parmi tous ces exemples d'application des méthodes d'aide à la décision multicritère et le reste de la littérature consultée, il n'est jamais fait allusion précisément d'une adaptation d'une de ces méthodes pour l'élaboration d'un plan stratégique de développement durable. C'est là que naît l'originalité de la présente étude.

CHAPITRE III. MÉTHODOLOGIE ADOPTÉE

Ce chapitre retrace l'ensemble du cheminement adopté dans le cadre de la recherche afin de mener à bien l'application d'une méthodologie d'aide multicritère à la décision au PSDDCM. Comparé au déroulement normal du processus d'aide à la décision cité par Maystre et al. (1994), (voir figure 3.1), il existe quelques divergences. En effet, compte tenu du non regroupement de l'ensemble des participants autour d'une même table de discussion et sachant que certaines étapes de la recherche nécessitent beaucoup de temps et se sont déroulées a posteriori du PSDDCM (alors rendu public), il a été nécessaire d'adapter la démarche normale. Si on se réfère à la figure 3.1, les décideurs n'ont pas pu, par exemple, valider les évaluations des actions potentielles ou encore choisir les analyses de sensibilité.

Concernant le choix de la méthode d'agrégation à proprement parlé, il semble nécessaire d'évoquer ce dilemme dès le début du chapitre pour une meilleure compréhension du processus et de la terminologie employée dans le mémoire. En effet, l'utilisation d'une méthode Electre conditionne l'emploi de certains termes spécifiques à l'école de Bernard Roy. Les parallèles avec la littérature sont ainsi facilités. Ce choix intervient en milieu de procédure (voir figure 3.1) et se dessine au fur et à mesure des premières phases. Il est fonction en principe de l'interprétation que se font les parties prenantes (les membres du Comité Directeur ici) du problème et de l'orientation qu'elles souhaitent donner à sa résolution. Comme la démarche adoptée ici est mise en place a posteriori, le choix de la méthode s'est plutôt fondée sur les valeurs véhiculées tout au long du processus par le Comité Directeur. Dès lors, la consultation de la littérature a permis d'effectuer un choix cohérent et adapté. Ce choix a été conforté lors des différentes rencontres, dans le sens où aucun des membres du Comité Directeur n'a formulé d'objection à l'utilisation d'Electre III. Attention donc! Évoquer ce choix en début de chapitre, par souci de compréhension, ne signifie pas que cette décision se prend à la légère au début du processus d'aide à la décision. De plus, prétendre que l'ensemble du processus s'adapte à ce choix serait une grave erreur.

Après cet aparté concernant la justification de la méthode d'agrégation, la suite du chapitre est consacrée aux autres étapes de la méthode multicritère. On suit la logique de la figure 3.1. Il faut mentionner à ce propos l'utilisation de double-flèches entre les différentes étapes de la démarche. Elles symbolisent d'une part les interactions animant la discussion entre l'homme d'étude et les décideurs et, d'autres part, les retours en arrière possibles lors de l'élaboration des données.

III.1 Choix de la méthode d'agrégation

À l'image de ce qui vient d'être présenté dans la revue de littérature, on constate le foisonnement des méthodes multicritères. On se pose donc la question de savoir quelle méthodologie serait la plus appropriée dans le cas du PSDDCM. La littérature et le point de vue de certains chercheurs ont su conforter le choix qui arrêté pour la présente étude.

Tout d'abord, certains scientifiques ont mis au point des méthodologies pour aider à effectuer un choix judicieux de la méthode d'agrégation à utiliser. Certains pensent même qu'il faut passer par un processus multicritère afin de résoudre le dilemme du choix de la méthode d'agrégation. Selon certains, les résultats sont encore loin d'être satisfaisants et ne permettent pas, le plus souvent, de fournir un choix clair. Il n'existe pas de procédure idéale pour identifier la meilleure méthode d'agrégation. Dans la pratique, comme le remarquent Guitouni et Martel (1998), beaucoup d'analystes et de chercheurs sont incapables de justifier leurs choix d'une méthode multicritère plutôt qu'une autre. Ils préfèrent souvent motiver leur choix par familiarité ou affinité avec une méthode. Malheureusement, deux problèmes causés par le choix arbitraire d'une méthode sont à souligner :

- d'une part, aucune méthode d'aide à la décision multicritère ne permet dans tous les cas de garantir une bonne recommandation,

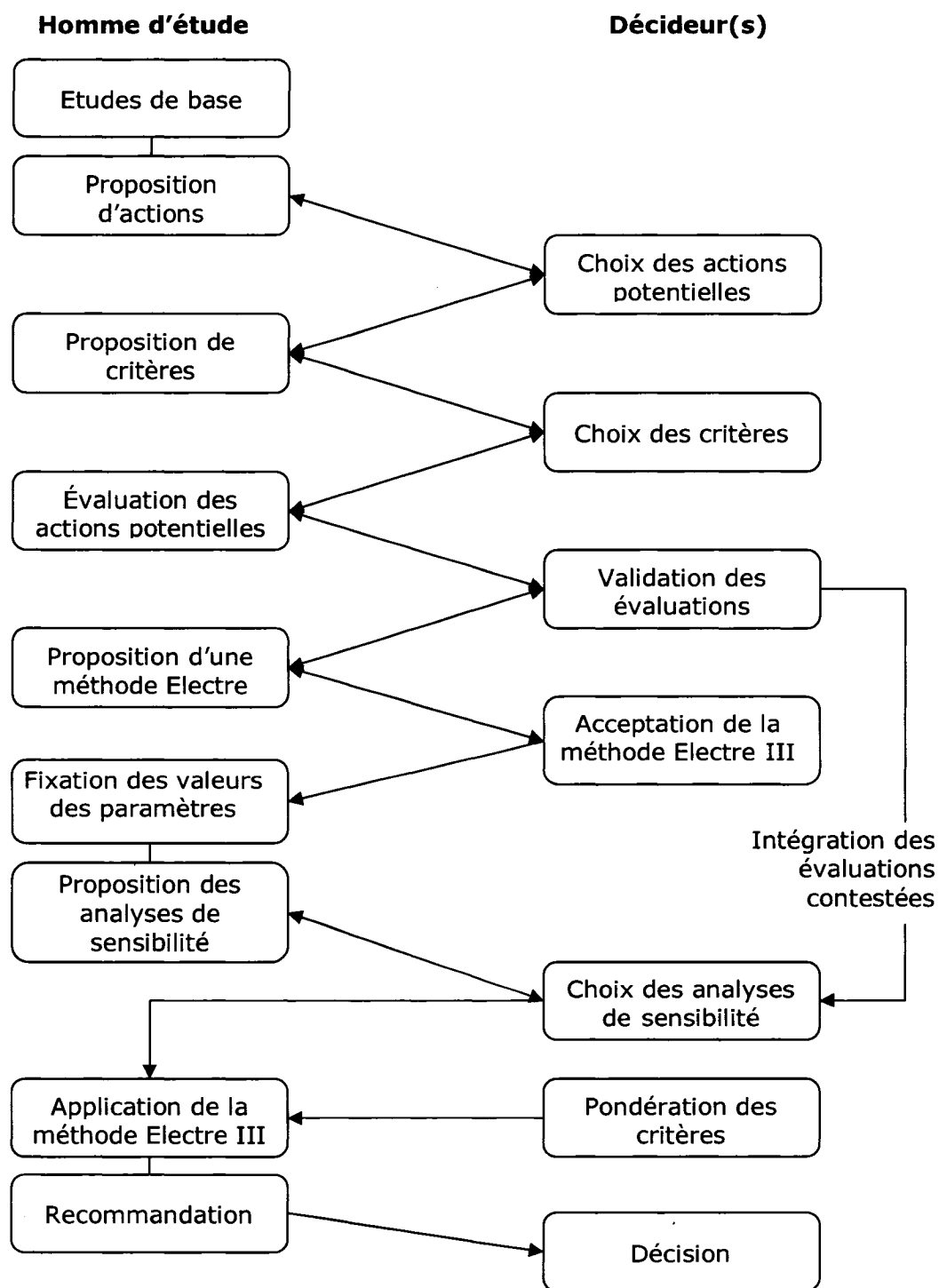


Figure 3.1 : Déroulement du processus d'aide à la décision (Source : Maystre et al. 1994)

- d'autre part, en procédant de cette façon, le processus de prise de décision est abordé, modelé et adapté à la méthode multicritère. C'est une « attitude non productive ». Walker (2000) confirme ce dernier point : on doit ajuster le modèle au problème, et non l'inverse.

Il faut donc être capable de bien justifier le modèle retenu pour un cas particulier en prenant en compte de nombreux critères, à la fois d'un point de vue méthodologique par rapport au processus décisionnel développé et au résultat escompté, et d'un point de vue contextuel avec pour l'étude la problématique environnementale associée au développement durable. Pour beaucoup, notamment Lahdelma et al. (2000), la méthode choisie doit déjà de manière générale :

- être facile de compréhension surtout dans l'élaboration des critères et des poids,
- être capable de prendre l'avis de l'ensemble des participants dans un processus multidécideurs,
- pouvoir recueillir l'ensemble des différentes alternatives et toute la famille des critères,
- être capable, au besoin, de prendre en compte l'incertitude des données (le mot incertain souligne que les choix doivent parfois être faits sur la base d'une connaissance incomplète des alternatives qui n'existent pas encore physiquement parlant, mais dans un monde futur inconnu et encore impossible à connaître (Walker 2000),
- éviter d'exiger une information trop poussée des préférences des participants puisque les processus exhaustifs et détaillés coûtent chers et prennent beaucoup de temps.

Pour revenir en plus au concept de développement durable, la méthode choisie nécessite avant tout la non compensation des critères. Jean-Philippe Waaub, professeur à l'Université du Québec à Montréal (UQÀM), donne son point de vue à ce sujet :

« les questions environnementales sont liées à la non substituabilité des biens environnementaux, sociaux et économiques. Certains marchés ne peuvent tout simplement pas avoir lieu, selon la perspective éthique que l'on prend bien entendu. Des compromis devront être négociés mais pas sur base compensatoire. » (Waaub 2005)

En effet, il est difficilement compréhensible dans une optique de développement durable, « qu'une unité de valeur en moins pour un critère environnemental puisse être compensée exactement par une unité d'un critère économique » (Fleury 2004). En outre, la méthode doit pouvoir traiter des données non quantitatives et non commensurables (c'est à dire non comparables entre elles via une unité de mesure commune, souvent pécuniaire) comme on en retrouve souvent en gestion de l'environnement (Ben Mena 2000). Enfin, l'incertitude des données, cette fois-ci environnementales, doit pouvoir aussi être prise en compte et la méthode choisie doit respecter l'incomparabilité entre les différentes alternatives. Sur ce point, Lahdelma et al. (2000) soulignent que l'incomparabilité peut être vue comme une grande faiblesse mais elle peut aussi symboliser le fait que certaines décisions ne peuvent pas être prises sachant que les décideurs sont eux-mêmes incapables de comparer les alternatives. En fait, il n'existe pas de base sûre pour pouvoir les comparer. Pour eux, c'est un fait qui permet dans un sens de protéger le point de vue des participants dans les processus de décision de planification environnementale.

En considérant l'ensemble de ces critères, les méthodes reconnues par de nombreux auteurs comme étant les plus adaptées à la gestion de l'environnement et, par là même occasion, à la vision montréalaise du PSDDCM, sont les méthodes de surclassement ou d'agrégation partielle. En effet, elles sont en général non compensatoires, prennent en compte l'incertitude des données et peuvent amener à des situations d'incomparabilité (solution plus réaliste étant donné la qualité des données) via les critères à seuils (indifférence, préférence, veto), et elles sont capables de traiter rigoureusement à la fois des valeurs quantitatives et qualitatives. L'idée de surclassement est compréhensible, simple et rapide d'explication, et plus facile d'utilisation comparée à d'autres méthodes comme

MAUT ou Macbeth (Cailliet 2003). Enfin ces méthodes sont interactives et ne sont pas trop exigeantes quant à la qualité des données, ce qui risquerait de demander d'importantes ressources additionnelles en terme de temps et de personnes, chose impossible pour le cadre de l'étude. Ces méthodes ont toutefois certaines lacunes. Par exemple, le manque parfois de clarté des résultats en respect de l'incomparabilité et de l'intransitivité de certaines relations de surclassement. Mais comme le répète encore une fois Schärli (1985), « il est plus honnête de constater que les données ne permettent pas de trancher, plutôt que de leur faire dire quelque chose qui dépasse leur signification. »

Le choix de la méthodologie d'aide multicritère à la décision commence à s'éclaircir. Pour compléter la décision, il reste à départager les différentes méthodes de surclassement. Il faut tout d'abord fixer la problématique dans laquelle on souhaite entraîner le processus de décision : selon la terminologie adoptée par Roy (1985), une problématique de choix, de tri ou de rangement. Dans notre cas, le Plan Stratégique de Développement Durable de la Collectivité Montréalaise consiste à mettre de l'avant un certain nombre d'actions ou projets, qu'il faut choisir parmi une multitude. On se tourne donc tout naturellement vers une problématique de rangement permettant de classer de manière partielle ou totale l'ensemble des actions. Cette initiative laisse toujours l'opportunité aux décideurs de prendre connaissance de l'ensemble du classement et ainsi d'asseoir plus facilement la discussion de groupe. Par exemple, si pour une raison ou une autre, l'action classée en première position ne convient pas à certains acteurs, la vision de l'ensemble du classement permet toujours de discuter sur la suivante et ainsi de suite, le choix n'est pas arrêté.

Une fois la problématique fixée, Schärli (1996) évoque deux autres considérations préalables au choix final de la méthode : souhaite-t-on pondérer les critères afin de traduire l'importance qu'on leur donne et souhaite-t-on des critères à seuils pour traduire l'incertitude des données. Dans le cas de la présente étude, en considérant ce qui vient d'être énoncé plus haut, la réponse aux deux questions est oui. Ainsi deux méthodes s'offrent à nous : soit Electre III (de la grande famille

des méthodes Electre), soit Prométhée. Nathalie Risse, chercheuse à l'Université Libre de Bruxelles, le confirme en déclarant: « j'aurais, pour ma part, tendance à utiliser des méthodes de type Electre ou Prométhée parce que je les connais mieux et parce qu'elles ont été assez bien employées en matière de gestion de l'environnement » (Risse 2005). La littérature consultée ne permet cependant pas de trancher entre les deux méthodes. Certains prétendent que Electre III est meilleure que Prométhée (Salminen et al. 1998), d'autres le contraire (Al-Shemmeri et al. 1997). Chacune d'elles présente des avantages et des inconvénients. Electre est reconnue pour la rigueur de sa procédure, Prométhée plus pour la qualité de son interface graphique avec l'utilisateur. Le choix s'est finalement posé sur Electre III. La littérature est abondante avec de nombreux cas d'application dans la gestion de l'environnement. Comme le soulignent Maystre et al. (1994), « dans la gestion de l'environnement, où les incertitudes sur les performances sont généralement importantes, choisir le flou [et donc Electre] constitue une reconnaissance claire des problèmes auxquels nous sommes confrontés ». D'un côté plus pratique, le choix a également été soutenu par l'aspect financier, avec un coup bien moins élevé pour le logiciel Electre III. Enfin, Maystre et Bollinger (1999, p. 11) citent :

« Electre III accepte des relations floues : exigences impérative dans le domaine de l'environnement. Elle accepte les poids. L'agrégation partielle est une approche qui satisfait l'esprit de tous parce qu'elle est plus respectueuse du sens de l'imprécis et fait moins violence aux acteurs que l'agrégation totale. [...] Un autre aspect important est la possibilité de faire comprendre l'essentiel de la démarche à des non mathématiciens, voire à toute honnête homme ».

Ils ont réussi à montrer dans leur ouvrage que Electre III répond extrêmement bien aux situations rencontrées dans les questions relatives à l'environnement. « La méthode est suffisamment riche et subtile pour faire face à toutes les situations rencontrées ».

III.2 Mise en contexte et décideurs

Depuis quelques années, une philosophie s'est imposée selon laquelle la voie traditionnelle en planification doit être modifiée pour laisser la place à un processus explorant les dimensions communicatives du débat collectif et menant à une décision fondée sur l'accord de tous les participants. Plusieurs parties prenantes (politiques, industrielles, ONG, etc.) jouent alors un rôle actif (Rotmans et Van Asselt 2000). Ainsi, et c'est encore plus pertinent dans une optique de développement durable, la Ville de Montréal souhaitait entreprendre l'élaboration du PSDDCM en partenariat avec différentes organisations. Le Comité Directeur en charge du plan est donc formé de 16 personnes représentant divers secteurs de la société civile (public, privé, éducatif, associatif). Il est présidé par un élu, Monsieur Alan DeSousa, membre du Comité Exécutif de la Ville de Montréal et responsable du développement durable et du développement économique. Le leadership de la démarche étant assuré par la Ville de Montréal, celle-ci est secondée principalement par la Conférence régionale des élus de Montréal (CRÉ) (anciennement Conseil régional de développement de l'île de Montréal (CRDÎM)) et le Conseil régional en environnement (CRE) de Montréal. Ces deux organisations participent largement tant d'un point de vue logistique que technique et/ou financier (Ville de Montréal 2005). Le Comité Directeur est donc composé de :

- Quatre personnes de la Ville de Montréal
- Une personne de la Conférence régionale des élus de Montréal (CRÉ)
- Une personne du Conseil régional en environnement de Montréal (CRE)
- Une personne du Ministère de l'Environnement Canada
- Une personne du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
- Une personne de la Direction de la santé publique de Montréal-Centre
- Une personne de Vélo Québec
- Une personne d'Equiterre
- Une personne de la Communauté métropolitaine de Montréal
- Une personne de la Chambre de commerce du Montréal métropolitain
- Une personne de l'Association industrielle de l'Est de Montréal
- Une personne de la Commission scolaire de Montréal

- Une personne de l'Université du Québec à Montréal

Ces différents acteurs ont été choisis par la Ville de Montréal en tant que représentants d'une organisation mais aussi pour leur ouverture d'esprit et leur volonté de collaborer aux fins de l'avancement du projet. La démarche est dès lors fortement participative. Les réunions ont lieu à peu près tous les mois. En marge du Comité Directeur, un Comité Technique composé de représentants de la Ville, du CRE et de la CRÉ assure le suivi logistique du processus (compte rendu et organisation des rencontres, documents de travail, gestion des questionnaires). La transparence du processus est ainsi assurée par la centralisation, la synthèse et la communication de l'information à tous les acteurs. Enfin, deux autres comités viennent se joindre au processus :

- le Comité des Partenaires, regroupant 75 organisations de tout secteur d'activité et réuni environ tous les 3 mois pour d'une part, confronter leurs intérêts et préoccupations à l'avancement du projet et, d'autre part, fournir des propositions d'actions envisageables au sein leur organisation.
- le Comité ville-arrondissements pour faciliter l'échange entre les services centraux de la Ville de Montréal et ses arrondissements.

Pour en revenir spécifiquement à l'étude multicritère, l'attention s'est focalisée logiquement sur le Comité Directeur, c'est à dire le groupe de négociation. Même si tous les acteurs du Comité n'ont pu participer pour des raisons de disponibilité au processus, il en ressort que la majorité des points de vue a été respectée. En tant qu'homme d'étude et ne pouvant réunir l'ensemble des acteurs autour d'une même table, des rencontres personnelles ont été organisées et des échanges de données par courriel ont permis de faire avancer le processus d'aide à la décision. La réussite du processus a donc nécessité un important travail de synthèse des points de vue de chacun pour obtenir des données représentatives, cohérentes et acceptées par l'ensemble du groupe.

III.3 Élaboration de la liste des actions potentielles

D'abord, il est nécessaire de récapituler l'ensemble des étapes fondamentales à la bonne mise en place de la méthodologie d'aide multicritère à la décision. Comme présenté dans la recherche de littérature, elles sont au nombre de quatre :

- Élaborer la liste des actions potentielles
- Élaborer la famille des critères
- Établir le tableau de performances des actions
- Agréger les performances et obtenir une recommandation

De manière générale, en parlant d'outil d'aide à la décision, c'est souvent l'utilisation du logiciel, lors de la quatrième étape, qui retient toute l'attention de la démarche. Cependant, à la vue des différentes phases de la méthodologie, le logiciel permet seulement d'implanter la procédure et ainsi de simplifier les calculs. En amont de cela, la méthodologie nécessite « une mise en oeuvre opérationnelle » en adéquation avec le contexte décisionnel (Damart et al. 2002). Ces mêmes auteurs disent à ce sujet :

« La manière de mener la phase de structuration, d'élaborer l'ensemble des actions potentielles, de construire une famille (ou une hiérarchie) de critères, d'élucider les préférences du décideur sont autant de phases cruciales de l'activité d'aide à la décision dont le mode d'implémentation n'est bien souvent pas inclus dans les outils eux-mêmes. » (Damart et al. 2002, p. 1)

Ainsi chaque phase est importante et, notamment, la première, qui consiste à lister les actions potentielles. Comme énoncé dans la recherche de littérature, une action potentielle est « une action provisoirement jugée possible par un des intervenants au moins ou présumée telle par l'homme d'étude en vue de l'aide à la décision ». Elle doit donc répondre adéquatement à la problématique rencontrée. Générer un jeu complet et cohérent d'actions potentielles n'est pas une tâche facile (Janssen 2001). Cela nécessite beaucoup de temps, de la réflexion et surtout suffisamment d'information sur chaque action pour être capable de la comparer aux autres. Dans le cas du PSDDCM, où les actions sont plutôt des scénarios envisageables, l'expérience montre que le processus rencontre l'opinion

de Schärli (1996), qui prétend même que la définition de ces actions « est de loin la plus grosse partie de l'opération ». Pour lui, « c'est parfois l'inventaire des actions potentielles qui donne le plus de tourment à l'utilisateur. »

Dans le cadre de l'étude, un des buts fondamentaux est de pouvoir comparer les résultats de la méthodologie multicritère avec les actions prioritaires du PSDDCM telles que choisies par le Comité Directeur. La même base de données concernant les actions potentielles doit donc être utilisée. Il s'agit alors de reproduire la majeure partie du travail déjà effectuée par la Comité Technique : répertorier dans les documents de travail les différents projets retenus par la Ville de Montréal et en établir un inventaire exhaustif. Au départ, pour déterminer la liste des actions potentielles, le Comité Technique s'est fondé sur le Diagnostic environnemental de l'île de Montréal, élaboré entre les mois d'octobre 2003 et mars 2004 (Ville de Montréal 2004). Il consiste en une mise à jour de deux documents :

- le « Diagnostic environnemental de l'île de Montréal » (CRDÎM 2000) mettant en valeur les différentes zones d'intérêt, les faits saillants et les principaux constats environnementaux sur l'île,
- et l'«État de la situation en environnement, orientations et interventions proposées » (CRDÎM 2002).

Suite à l'élaboration de ce diagnostic, 84 enjeux environnementaux ont été identifiés répartis en quatre grands volets (gouvernance, social, environnement et économique) puis scindés en dix orientations et 34 objectifs (Voir Figure 3.2).

Exemple :

Volet : environnement

Orientation : Améliorer la protection de la biodiversité, des milieux naturels et des espaces verts à Montréal

Objectif : Consolider le rôle et la protection des grands parcs montréalais

Une fois l'ensemble des enjeux environnementaux fixés, le Comité Directeur et l'équipe technique se sont penchés sur un questionnaire destiné aux différents partenaires de la démarche. Ce questionnaire avait pour objectif de répertorier « les actions de développement durable présentement en cours [...] ainsi que celles qui pourraient être entreprises par les pouvoirs publics, par les organisations et par tous les partenaires » (Annexe 1). Quarante neuf organismes partenaires ont répondu à ce questionnaire (organismes publics, secteur académique, entreprises, organismes communautaires, syndicats, experts) ce qui a permis de répertorier, d'une part, environ 700 actions possibles des pouvoirs publics et, d'autre part, environ 150 actions possibles communes (actions entre les partenaires et la Ville de Montréal). À partir de ce grand ensemble d'actions, le Comité Technique a dû effectuer un premier tri. En effet, certaines étaient redondantes, seulement différentes par leur formulation. D'autre part, seules les actions :

- jugées réalistes à l'échelle d'un plan municipal (relevant de compétences municipales, raisonnable en coûts, avec des retombées communautaires),
- cohérentes avec au moins une des dix orientations,
- et dans la mesure du possible n'appartenant pas déjà à un plan municipal (plan d'urbanisme, politique de protection et de mise en valeur des milieux naturels, etc.),

ont été gardées pour la suite du PSDDCM.

Enfin, le Comité Directeur et l'équipe technique se sont attachés à cibler les projets possédant des retombées sur les trois sphères du développement durable, à savoir des retombées environnementales, économiques et sociales. Il était important à leurs yeux de prioriser de tels projets pour pouvoir se justifier de l'emploi du terme développement durable.

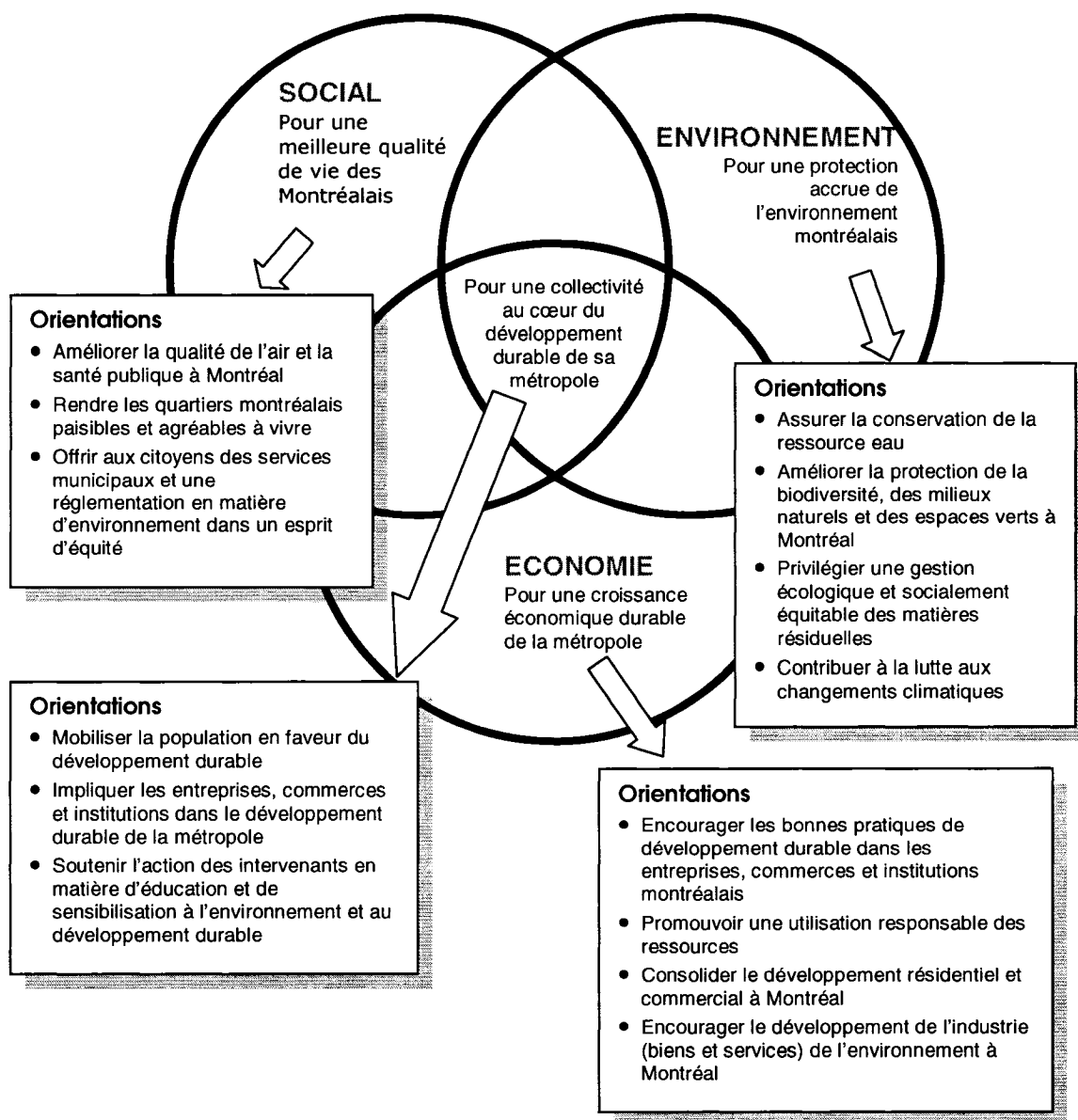


Figure 3.2 : Volet et orientations du PSDDCM (Source : Ville de Montréal et al. 2003)

On a admis, pour la suite de l'étude, que ces premiers critères utilisés par les deux comités n'avaient pas d'influence sur la finalité du projet et qu'ils faisaient partie intégrante de la réflexion entourant la définition d'une liste cohérente

d'actions potentielles. Si un homme d'étude avait été mandaté, il se serait vraisemblablement posé les mêmes questions pour ne pas avoir un trop grand nombre d'actions. Le regroupement a permis ainsi d'obtenir une liste d'environ 100 actions, communes ou des pouvoirs publiques. Cette liste constitue la majeure partie des actions potentielles retenues aux fins de l'étude. Toutefois, au cours du processus, certaines des actions ont été reformulées lors des rencontres du Comité Directeur ou du Comité des Partenaires. D'autres ont été regroupées pour former des actions plus globales. Ainsi, la liste finale est une synthèse de trois documents de travail du Comité Technique. Elle comprend 95 actions. Le tableau en annexe 2 présente cette liste. Les actions potentielles sont séparées entre actions à court terme et actions à long terme. Comme ces actions résultent du processus décisionnel du PSDDCM, il n'a pas été nécessaire de faire valider explicitement la liste finale par les membres du Comité Directeur. Toutes ces actions ont été envisagées au début du processus montréalais. Chacune représentait une solution envisageable. La prochaine étape est de déterminer une famille de critères permettant de comparer ces actions potentielles entre elles.

III.4 Élaborer la liste famille des critères

« L'expérience montre que la construction d'une famille cohérente de critères est, elle aussi, une longue tâche dans laquelle on progresse par approximations successives [...] », selon les propos de Maystre et Bollinger (1999). Cette construction se termine lorsqu'on pense avoir trouvé d'une part une famille où tous les critères sont applicables à toutes les actions potentielles, et, d'autre part, une famille exhaustive mais pas trop grande non plus, non redondante, cohérente et enfin opérationnelle, comme exposé dans la recherche de littérature.

« Les critères doivent être définis par tout le monde et non pas seulement par une seule partie des participants sinon les autres peuvent ressentir leurs valeurs essentielles menacées ou ignorées » Bots et Hulshof (2000, p. 58). Dans le cas contraire, si certaines tensions persistent, l'ensemble du processus risque de ne pas être supporté par toutes les parties prenantes et la politique choisie peut se

retrouver inopérante. Dans le cadre de l'étude, certaines personnes du Comité Directeur n'ont pu participer au processus pour des raisons de disponibilité. Même s'il avait été préférable de faire participer tous les membres du Comité à l'élaboration des critères, cette phase a quand même reçu un fort soutien. Une large partie des points de vue a pu être prise en compte, assurant ainsi, avec les données disponibles, un résultat cohérent et interprétable. Un résultat satisfaisant l'esprit des décideurs et construit avec ordre de manière à former un ensemble logique est considéré cohérent. C'est lors de cette étape que le nombre d'acteurs impliqués a été le plus grand. Le bien-fondé de la démarche en dépendait. Les membres n'ayant pas participé à cette étape essentielle, ont donc naturellement été relégués au second plan du processus. Toutefois, ils ne sont pas écartés définitivement. Par la suite, à condition d'accepter la famille des critères telle que définie, ils pourront de nouveau participer au processus, notamment lors de la pondération des critères. Au sein d'un vrai processus politique, ce retour en arrière ne serait pas permis pour éviter les conflits.

Il importe de souligner que l'étude s'appuyant sur une démarche réelle et complétée, elle ne prétend pas dès le départ mener à un résultat idéal ; les membres du Comité Directeur sont hiérarchiquement haut placés et ont des emplois du temps très chargés. Un des buts premiers de l'étude est de rassembler un maximum de membres du Comité autour du projet pour obtenir une information suffisamment riche et pouvoir ainsi affirmer que la démarche serait applicable au sein du Comité Directeur. Si la méthodologie doit un jour être utilisée par la Ville de Montréal, tous les membres seront alors amenés à participer.

Concernant l'approche à considérer lors cette phase, Maystre et Bollinger (1999) pensent que « la construction d'une famille de critères s'avère plus aisée et efficace si le groupe de travail peut s'appuyer sur une première proposition d'experts du domaine considéré ». On a donc préparé un questionnaire expliquant la démarche et proposant une première version envisageable des critères (Annexe 3). A partir de cette version de base, des rencontres personnelles ont été

convenues avec les acteurs durant lesquelles ils ont fait part de leurs réactions et modifications. Selon Janssen (2001), la liste des critères devient simplement une addition de requêtes de l'ensemble des acteurs, plutôt que le résultat d'un arbre de valeurs systématiques. En guidant les acteurs via ces rencontres personnelles et ce questionnaire détaillé, on s'est appliqué à éviter les doublons, les confusions de sens, la dépendance entre les critères ou encore les oublis. Pour caractériser cette façon de procéder, Damart et al. (2002) utilisent le terme de « déconstruction constructive », également employé par Amorim (2000). En effet, le rôle caché de la première famille de critères est d'entraîner des réactions de la part des acteurs afin de mener à la construction d'une nouvelle famille acceptée de tous. En jouant sur la réactivité de chacun, la créativité est éveillée. Par la suite, il s'agit pour l'homme d'étude de synthétiser et de combiner l'ensemble des remarques pour proposer la famille finale des critères. Ainsi, par ce processus, selon Hokkanen et al. (1995), « la famille de critères est aussi complète, opérationnelle, décomposable, non-redondante et minimale que possible ». Ce processus est très souvent itératif en aide multicritère à la décision. Le cycle « proposition d'une famille de critères-modification par les acteurs-synthèse par l'homme d'étude » peut alors se répéter plusieurs fois. Là encore, lors de l'étude, nous n'avons pu reconduire le cycle, une autre rencontre avec chaque acteur étant quasiment rendue impossible. Mais rappelons une nouvelle fois que le but de l'étude n'est pas de mettre en place une procédure optimale mais d'en vérifier l'applicabilité. A partir du moment où la famille obtenue est cohérente et acceptée par tous les acteurs, cela suffit aux fins de l'étude.

Le questionnaire envoyé aux membres du Comité Directeur a été élaboré en prenant exemple sur les nombreux cas d'application de la méthode Electre, notamment en planification environnementale dans les ouvrages de Maystre et Bollinger (1999) ou encore Maystre et al. (1994). Dans le contexte du PSDDCM, comme en gestion de l'environnement, certains critères généraux sont récurrents comme par exemple l'« envergure des investissements requis » ou encore le « bien être public ». Les autres critères ont été construits de la façon la plus objective possible, en considérant le système de valeurs (objectifs, enjeux) sur

lequel les différents acteurs fondent leur préférences lors du processus décisionnel. Par exemple, le critère « Potentiel d'obtenir du support » semble particulièrement adapté à la situation.

Pour Monnikhof et Bots (2000), la sélection des critères est habituellement l'aspect le plus critique dans l'application des méthodologies d'analyse à la décision multicritère (MCDA). En effet, à la suite des différentes rencontres avec les acteurs de l'étude, les critères furent laborieux à faire émerger, suivant la double volonté d'un compromis général entre les points de vue de chacun et la création d'une famille suffisamment hiérarchisée en critères et sous-critères pour respecter les exigences demandées. En synthèse du questionnaire, les critères ont été bien accueillis par l'ensemble des acteurs et n'ont suscité aucune réserve sérieuse. Les principales remarques ont porté la plupart du temps sur le sens précis des critères. La majorité des acteurs étaient d'accord avec les critères présentés, une fois ceux-là reformulés ou leur définition mieux justifiée. Très peu d'ajouts ont été suggérés pour les critères globaux, quelques-uns concernant les sous-critères. Aussi, les acteurs ont exigés parfois certains réarrangements de sous-critères : fusion, déplacement dans un autre critère, élimination.

A propos de l'échelle des critères, le manque d'information et de disponibilité de données quantitatives, ainsi que l'incertitude entourant la mise en place de nouveaux projets municipaux, implique l'utilisation d'une échelle ordinale pour la grande majorité des critères. Les valeurs sur une échelle ordinale sont reliées par les relations « égal à », « plus que » ou « moins que ». Cette échelle, même si elle est moins précise, facilite l'évaluation des performances des actions potentielles. De plus, les preneurs de décision préfèrent une approche d'évaluation [...] ordinale pour déterminer l'ordre des préférences (Beroggi 2000). C'est aussi le point de vue de Maystre et Bollinger (1999) qui soutiennent que l'utilisation d'une échelle ordinale suscite « moins de contestations et de soupçons de manipulation » que d'exprimer les opinions en échelle cardinale. L'échelle ordinale, utilisée pour la majorité des critères et sous-critères, est la suivante : nul, très faible, faible, moyen, élevé, très élevé. Chaque classe verbale est ensuite

convertie en chiffre de 0 à 5 lors de la phase d'agrégation, en prenant bien garde au sens de préférence (notamment dans les cas où « élevé » n'est pas préférable à « faible »). Ainsi, pour une échelle des préférences croissante, la valeur « très élevé » correspond au chiffre cinq, la valeur « nul » à zéro. La famille finale des critères d'évaluation est présentée figure 3.3 à la page suivante. Elle se présente sous la forme de :

- neuf critères globaux de nature non compensatoire,
- parmi lesquels huit sont divisés en 23 sous-critères, réagregés par le modèle de la somme pondérée,
- et un sous-critère divisé en trois paramètres réagregés par le modèle de la somme pondérée.

Cette famille est la définition des critères selon la version finale du questionnaire et selon les remarques qui en ont émergé.

• Critère 1 : Degré d'insertion dans la politique globale municipale

- Est de compétence municipale (oui (1) ou non (0))
- Coïncide avec les orientations municipales globales (note {0,1,2,3,4,5})
- Coïncide avec les mandats des différentes divisions (note {0,1,2,3,4,5})

Le critère général permet de situer le projet par rapport aux compétences municipales. On entend par compétence le pouvoir d'agir en tant qu'organisation de contrôle. Le sous-critère « orientations municipales globales » correspond aux choix politiques globaux. Le mot « mandat » est utilisé pour désigner les enjeux et défis des divisions municipales.

• Critère 2 : Impact territorial

- Global (note {0,1,2,3,4,5})
- Local (note {0,1,2,3,4,5})

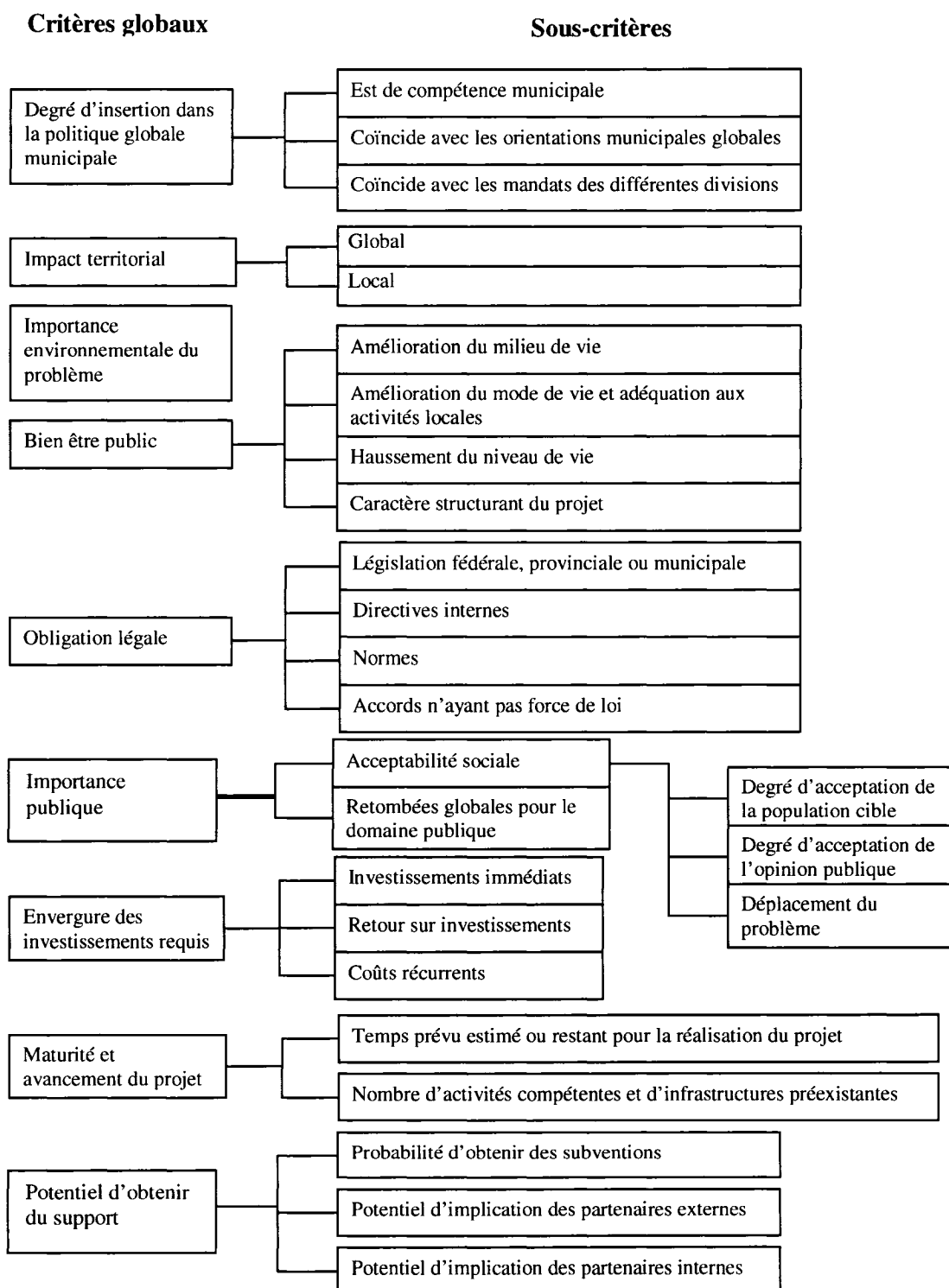


Figure 3.3 : Famille des critères

Il s'agit ici de considérer la portée géographique de la problématique environnementale à laquelle le projet se rattache. Attention : on parle bien de l'ampleur du problème et non de l'impact du projet ! Par le terme « global », on considère des problématiques d'enjeux nationaux voire planétaires comme les GES (ex : le projet « réduire les espaces de stationnement au centre ville » rentre dans le cadre de la problématique planétaire de réduction des gaz à effet de serre, problématique aussi nationale avec le respect du protocole de Kyoto). Par le terme « local », on considère plutôt des problématiques au niveau d'arrondissements, de la municipalité, voire de la province.

- Critère 3 : Importance environnementale du problème

Échelle : nulle (0), très faible (1), faible (2), moyenne (3), élevée (4), très élevée (5)

Il s'agit de mesurer la nécessité d'agir face à la problématique environnementale à laquelle le projet essaye d'apporter une solution. Plus la possibilité d'atteinte (physique ou psychique) de la population, de la faune ou de la flore, est élevée, plus la nécessité d'agir avant un point de non-retour est élevée. Un problème local peut ainsi revêtir une importance toute particulière et devenir un enjeu direct pour la collectivité. On peut aussi prendre en compte les conséquences de l'inaction face à une problématique, les effets d'entraînement possibles. Attention : on différencie ici les mots « urgent » et « important ». Un problème peut être important (GES) et nécessiter des actions à court terme sans pour autant revêtir un caractère urgent. Le caractère « urgent » d'un problème est difficile à appréhender à l'échelle d'un plan.

- Critère 4 : Bien être public

- Amélioration du milieu de vie
(nulle (0), très faible (1), faible (2), moyenne (3), élevée (4), très élevée (5))
- Amélioration du mode de vie et niveau d'adéquation aux activités locales
(nulle (0), très faible (1), faible (2), moyenne (3), élevée (4), très élevée (5))

- Haussement du niveau de vie
(nul (0), très faible (1), faible (2), moyen (3), élevé (4), très élevé (5))
- Caractère structurant du projet
(nul (0), très faible (1), faible (2), moyen (3), élevé (4), très élevé (5))

Ce critère prend en compte l'impact du projet sur le bien être de la population. On entend par milieu de vie tout ce qui se rapporte au milieu environnemental ambiant tel l'aspect visuel (espaces verts, esthétique visuelle des infrastructures, etc.), les nuisances sonores ou encore la qualité de l'air. Le mode de vie correspond au côté social, à savoir par exemple les infrastructures et services sociaux, l'éducation, les commerces, la sécurité, la culture, etc. Attention : ne pas oublier dans mode de vie, l'amélioration de l'état de Santé des personnes. Le niveau de vie fait référence enfin aux notions économiques telles la capacité à générer de nouvelles activités économiques, à créer de l'emploi ou du logement. La notion de projet « structurant » rend compte aussi bien de la durabilité des améliorations que de l'effet d'entraînement du projet. On tient compte ainsi du statut des générations futures face aux conséquences du projet.

• Critère 5 : Obligation légale

- Législation, règlements fédéraux, provinciaux ou municipaux (oui (1) ou non (0))
- Directives internes (oui (1) ou non (0))
- Normes (oui (1) ou non (0))
- Accords n'ayant pas force de loi (oui (1) ou non (0))

Il s'agit de savoir si le projet rencontre une obligation d'application vis-à-vis de la Loi. Dans les accords n'ayant pas force de loi, on peut inclure aussi les politiques nationales et provinciales.

- Critère 6 : Importance Publique

- Acceptabilité sociale

- ✓ Degré d'acceptation de la population cible
(nul (0), très faible (1), faible (2), moyen (3), élevé (4), très élevé (5))
- ✓ Degré d'acceptation de l'opinion publique
(nul (0), très faible (1), faible (2), moyen (3), élevé (4), très élevé (5))
- ✓ Déplacement du problème (oui (0) ou non (1))

La population cible est le groupe de personnes directement affecté par le projet. Le sous-critère « opinion publique » permet de considérer l'avis de l'ensemble de la population. Il permet de mettre en valeur la sensibilité de la population face à une problématique. Le « déplacement du problème » peut être temporel, c'est-à-dire que le projet permet de repousser dans le temps la problématique, ou géographique en déplaçant la problématique à un endroit moins sensible.

- Retombées globales pour le domaine publique
(nulles (0), très faibles (1), faibles (2), moyennes (3), élevées (4), très élevées (5))

Il s'agit d'évaluer avec ce critère l'importance que la classe politique donne au projet. Les retombées globales doivent être évaluées sur la durée, elles peuvent être sous forme de retombées politiques ou économiques (retombées fiscales ou économies dans les dépenses courantes par exemple).

- Critère 7 : Envergure des investissements requis

- Investissements immédiats
(nuls (0), très faibles (1), faibles (2), moyens (3), élevés (4), très élevés (5))
- Retour sur investissements
(nul (5), très faible (4), faible (3), moyen (2), élevé (1), très élevé (0))
- Coûts récurrents
(nuls (0), très faibles (1), faibles (2), moyens (3), élevés (4), très élevés (5))

On essaie ici de donner une valeur monétaire au projet. Par le taux de retour sur investissements, on prend en compte la notion d'amortissement des coûts afin de relativiser les investissements immédiats.

• Critère 8 : Maturité et avancement du projet

- Temps prévu estimé ou restant pour la réalisation du projet
(Nul (0), [0-6 mois] (4), [6 mois - 2ans] (3), [2ans ,5 ans] (2), [5 ans, 10ans] (1), >10ans (0))
- Nombre d'activités compétentes et d'infrastructures préexistantes
(nul (0), très faible (1), faible (2), moyen (3), élevé (4), très élevé (5))

Ce critère traduit le fait qu'un projet « mature » est plus facilement réalisable, car réfléchi, jugé faisable et même parfois commencé ou sur le point de l'être. Par « activités compétentes » et « infrastructures préexistantes », on fait référence à tout ce qui supporte la réalisation efficace du projet : cela inclut l'état de développement du secteur d'activité, l'existence ou non de personnes qualifiées et expertes dans le domaine, l'existence d'une législation adéquate ou encore celle d'un budget régulier pour le financement du projet.

• Critère 9 : Potentiel d'obtenir du support

- Probabilité d'obtenir des subventions
(nulle (0), très faible (1), faible (2), moyenne (3), élevée (4), très élevée (5))
- Potentiel d'implication des partenaires externes
(nul (0), très faible (1), faible (2), moyen (3), élevé (4), très élevé (5))
- Potentiel d'implication de partenaires internes
(nul (0), très faible (1), faible (2), moyen (3), élevé (4), très élevé (5))

Il s'agit ici d'évaluer les chances que le projet considéré obtienne du soutien (peu importe la forme) des partenaires externes (gouvernements, entreprises, organismes, associations) ou partenaires internes (autres directions de la municipalité que la direction environnement).

Finalement, même si une procédure de concertation complète n'a pu être mise en place et si la famille définitive des critères n'est vraisemblablement pas parfaite, il est peu probable que d'autres critères mieux adaptés auraient pu être trouvés. Le plus important est l'implication et la compréhension du processus par les acteurs ainsi que l'acceptation des points de vue autour desquels les critères sont construits. Dans la présente étude, ils les ont trouvés cohérents et les ont bien compris. Cette étape est essentielle dans le sens où, une fois les critères construits et approuvés, les conclusions de la démarche en découlent. L'élaboration des critères est souvent considérée comme l'étape la plus importante des méthodes de surclassement avec l'étape suivante : la pondération des critères. Elles permettent de raisonner sur une base solide commune, c'est-à-dire des données acceptées et comprises par l'ensemble des acteurs afin de poursuivre sereinement les discussions et de manière légitime la démarche méthodologique. À noter, si vraiment un acteur juge un critère sans intérêt, il peut toujours lors de l'étape de pondération lui réserver un poids très petit.

III.5 Pondération des critères

Si on se réfère à la figure 3.1, les poids des critères n'interviennent que lors de l'utilisation du logiciel, c'est à dire pendant la procédure d'agrégation. Leur détermination ne se produit donc pas obligatoirement dès la définition des critères. Toutefois, dans notre cas, il semblait important de réaliser cette étape à ce stade de la procédure pour éviter l'écueil d'un oubli de la signification des critères par les acteurs. Ainsi, l'étape s'en trouve bonifiée dans le sens où les acteurs ont l'esprit clair vis à vis des critères, s'impliquent fortement et fixent plus facilement leurs préférences. La pondération des critères s'est déroulée lors d'une deuxième rencontre personnelle avec différents acteurs. La disponibilité de chacun étant très limitée, parmi les membres du Comité Directeur ayant participé à l'élaboration des critères, seuls quatre ont pu de nouveau participer à cette nouvelle étape. Heureusement, à eux quatre, ils représentent les parties les plus impliquées dans le processus du PSDDCM soit la Ville de Montréal, le CRE et la CRÉ. À cet ensemble, deux autres points de vue sont venus se rajouter :

- celui d'un professeur de l'Université du Québec à Montréal, adepte des méthodes multicritères et ayant suivi avec attention l'élaboration du PSDDCM,
- et celui d'un associé de recherche en environnement de l'École Polytechnique de Montréal.

A propos des critères à pondérer, seuls les critères globaux ont été considérés. Comme le justifie Janssen (2001), les poids à l'intérieur d'une catégorie sont souvent attribués par des experts ou l'homme d'étude suivant une connaissance disponible ou une évaluation objective. Les poids des sous critères ont donc été fixés de la sorte.

L'étude est un processus multiacteurs avec des personnes aux objectifs conflictuels. Ainsi il semblait normal de formuler un jeu de poids pour chaque acteur, à condition d'avoir la même famille de critères pour tous. En fait, on ne peut construire un seul jeu de poids permettant de symboliser l'ensemble des préférences de chacun (Lahdelma et al. 2000). Ou encore, comme le dit Schärli (1996), « il serait vide de sens de calculer pour chaque critère un poids moyen, [...]. Car le jeu de poids qui en résulterait ne reflèterait l'opinion de plus personne ». On ne procède donc à aucune procédure d'agrégation des poids. La méthode se répète plutôt pour chaque jeu de poids. Les systèmes de valeurs de tous les acteurs sont ainsi respectés, en espérant trouver au final un noyau commun d'actions potentielles.

Avant de commencer à détailler cette étape, il semble nécessaire de préciser la signification du terme: « poids ». En effet, ce terme est couramment utilisé et compris dans le sens de « multiplicateur ». La moyenne pondérée en est le parfait exemple. Dans ce rôle, le « poids » se comporte plutôt comme un « taux de substitution ». Au contraire en agrégation partielle, avec Electre, les poids mesurent bien l'importance relative des critères les uns vis à vis des autres. « Ils sont comme un droit de vote, un nombre de voix, dont disposerait chaque critère en fonction de son importance » (Schärli 1996). L'usage du terme est donc parfaitement justifié.

Il n'existe pas de justification possible concernant l'attribution des valeurs des poids des critères. « le jeu de poids est affaire personnelle, subjective, et donc en aucun cas démontrable » (Schärlig 1996). Dans la majorité des cas, il faut même aider les acteurs à formuler leurs préférences afin d'attribuer une valeur numérique aux poids. En effet, il n'est pas simple de justifier un nombre plus qu'un autre quand on veut traduire l'importance d'un critère au sein d'une famille. Ce nombre est même vague dans la tête des décideurs. De plus il ne faut surtout pas tomber dans l'aléatoire ; le jeu de poids représente le système de valeurs d'un acteur, il est chargé d'information et revêt une grande importance du point de vue de la légitimité du résultat. D'autre part, Beroggi (2000) prend appui sur le fait selon lequel ranger un jeu d'éléments est considéré comme complexe à partir du moment où le nombre d'évaluations couplées est élevé. En fait, les expériences de Miller (1956) montrent qu'un individu ne peut manipuler simultanément sept objets (plus ou moins deux) sans être déconcerté. Ainsi si on prend quatre critères, il y a six évaluations couplées et le rangement peut se faire sans trop de problème. Mais avec neuf critères à ranger, il y a 36 évaluations possibles ce qui devient très compliqué. D'où la nécessité d'utiliser encore plus une méthode structurée qui permet d'aider les acteurs dans leurs dilemmes.

Une méthode mise au point par Simos (1990) puis révisée par Figueira et Roy (2002) permet d'aider les acteurs dans cette démarche : elle est appelée communément, dans le domaine de l'aide multicritère, la méthode du jeu de cartes.

Elle est simple à expliquer, à comprendre, à mettre en place et demande peu de temps de la part des décideurs ce qui est souvent un critère fondamental. En effet, Hokkanen et Salminen (1997) montrent, exemple à l'appui, que les décideurs préfèrent parfois utiliser une méthode sans poids de peur de l'exigence de leur attribution. La méthode du jeu de cartes semble donc particulièrement adaptée avec le Comité Directeur du PSDDCM et n'en est pas moins fiable et rigoureuse du point de vue des résultats.

Méthode du jeu de cartes :

Pour Schärli (1996), cette démarche s'appuie sur la constatation « qu'un individu exprime plus facilement l'importance relative des critères sous forme ordinale qu'en leur donnant directement un poids ». La méthode est expliquée ci-après en utilisant le cas de l'étude.

Pour chaque acteur, on remet tout d'abord neuf cartes. Sur chacune d'elles est inscrit le nom d'un des critères globaux. On lui donne ensuite des cartes blanches supplémentaires. Après avoir rappelé de nouveau aux acteurs, de façon la plus objective possible, la signification de chaque critère, on leur demande de ranger les cartes sur une table par ordre d'importance croissante : du moins important au plus important. Selon Maystre et Bollinger (1999), cette façon de faire permet « de privilégier la réflexion plutôt que l'intuition ». En effet, si on fonctionnait à l'inverse, les acteurs ne porteraient plus vraiment d'attention aux derniers critères à classer car ce sont à leurs yeux les moins importants. On tomberait alors dans l'aléatoire. S'ils pensent que deux critères, voire plus, sont de même importance, ils peuvent les ranger sur la même ligne. Une fois les neuf critères disposés sur la table, l'écart entre les rangs constitue une différence d'importance d'une unité de « un ». Si les acteurs souhaitent accentuer la différence d'importance entre deux rangs, ils peuvent alors intercaler autant de cartes blanches supplémentaires, chacune ayant une valeur d'une unité. Par exemple, intercaler trois cartes blanches entre deux lignes de critères signifie une différence de quatre unités de rang. Maystre et Bollinger (1999, chap. 1.5.3) soulignent à propos de ce mode de rangement :

[Il] « constitue un classement ordinal fort, car il permet de distinguer deux choix : « mieux » et « beaucoup mieux que ». Il y a donc ordinalité des rangs (les cartes sont rangées dans un certain ordre) et de surcroît ordinalité des préférences (aucune, une ou plusieurs cartes blanches peuvent être intercalées entre deux cartes portant un nom de critère). »

La participation des acteurs se termine en leur posant la question : combien de fois le premier groupe de critère est-il plus important que le dernier ? La réponse permet de transformer les rangs obtenus sur la table en poids. Un exemple de rangement de cartes est présenté figure 3.4.

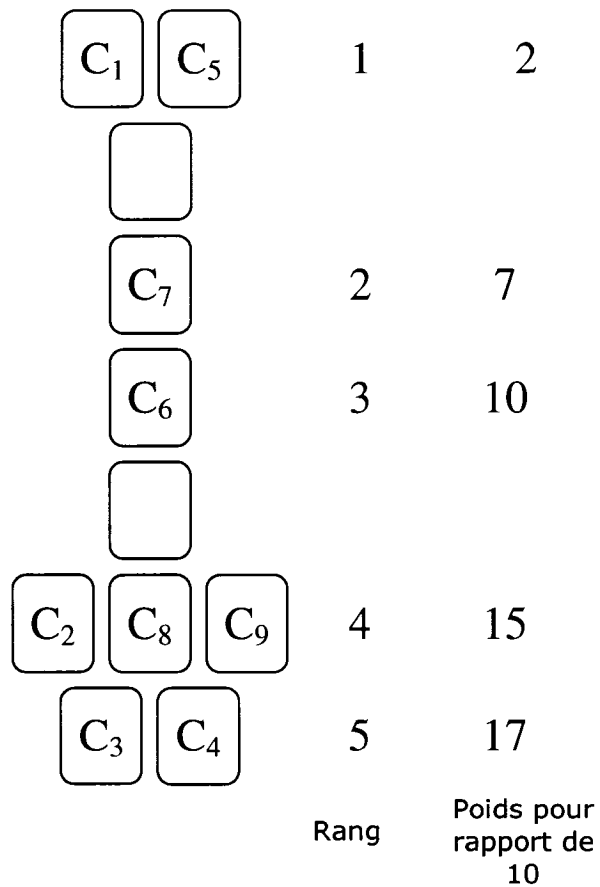


Figure 3.4 : Exemple de rangement de cartes

L'algorithme permettant de calculer explicitement les valeurs numériques des poids à partir des rangements des acteurs est exposé en annexe 4 (pour les détails concernant l'algorithme : Figueira et Roy 2002). Les calculs pour les six acteurs y sont répertoriés. Le tableau 3.1 récapitule l'ensemble des jeux de poids différents suivant chaque critère.

Tableau 3.1 : Les différents jeux de poids de l'étude

Acteurs Critères	acteur 1	acteur 2	acteur 3	acteur 4	acteur 5	acteur 6
Degré d'insertion dans la politique globale municipale	2	8,6	13	13	9	16
Impact territorial	15	6,1	11	14	4	6
Importance environnementale du problème	17	14,9	16	14	21	13
Bien être public	17	12,3	18	10	17	13
Obligation légale	2	4,9	9	14	2	6
Importance Publique	10	14,9	12	8	10	16
Envergure des investissements requis	7	11,1	9	16	7	10
Maturité et avancement du projet	15	13,6	6	6	15	10
Potentiel d'obtenir du support	15	13,6	6	5	15	10

On constate deux faits particuliers :

- Tout d'abord la diversité des poids montre bien la nécessité d'élaborer un jeu pour chaque acteur. Un accord sur des valeurs communes aurait sans doute été impossible à trouver.

- D'autre part, les critères « Maturité et avancement du projet » et « Potentiel d'obtenir du support » sont considérés de même importance sauf pour l'acteur 4.

D'un autre côté, concernant les poids des sous-critères, les valeurs communes à tous les acteurs et, fixées par l'homme d'étude, sont :

- Critère 1 : Degré d'insertion dans la politique globale municipale
 - Est de compétence municipale = 40
 - Coïncide avec les orientations municipales globales = 30
 - Coïncide avec les mandats des différentes divisions = 30
- Critère 2 : Impact territorial
 - Global = 40
 - Local = 60
- Critère 5 : Obligation légale
 - Législation, règlements fédéraux, provinciaux ou municipaux = 55
 - Directives internes = 15
 - Normes = 15
 - Accords n'ayant pas force de loi = 15

Concernant les autres sous-critères ou paramètres, on considère qu'ils sont de même importance au sein d'une même catégorie.

III.6 Établir le tableau de performances des actions potentielles

Il s'agit d'un tableau à double entrée avec en lignes les actions potentielles et en colonnes les critères, sous-critères et paramètres. Lors de l'étude, on aurait pu exiger une connaissance approfondie de l'ensemble des projets. La collecte de l'information se serait alors révélée très longue et très coûteuse, nécessitant l'avis d'experts. Or, d'une part, ce n'est pas le but de l'étude. D'autre part, vis à vis de l'incertitude entourant la mise en place des différents projets, ces derniers sont évalués suivant une échelle verbale ordinale. L'information nécessaire est donc relativement limitée. Ainsi, l'évaluation des projets s'est effectuée selon les informations générales disponibles, issues principalement de documents, rapports,

sites Internet officiels de la Ville de Montréal et autres organismes publics et privés. Cette étape est relativement longue à mener (environ 120 heures) vu le nombre important d'actions potentielles.

D'un point de vue méthodologique, il a été convenu d'évaluer chaque action au travers des différents critères. Cependant, après quelques heures, il a semblé plus cohérent de garder un seul critère et de lui soumettre toutes les actions. Ainsi de suite pour chaque critère. Cette façon de procéder a permis de mieux comparer les notes attribuées à chaque action et ainsi de garder une certaine continuité dans l'échelle de valeurs rattachée au critère. L'attribution de chaque valeur s'est déroulée avec le souci de rester le plus objectif possible et en recul par rapport à la démarche du PSDDCM. Toutefois, comme le soutient Martel (1999, p. 3) en reprenant les idées de Bernard Roy :

« Les évaluations [des performances] des actions selon chacun des [...] critères peuvent s'effectuer en ayant recours à divers moyens (formules analytiques, instruments de mesure, jugements,...), être plus ou moins subjectives et être entachées d'imperfections plus ou moins importantes. »

La marge d'erreur a toutefois été limitée sachant que l'échelle des valeurs est ordinale et que pour la majeure partie des critères seulement six classes sont possibles. Dans un processus idéal, il serait préférable d'optimiser cette phase en prenant en compte l'avis d'experts, ou tout du moins, d'un grand nombre des membres du Comité Directeur. Ce n'est pas tant un problème de disponibilité de l'information mais plutôt de temps et de moyens. En annexe 5, le tableau montre en détail les performances des diverses actions potentielles suivant les critères et sous-critères. L'ordre d'évaluation suit la figure 3.3. Les performances ont été traduites directement en notes dans le tableau, cependant il faut insister sur le fait que les évaluations se sont déroulées en utilisant les expressions verbales.

III.7 Agréger les performances

III.7.1 Points de repère méthodologiques de Electre III

Ce chapitre résume les grands fondements de la méthode Electre III. Toutefois, les fondements mathématiques à proprement parler ne seront pas développés. En effet, le but de l'étude ne consiste pas, par exemple, à modifier ces fondements, le logiciel a été utilisé en tant que support de l'ensemble du processus. Aussi il semble préférable de présenter la méthode Electre III comme elle a été comprise lors de l'étude, c'est-à-dire suivant une approche non mathématique, dédiée à l'utilisateur et présentée dans les ouvrages de Schärli (1985, 1996), de Maystre et al. (1994) et de Maystre et Bollinger (1999). Pour les lecteurs avertis et désireux de connaître plus en détails les fondements mathématiques des méthodes Electre, les ouvrages de référence écrits par Bernard Roy, le père de ces méthodes (entre autres Roy (1985), Roy et Bouyssou (1993)) seront d'une grande utilité.

Rappelons donc tout d'abord, selon les propos de Maystre et Bollinger (1999), les principales caractéristiques de la méthodologie Electre III :

- Elle considère des données quantitatives et qualitatives au sein d'une même analyse.
- Elle structure les critères en tenant compte de l'imprécision de leur évaluation via des seuils de préférence et d'indifférence.
- Elle permet de définir un seuil de veto sur les critères pour relever « les différences inacceptables » entre deux actions potentielles.
- Elle établit un classement final sans compensation des critères.
- Elle tient compte de l'incomparabilité de certaines actions potentielles.
- Elle prend en compte l'opinion de tous les acteurs grâce à une pondération personnelle et individuelle des critères.

Electre III se fonde comme toutes les méthodes Electre sur « la relation de surclassement ». Cette relation résulte de la comparaison par paires de toutes les

actions potentielles. Soient deux actions A et B. Alors A surclasse B si on arrive à montrer que

- A est au moins aussi bonne que B (égale ou meilleure) relativement à une majorité de critères (c'est la condition de concordance),
- sans être trop nettement plus mauvaise relativement aux autres critères (c'est la condition de non-discordance).

Ces conditions symbolisent aussi le caractère non compensatoire de la méthode, une très mauvaise note sur un critère ne pouvant contrebalancer une bonne note sur un autre. Pour revenir plus précisément à la relation de concordance, il existe trois possibilités :

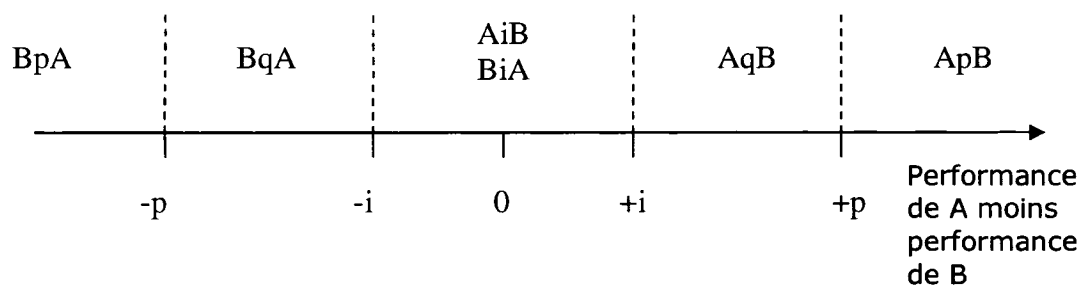
- l'indifférence (ou incapacité de distinguer la meilleure des deux),
- la préférence faible,
- la préférence stricte.

Des seuils sont alors définis, à partir desquels ces trois notions s'appliquent. Chaque critère possède ses propres seuils :

- Un seuil d'indifférence, qui définit l'intervalle pour lequel on ne peut déduire une préférence. Il s'établit suivant l'imprécision entourant les données du tableau de performances.
- Un seuil de préférence, qui définit la valeur à partir de laquelle on peut affirmer qu'il y a préférence stricte d'une des deux actions par rapport au critère. Cette valeur est définie le plus souvent suivant les connaissances des acteurs dans le domaine ou encore en analogie avec des cas pratiques.

Il peut être aussi lié à la marge d'erreur des performances.

A partir de là, l'intervalle entre les seuils d'indifférence et de préférence est une zone de préférence faible (aucune préférence significative ne peut être déduite, toutefois une des actions semble un tout petit peu « meilleure »).



-p, +p : seuils de préférence
 -i, +i : seuils d'indifférence

XpY : X préférée à Y
 XqY : X faiblement préférée à Y
 XiY : X et Y indifférentes

Figure 3.5 : Relations sur un critère entre deux actions A et B, suite à la différence de performances de A par rapport à B (Source : Schärli 1996)

Le test de concordance doit répondre à la question : l'action A est-elle au moins aussi bonne que B. La figure 3.5 ci-dessus montre que les trois intervalles de droite vérifient cette hypothèse qu'A soit indifférente, faiblement préférée ou préférée à B. Ainsi, seuls les deux seuils $-p$ et $-i$ interviennent pour définir la zone de préférence faible ; cette zone où la réponse à la question oscille entre le oui et le non (Voir Figure 3.6). L'utilisation de ces critères à seuils ou « pseudo-critères » permet d'introduire une réponse nuancée avec l'apparition de cette préférence faible « souvent accompagnée d'hésitation » (Schärli 1996). C'est « le principe de la logique floue, les évaluations n'étant que très rarement des valeurs exactes », souvent entachées d'imprécision et d'incertitude (Maystre et Bollinger 1999).

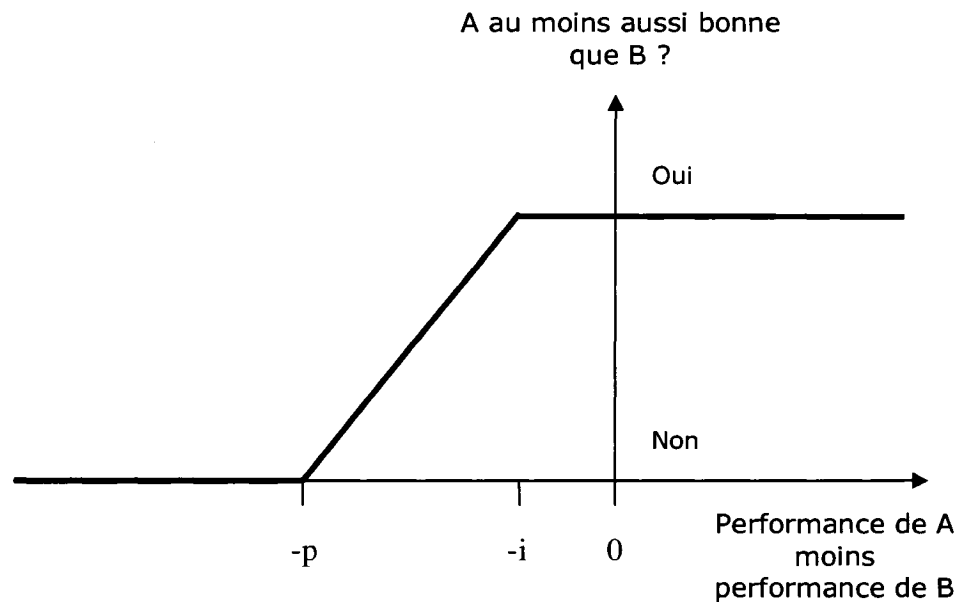


Figure 3.6 : Fonction de réponse du critère à seuils (Source : Schärlig 1996)

Pour chaque critère, si la condition de concordance n'est pas vérifiée, on regarde « de combien A est plus mauvaise que B, [...] quelle est l'intensité (ou l'ampleur) de cette discordance » (Schärlig 1996). Deux possibilités s'offrent alors aux utilisateurs de Electre :

- Soit adapter le tableau des performances, en transformant l'ensemble des performances en notes. Dès lors, on peut mesurer directement la discordance par la différence des deux notes des actions A et B.
- Soit définir un seuil de veto $-v$, à partir duquel la différence des performances est trop « criarde ».

Dans Electre III, ce seuil est flou. La discordance est donc une variable continue en prenant comme hypothèse que le seuil de préférence $-p$ est le point « à partir duquel il commence à y avoir discordance » (Voir Figure 3.7). Si la plus forte valeur de discordance de l'hypothèse « A surclasse B » dépasse le seuil de veto d'un des critères, alors l'hypothèse est rejetée

définitivement. A ne peut donc plus surclasser B, même si la condition est réalisée pour la majeure partie des autres critères.

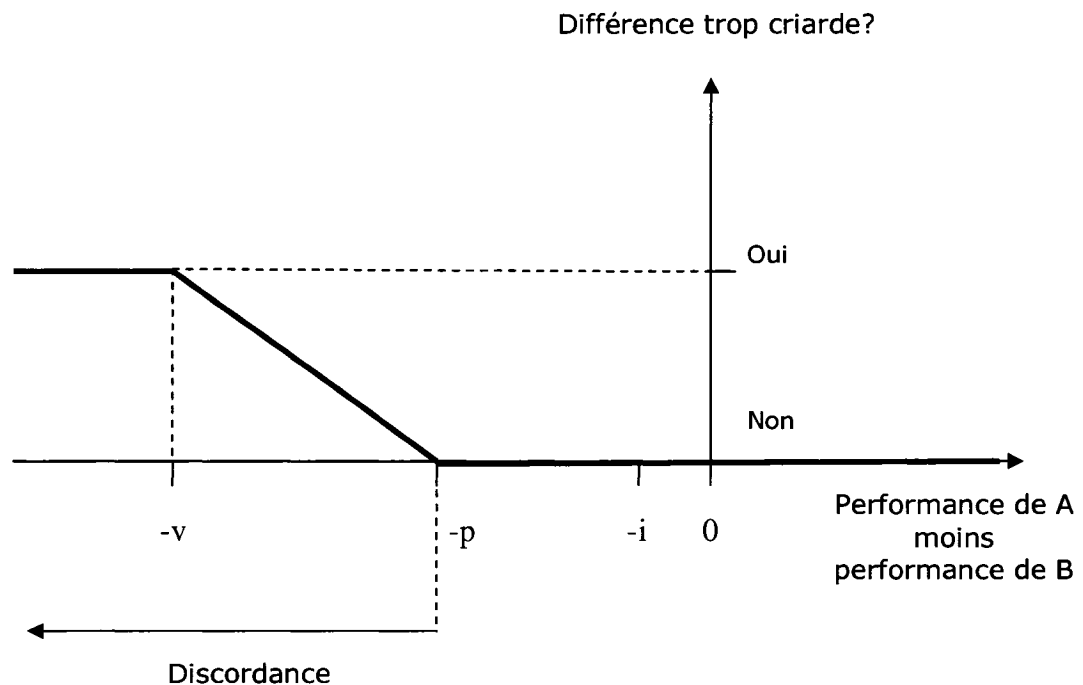


Figure 3.7 : Fonction de réponse du veto flou (Source : Schärli 1996)

Lors de l'application de la méthode Electre III, l'ensemble des critères est considéré pour chaque couple d'actions A et B. Tous les critères vérifiant la relation de concordance (A au moins aussi bonne que B) permettent alors de calculer l'indice de concordance de l'hypothèse « A surclasse B ». Cet indice prend en compte les poids des critères en faveur de la concordance. Ces derniers se comportent à l'image des « voix » lors d'une élection : le critère est compté autant de fois que la valeur de son poids (Brunner et Starkl 2004). De l'autre côté, l'ensemble des valeurs de discordance (réponse à la question : « la différence est-elle trop criarde ? ») sont répertoriées. Elles sont alors mises en relation avec

l'indice de concordance pour en atténuer la valeur. Le résultat est donné par « l'indice de crédibilité » (Voir figure 3.8). C'est sur cet indice que se fonde la méthode Electre III pour établir le classement final. Schärli (1996) résume ce processus en écrivant :

« L'indice de concordance permet de décider s'il y a surclassement, donc si l'hypothèse est retenue ou non - on est alors en oui ou non - tandis que l'indice de crédibilité qualifie le surclassement, selon le principe du flou, en disant à quel point il est avéré ».

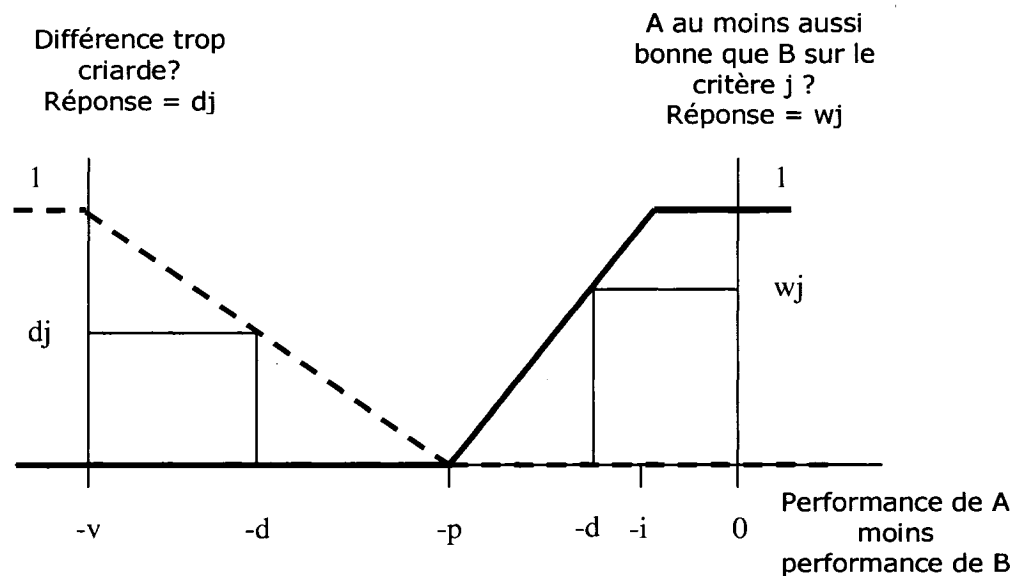


Figure 3.8 : Fonction de réponse caractéristique de Electre III (Source : Schärli 1996)

Indice de concordance de l'hypothèse « A surclasse B » :

$$c(A,B) = \frac{\sum w_j P_j}{\sum P_j}$$

P_j = poids du critère j

$w_j = (p-d)/(p-i)$ avec $-d$: différence des performances

Indice de crédibilité du surclassement de A sur B :

$$d(A,B) = \prod \frac{1 - d_j}{1 - c(A,B)}$$

On ne tient compte que des d_j supérieurs à $c(A,B)$ avec

$d_j = (d-p)/(v-p)$ avec $-d$: différence des performances

Une fois ces deux indices définis pour chaque relation de surclassement (A sur B et B sur A), il reste à définir laquelle des deux actions A ou B sera préférée. Pour cela, Electre III nécessite l'introduction d'une nouvelle donnée : « le seuil de discrimination $s(\lambda)$ » (lors de l'étude, la valeur standard de « $s(\lambda)$ » a été utilisée, à l'image de la plupart des cas pratiques). A est préférée à B si l'indice de crédibilité $d(A,B)$ est :

- supérieur à « λ »,
- et un peu plus grand que $d(B,A)$.

Les différentes actions potentielles sont ainsi classées les unes par rapport aux autres en réduisant au fur et à mesure la valeur de « λ ». Ainsi il devient plus facile pour A d'être préférée à B mais de façon moins robuste (Schärlig 1996). De façon encore plus simple, Maystre et Bollinger (1999) présentent le tableau 3.2 concernant les relations de préférence:

Tableau 3.2 : Relations de préférence dans Electre III (Source : Maystre et Bollinger 1999)

		ASB		I.C. : indice de crédibilité xSy : X surclasse Y
		I.C. bas	I.C. haut	
BSA	I.C. bas	Indifférence	A préférée à B	
	I.C. haut	B préférée à A	Incomparabilité	

A partir de cette multitude de relations, Electre III classe tout d'abord les actions suivant deux préordres totaux : c'est-à-dire avec les ex-aequo mais sans les incomparables. Ces deux classements sont appelés « distillations ascendante et descendante ». La distillation descendante classe les actions potentielles « de la meilleure à la moins meilleure » (Maystre et Bollinger 1999). En fait, pour chaque action, trois valeurs sont définies : « le nombre d'actions auxquelles elle est préférée » (= « puissance »), « le nombre d'actions qui lui sont préférées » (= « faiblesse ») et la « qualification » égale à la différence des deux (« puissance moins faiblesse ») (Schärlig 1996). La ou les meilleures actions ex-aequo sont celles ayant gardé la plus haute qualification après plusieurs distillations correspondant chacune à une diminution de « λ ». La distillation ascendante suit la même règle mais cette fois-ci à l'envers, en classant les actions « de la pire à la moins pire ». On cherche donc en premier les actions possédant la plus petite qualification soit une qualification négative, puis on augmente progressivement la valeur de « λ ».

L'obtention de ces deux préordres permet de cibler certaines actions dites « baladeuses ». En effet, les deux classements ne sont souvent pas les mêmes. Ce fait s'explique par le rôle joué par certaines actions « mal comparables » (« qualification » proche de zéro). Elles échappent aux différentes distillations et se retrouvent donc « vers les classes inférieures en distillation descendante » et « vers les classes supérieures en distillation ascendante » (Schärlig 1996). Ces actions doivent donc être considérées avec beaucoup de précaution quant à la crédibilité de leur classement.

Finalement, Electre III permet d'obtenir, à partir de l'intersection de ces deux préordres intermédiaires, un classement final partiel où cette fois-ci l'incomparabilité entre les actions est représentée. Electre III a la caractéristique de ne pas forcer le résultat et de traduire l'information que lui fournissent les données, pas plus, pas moins. Ce « graphe de surclassement » se lit de haut en bas comme les résultats des deux distillations :

- Une flèche signifie « surclasse ».

- Des actions dans une même case sont considérées comme « indifférentes ».
- Des actions sur une même ligne mais dans des cases séparées sont déclarées « incomparables ».

Enfin, il est à noter qu'Electre III ne donne pas d'information précise sur la valeur des écarts entre deux rangs consécutifs.

III.7.2 Implantation dans le logiciel Electre III

L'ensemble des données de l'étude doivent à présent être introduites dans le logiciel : actions potentielles, critères, poids, performances et seuils. Les trois premiers éléments ont déjà été clairement déterminés et sont donc introduits manuellement en commençant par les critères (voir figures 3.9, 3.10, 3.11 et 3.12). Pour ces derniers et les actions, le nom précis est écrit suivi d'une abréviation (ou « code ») afin d'alléger la représentation du classement final. Les différentes actions sont ainsi représentées par leur numéro respectif défini dans le tableau d'évaluation des performances (Annexe 5). Les poids sont insérés en même temps que les critères, sur la même interface graphique. Chaque critère et son poids sont ensuite suivis du sens des préférences du critère, c'est à dire une échelle des préférences croissante ou décroissante.

Du point de vue des performances, seules celles des critères globaux sont prises en compte pour alimenter l'agrégation partielle d'Electre III. L'implantation dans le logiciel nécessite donc tout d'abord une agrégation des performances des paramètres et sous-critères. On procède ainsi à une « agrégation par étapes » des critères selon les termes de Maystre et al. (1994) : tout d'abord une « agrégation sectorielle » des sous-critères pour chaque critère puis une « agrégation globale » des critères via le logiciel. On rappelle que cette façon de procéder résulte de la volonté d'obtenir une famille de critères pas trop grande. Les critères globaux sont ainsi définis à partir d'un premier groupe de critères initiaux qu'on transforme en sous-critères. Les différents projets sont évalués suivant ces sous-critères. Ces derniers nécessitent donc d'être agrégés afin d'obtenir les performances des critères globaux.

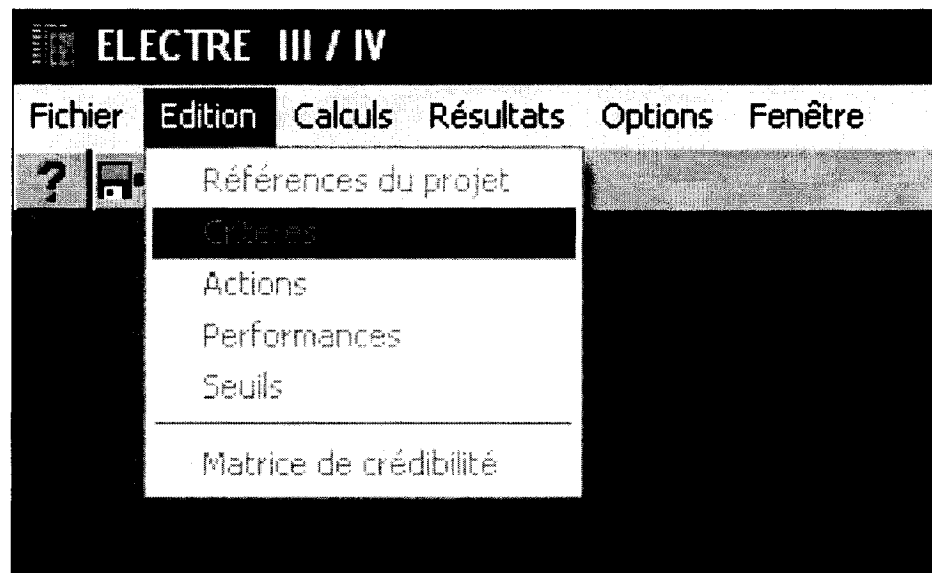


Figure 3.9 : Onglet Edition pour introduire les données

 The image shows a dialog box titled 'Références du projet' with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains three main sections:

- Propriétaire :** A text input field containing 'J.G.'.
- Description :** A text area containing 'Classement actions DD Ville Montréal'.
- Type du jeu de données :** A section with three radio button options:
 - ☒ Electre III
 - ☐ Electre IV
 - ☐ Matrice des degrés de crédibilité

 On the right side of the dialog, there are three buttons: 'OK', 'Annuler', and 'Aide'.

Figure 3.10 : Introduction des références du Projet

Editer un critère [X]

Nom du Critère :
 Degré d'insertion dans la politique globale municipale

Code du Critère : InPo

Poids du Critère : 9

Sens de Préférences :
☒ Croissant (Max)
☐ Décroissant (Min)

OK Annuler

Modifier Aide

Liste des Performances :

1	[1, 1]	1, 6
2	[1, 2]	2, 8
3	[1]	0, 7
4	[2]	2, 8
5	[3]	2, 2
6	[4]	1, 3
7	[5]	2, 2
8	[2, 1]	1, 6

Figure 3.11 : Introduction du critère « Degré d'insertion dans la politique globale municipale » et de son poids relatif

Liste des actions [X]

Nombre d'actions : 93

Nom de l'action :
 1.1 Participer aux grands événements à caractère environnemental

Code de l'action : 1.1

☐ Insertion automatique

Liste des actions :

1	[1, 1]
2	[1, 2]
3	[1]
4	[2]
5	[3]
6	[4]
7	[5]
8	[2, 1]
9	[6]
10	[3, 1]
11	[3, 2]

Fermer Modifier Insérer Effacer Aide

Figure 3.12 : Détails de l'action « Participer aux grands événements à caractère environnemental »

De manière générale, l'« agrégation sectorielle » des sous-critères en un seul critère se réalise à l'aide d'une somme pondérée. Même si cette procédure mathématique se révèle très compensatoire et sensible aux transformations d'échelle, elle n'en a pas moins un outil particulièrement utile dans notre cas. Preuves en sont les nombreux cas d'utilisation au sein de l'ouvrage de Maystre et al. (1994). Pour ces auteurs, elle est « un instrument commode, lorsqu'il s'agit de critères de niveau hiérarchique inférieur ». La somme pondérée doit cependant être utilisée à bon escient, en connaissance de cause. Dans le cas de la présente étude, tous les sous-critères ont la même unité, c'est à dire une note pouvant aller de zéro à cinq pour la plupart. Toujours selon les mêmes auteurs, l'utilisation d'une unité commune « limite le phénomène [bien connu] d'« addition des pommes et des poires » ». De plus, pour se justifier d'une certaine compensation entre ces sous-critères, on peut avancer tout d'abord que seuls trois groupes de sous-critères ont des poids différents : ceux reliés au « degré d'insertion dans la politique globale municipale », à l'« impact territorial » et à l'« obligation légale ». (Les autres, avec des poids égaux, ne subissent bien entendu aucune compensation). Parmi ces trois groupes, on ne repère, d'autre part, qu'une seule forte variation de poids : elle concerne les sous-critères de l'« obligation légale », pouvant être considérées de même nature et donc assujettis à une compensation. Ainsi, là encore, l'utilisation de la somme pondérée semble avoir peu de conséquences.

En annexe 6, un tableau récapitule au final les performances des critères globaux après l'« agrégation sectorielle » des sous-critères par somme pondérée. Il rappelle aussi l'échelle finale des critères ainsi que l'amplitude des performances. Ce sont ces valeurs qui sont introduites dans le logiciel Electre III. Il est à noter que les performances de deux actions (3.10, 6.1) n'ont finalement pas été introduites dans le logiciel, ces dernières ayant fait l'objet d'un regroupement dans les dernières semaines de l'élaboration du PSDDCM. Elles sont surlignées en jaune dans les différents tableaux.

Dernières données à déterminer, les seuils n'ont pas fait l'objet d'une concertation avec les différents acteurs. Ils ont été une nouvelle fois définis à partir de l'étude de différents exemples de la littérature notamment le cas présenté par Beccali et al. (2003). Même si idéalement, il serait préférable de faire choisir les acteurs, on peut se justifier de cette façon de procéder par le fait que premièrement, les seuils d'indifférence et de préférence font appel à des notions plutôt « intuitives » pour ces acteurs. En effet, on leur demande de fixer pour chaque critère « des valeurs représentatives de leur degré de préférence » (Maystre et Bollinger 1999). Cela nécessite de la part de l'homme d'étude l'usage d'exemples de référence précis et imagés afin d'aider les acteurs à fixer ces seuils. Pour des raisons de temps imparti ou bien, très souvent, pour un désaccord entre les acteurs sur une valeur commune, des valeurs de base sont donc instaurées par l'homme d'étude. En support à cette décision méthodologique, Maystre et al. (1994, chapitre 6.2.1) affirment :

« [Les] seuils ne sont pas des grandeurs expérimentales dont il faut rechercher la valeur exacte ; ce sont, au contraire, des grandeurs d'opportunité qu'il est commode, voire nécessaire, d'introduire pour refléter ce qu'il y a d'approximatif ou d'arbitraire dans les données. Le choix du seuil recèle par conséquent une part inévitable d'arbitraire ».

Ce point de vue est par ailleurs confirmé par les rappels méthodologiques exposés au III.7.1 et soutenus par Roy et Vincke (1984). Schärli (1996) fait référence à ces auteurs en disant que, pour eux, les seuils doivent être représentatifs de « l'imprécision et de l'incertitude attachées aux mesures de performance ».

Dès lors, il semble logique que ce soient les mêmes personnes qui fixent les valeurs des seuils, et qui procèdent à la détermination des performances des actions potentielles. Des exemples de cas concrets où les évaluations de performances sont ordinales (puis comme dans la présente étude transformées en notes), montrent que les seuils d'indifférence et de préférence sont déterminés par la construction de l'échelle (Maystre et Bollinger 1999). Ainsi, dans le cas des critères 3,4,6,7,8,9, où les performances ne résultent pas d'une somme pondérée mais d'une addition de notes, il est encore possible de définir clairement des

classes différentes. Ainsi le seuil d'indifférence est fixé à zéro, la marge d'incertitude étant nulle et le seuil de préférence égal à un, en relation avec une possible marge d'erreur.

Pour les critères 1, 2 et 5, après la somme pondérée des sous-critères, il n'est plus vraiment possible de définir des classes précises de préférence. Or, d'une part, il s'agit de l'agrégation de notes pour lesquelles l'incertitude est nulle, comme on vient de le dire pour les critères précédents. D'autre part, le nombre d'actions potentielles étant très élevé, et le but de l'étude étant de tout mettre en œuvre pour permettre à l'outil de faire ressortir un classement relativement représentatif, on peut réduire la zone de préférence faible de ces critères et ainsi favoriser le surclassement entre les actions. Ainsi, on décide de fixer des seuils « sévères » pour ces critères avec un seuil d'indifférence égal à zéro et un seuil de préférence égal au plus petit intervalle séparant deux performances. Les différents seuils d'indifférence et de préférence sont présentés dans le tableau 3.3 ci-dessous.

Tableau 3.3 : Les différents seuils d'indifférence et de préférence de l'étude

Critères \ Seuils	Seuil d'indifférence	Seuil de préférence
Degré d'insertion dans la politique globale municipale	0	0.1
Impact territorial	0	0.2
Importance environnementale du problème	0	1
Bien être public	0	1
Obligation légale	0	0.1
Importance Publique	0	1
Envergure des investissements requis	0	1
Maturité et avancement du projet	0	1
Potentiel d'obtenir du support	0	1

De son côté, le seuil de veto caractérise plutôt une relation entre les critères, dans le sens où il détermine une valeur limite à ne pas dépasser sinon il y a incomparabilité. En quelque sorte, plus on instaure un seuil de veto faible (sur une échelle de critère croissante), plus on donne d'importance au critère et plus les différences de performances sur ce critère ont de conséquences sur le diagramme final. En procédant ainsi, le critère joue un rôle de facteur limitant de surclassement. Une bonne solution sera très pénalisée si elle présente un défaut sur ce critère. Il a donc été décidé de ne pas imposer de seuils de veto, pour ne pas influencer les résultats de l'analyse. Il faut préciser par la même occasion que certains seraient tentés de mettre absolument un seuil de veto. Cependant, fixer une valeur de veto égale à la plus grande différence de performances sur le critère (par exemple un seuil de veto de 5 classes pour le critère 3) revient à ne pas en mettre du tout. Cela a été le cas pour la gestion des déchets urbains de Dakar (Maystre et al. 1994, chapitre 15) et la diffusion des technologies à énergie renouvelable sur l'île de la Sardaigne en Italie (Beccali et al. 2003, p. 2082) où les auteurs procèdent ainsi pour des critères dits « non prioritaires ». L'inutilité de fixer de cette façon les seuils de veto a aussi été confirmée lors de la présente étude, le graphique final ne changeant pas de manière significative dans les premiers rangs après leur introduction. Sans seuil de veto pour les critères, la détermination de la discordance se déduit donc de la différence des performances entre toutes les actions. On rappelle que cela est possible du fait que toutes les évaluations ordinales ont été traduites en notes (voir III.7.1). Les figures 3.13 et 3.14 montrent les interfaces graphiques du logiciel Electre III lors de l'édition respective des performances et des seuils. Par exemple, si on prend la figure 3.13, l'action 2, soit « Publier un bilan de l'état de l'environnement », reçoit une note totale de 2.8 sur le critère InPo, « Degré d'insertion dans la politique globale municipale ». Notons que cette note est « relativement bonne » si on la compare à l'amplitude des performances [0-3.4] de toutes les actions sur ce critère (Annexe 6) et ce, même si l'échelle des valeurs possibles est [0-11]. Enfin, le même critère InPo possède un seuil de préférence de 0.1 selon la figure 3.14.

Editer les Performances								
	InPo	ITer	ImpE	BEtr	Loi	ImpP	Invt	Matu
1.1	1.6	3	2	7	0.3	12	6	8
1.2	2.8	3	3	14	0.3	10	6	8
1	0.7	3.8	2	9	0.15	8	9	6
2	2.8	2	3	6	0.15	8	10	7
3	2.2	2.8	4	7	0.3	12	6	9
4	1.3	2.8	2	4	0	10	6	6
5	2.2	3.4	3	8	0.3	10	9	8
2.1	1.6	2.8	3	5	0.15	11	8	7
6	1.9	3.4	2	6	0.15	9	8	7
3.1	0.4	2.8	4	9	1	10	6	6

Nombre de Critères: 9
 Nombre d'Actions: 93

1.6

Fermer Aide

InPo : Degré d'insertion dans la politique globale municipale

ITer : Impact territorial

ImpE: Importance environnementale du problème

BEtr : Bien être public

Loi : Obligation légale

ImpP : Importance Publique

Invt : Envergure des investissements requis

Matu : Maturité et avancement du projet

Supp : Potentiel d'obtenir du support

Figure 3.13 : Partie du tableau des performances

Seuils		X																			
Sens des Préférences : Croissant		Nombre de critères : 9																			
Mode de définition : Direct																					
Coefficients du seuil d'indifférence :		Liste des Critères :																			
$\alpha = 0$	$\beta = 0$	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>[InPo]</td></tr> <tr><td>2</td><td>[ITer]</td></tr> <tr><td>3</td><td>[ImpE]</td></tr> <tr><td>4</td><td>[BEtr]</td></tr> <tr><td>5</td><td>[Loi]</td></tr> <tr><td>6</td><td>[ImpP]</td></tr> <tr><td>7</td><td>[Inv]</td></tr> <tr><td>8</td><td>[Matu]</td></tr> <tr><td>9</td><td>[Supp]</td></tr> </table>		1	[InPo]	2	[ITer]	3	[ImpE]	4	[BEtr]	5	[Loi]	6	[ImpP]	7	[Inv]	8	[Matu]	9	[Supp]
1	[InPo]																				
2	[ITer]																				
3	[ImpE]																				
4	[BEtr]																				
5	[Loi]																				
6	[ImpP]																				
7	[Inv]																				
8	[Matu]																				
9	[Supp]																				
Coefficients du seuil de préférence :																					
$\alpha = 0$	$\beta = 0.1$																				
Coefficients du seuil de veto :																					
$\alpha =$	$\beta =$																				

Figure 3.14 : Seuils du critère « Degré d'insertion dans la politique globale municipale »

III.8 Les résultats

Les résultats donnés par le logiciel, ceux dont on a besoin pour la suite de l'étude, se présentent sous forme de graphiques : un graphique final qui représente le classement partiel des différentes actions et le graphique des deux distillations ascendante et descendante. Peut se rajouter à cela un graphique donnant les rangs finaux des actions. Dans la présente étude, les graphiques se répètent six fois, soit autant de fois que le nombre de jeux de poids différents. Ils correspondent ainsi à six graphiques personnels, conçus suivant les préférences de chacun.

Rappelons les informations suivantes permettant d'interpréter le graphique final:

- Deux actions, voire plus, de même rang (c'est-à-dire sur une même ligne) sont considérées comme équivalentes si elles sont placées dans une même case.

7.3
2.5

- Deux actions de même rang (même ligne) sont considérées comme incomparables si elles se trouvent dans deux cases différentes.

7.3	2.5
-----	-----

- Enfin, le sens des flèches symbolise le surclassement.

On retrouve les ensembles graphiques reflétant les poids des différents intervenants à l'annexe 7. À la figure 3.15, un extrait permet de visualiser l'aspect des graphiques donnés par le logiciel.

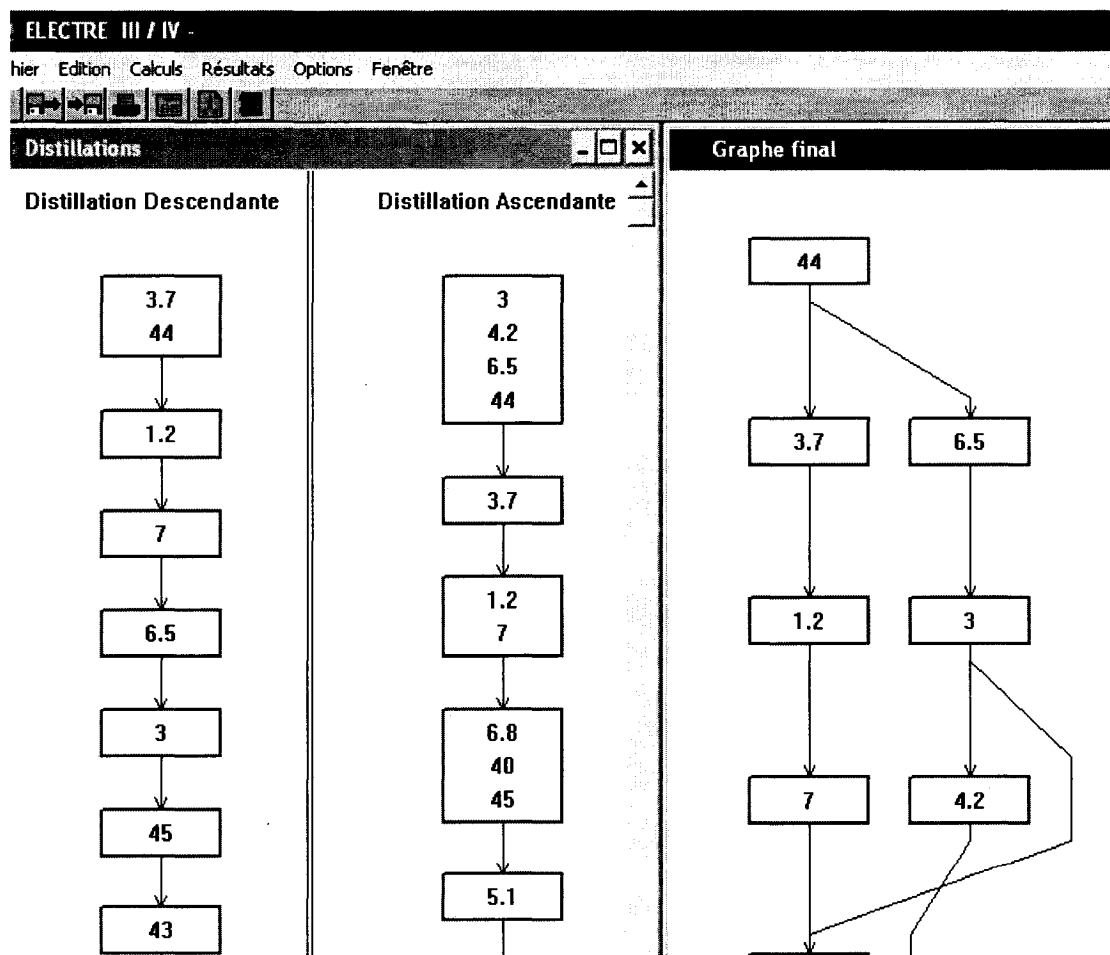


Figure 3.15 : Le départ des deux distillations et du classement final

III.9 Analyse des résultats

III.9.1 Analogie entre les différents graphes finaux

Rappelons que le but de la méthodologie appliquée au PSDDCM est l'obtention d'un classement des actions municipales reliées à la notion de développement durable. Electre III, qui suit une problématique γ (Voir Tableau 2.2), mène au classement des actions potentielles de la « meilleure » à la « moins bonne ». Cependant, vu le grand nombre d'actions et donc, l'ampleur de ce classement, l'interprétation des résultats présente certains défis. De surcroît, ayant adopté un processus de « comparaison » (Belton et Pictet 1997), chaque acteur a été amené à construire son propre jeu de poids et a ainsi produit son propre classement. Comme le mentionnent Damart et al. (2002), c'est alors à l'homme d'étude de trouver des outils adéquats pour mener à bien une comparaison juste des résultats individuels et trouver ainsi des points de convergence. A partir de là, les acteurs peuvent engager une « discussion stable aux fins de la négociation » et de la décision de groupe.

Comme, par la suite, les actions retenues seront comparées aux conclusions du PSDDCM, seules celles incluses dans les dix premiers rangs finaux ont été considérées. En effet, le PSDDCM comprend 24 actions à court terme et les dix premiers rangs finaux générés par Electre III comptent en moyenne 34 actions. Les six classements individuels s'étalent sur une moyenne de 29 rangs. Compte tenu du grand nombre d'actions potentielles à classer, on remarque cependant que les incomparabilités sont relativement limitées sur les premiers rangs. Les graphiques commencent souvent à s'élargir à partir du sixième rang pour arriver parfois à huit niveaux d'incomparabilités (Voir classement acteur 4 en annexe 7). Quatre groupes d'actions sont ressortis. Le tableau 3.4 les récapitule. En gras, on remarque certaines des actions prioritaires du PSDDCM.

Plus précisément, les différents groupes sont :

- un premier groupe de sept actions (surlignées en rouge sur les graphiques) occupant toujours de façon dispersée les cinq premiers rangs excepté pour

l'un des classements où elles se retrouvent dans les sept premiers rangs (Tableau 3.4.a),

- un second groupe distinct de 18 actions (surlignées en bleu sur les graphiques) occupant toujours les 10 premiers rangs pour tous les classements, à quatre exceptions près (Tableau 3.4.b),
- un troisième groupe de cinq actions occupant les 10 premiers rangs pour quatre classements sur six (Tableau 3.4.c),
- enfin, une quatrième groupe de cinq actions aussi occupant les 10 premiers rangs pour trois classements sur six (Tableau 3.4.d).

Les groupes les plus intéressants aux fins d'interprétation sont les deux premiers groupes soit 25 actions. Les troisième et quatrième regroupent plutôt des actions qui pourraient faire l'objet d'une discussion éventuelle sachant qu'une petite majorité des acteurs les ont placées dans les dix premiers rangs. Ce qui est tout d'abord encourageant de remarquer étant donné le nombre d'actions potentielles, c'est que la méthodologie classe dans les premiers rangs le même noyau dur d'actions pour tous les jeux de poids. Ce noyau satisfait l'ensemble des préférences des acteurs et c'est donc sur ce noyau que va vraisemblablement s'appuyer la négociation. Si on compare les 25 actions des deux premiers groupes avec les 24 actions à court terme du PSDDCM, voire les 14 actions à long terme et les actions souhaitées des gouvernements supérieurs, on retrouve 16 actions du PSDDCM parmi les 25 dont :

- 11 font partie des 24 actions à court terme,
- quatre font partie des 14 actions à long terme,
- et une fait partie des actions souhaitées des gouvernements supérieurs.

Tableau 3.4 : Les différents groupes d'actions communes à tous les classements individuels

Premier groupe de 7 actions	1.2; 3; 3.7 ; 7; 6.5 ; 44; 45
Deuxième groupe de 18 actions	1.1 ; 3.1 ; 4.1 ; 4.2; 5.1; 15; 6.4 ; 6.8 ; 6.9 ; 6.10 ; 23; 6.14; 7.3; 8.2 ; 8.3 ; 8.6; 40; 43
Troisième groupe de 5 actions	3.6 ; 6.3 ; 6.13; 8.4 ; 42
Quatrième groupe de 5 actions	3.9; 6.2 ; 16; 17; 7.4

Tableau 3.4.a : Le premier groupe d'actions communes

Premier groupe de 7 actions	
1.2 Étendre à l'ensemble des arrondissements de la Ville de Montréal des programmes de type Éco-quartier	6.5 Multiplier les points de contact avec l'eau
3 Favoriser la participation de la population au développement durable de la métropole par la promotion de mécanismes de concertation (programme de soutien aux concertations locales, commissions permanentes, rencontres d'information, etc.)	44 Maintenir les incitatifs économiques à la réhabilitation des sols contaminés
3.7 Accroître les infrastructures pour l'utilisation du vélo	45 Assurer l'accès à des logements de qualité à prix abordable
7 Mettre en place des mesures qui incitent l'utilisation des transports en commun, du vélo et de la marche	

Tableau 3.4.b : Le deuxième groupe d'actions communes

Deuxième groupe de 18 actions	
1.1 Participer aux grands événements à caractère environnemental	6.10 Développer un programme ciblé d'élimination des raccordements croisés
3.1 Élaborer une stratégie montréalaise globale sur les GES	23 Sensibiliser la population, les petits commerces et les immeubles à logements multiples au recyclage et au compostage
4.1 Implanter des projets Quartiers 21	6.14 Intégrer des normes d'économie d'eau potable dans la réglementation municipale
4.2 Appliquer des mesures d'éradication de l'herbe à poux	7.3 Mettre en place un système de désinfection des eaux usées
5.1 Offrir aux Montréalais un service efficace de réponse aux plaintes de nature environnementale. En collaboration avec les arrondissements, mettre en place une table de travail afin de faire l'état de la situation et faire des recommandations à ce sujet en tenant compte du contexte organisationnel et des technologies de l'information.	8.2 Implanter un système de gestion environnementale
15 Augmenter les ressources humaines allouées à l'application de la réglementation en matière d'environnement	8.3 Intégrer des critères de développement durable dans les processus décisionnels et l'achat de biens et de services
6.4 Adhérer à des programmes pour passer à une consommation d'eau plus efficace	8.6 Participer, pour les PME du secteur industriel, au programme Enviro-club d'Environnement Canada
6.8 Élaborer un plan directeur de gestion des matières résiduelles	40 Investir dans de nouveaux modes de transport collectifs
6.9 Mettre en place des mesures pour passer à une consommation d'énergie plus efficace	43 Donner la priorité à la réhabilitation de terrains contaminés qui freinent le développement en milieu urbain

Tableau 3.4.c : Le troisième groupe d'actions communes

Troisième groupe de 5 actions	
3.6 Planter en milieu de travail des mesures favorisant le transport durable (transport en commun, covoiturage, vélo, marche)	8.4 Mettre en place une gestion écologique du milieu naturel des grands parcs
6.3 Mettre en place des mesures de réduction et de récupération des matières résiduelles dans les lieux publics	42 Planter un projet pilote dans un quartier (ou un arrondissement) pour en faire un « laboratoire de développement durable » et y expérimenter de nouvelles pratiques, entre autres dans le domaine de l'aménagement
6.13 Étendre aux logements neufs le programme incitatif d'intégration de la norme Novoclimat	

Tableau 3.4.d : Le quatrième groupe d'actions communes

Quatrième groupe de 5 actions	
3.9 Participer au programme d'inspection des flottes de véhicules lourds et légers	17 Mettre en place des programmes de réduction de la consommation d'énergie et d'eau dans les bâtiments publics (énergies vertes, bassins de rétention, fontaines, aménagements paysager)
6.2 Mettre en place des mesures de réduction et de récupération des matières résiduelles dans les industries, les commerces et les institutions (ICI)	7.4 Mettre sur pied un programme de renaturalisation des berges du Saint-Laurent
16 Lancer une campagne de sensibilisation grand public à l'égard de l'économie d'eau et d'énergie	

Les résultats donnés par Electre III montrent donc une relative cohérence avec les préférences véhiculées lors de l'élaboration du PSDDCM. Le premier groupe de sept actions pourrait difficilement être remis en cause. Ces actions ont toutes de bonnes performances sur l'ensemble des critères et donc, les changements de poids ont peu d'influence sur elles. Elles se retrouvent ainsi parmi les huit premières places du diagramme en annexe 8, classement avec des poids tous égaux à cinq.

La cohérence entre le PSDDCM et les résultats d'Electre III n'est cependant pas totale. D'une part, toutes les 24 actions à court terme ne se retrouvent pas dans le noyau dur des classements (à vrai dire même pas la moitié). D'autre part, si on regarde plus spécifiquement les rangs de chaque action, on s'aperçoit que certaines d'entre elles subissent de très fortes variations suivant les classements. Ainsi, même si elles font parties des dix premiers rangs (donc en moyenne des 34 « meilleures actions »), certains acteurs pourraient les remettre en cause à la vue de leur propre classement. C'est le cas par exemple de l'action 1.1.

La méthodologie d'aide multicritère à la décision Electre III montre bien ici toute son utilité. Après avoir permis d'introduire les préférences de chacun des acteurs, elle montre qu'en les respectant, il n'est pas possible d'arriver à un jugement définitif hormis pour sept actions. Elle révèle la nécessité de procéder à une négociation. Le résultat : les actions du deuxième groupe se retrouvent à chaque fois dans les dix premiers rangs et constituent une base solide de discussion. Il reste à déterminer lesquelles choisir.

Le but de l'étude n'est pas de répondre à cette question. La suite du processus est un jeu d'interactions qui doit prendre place entre les acteurs. On s'arrête à fournir aux décideurs des outils matériels nécessaires pour discuter et une méthode pour asseoir leurs convictions. Trop de paramètres subjectifs rentrent encore en ligne en compte par la suite; on ne peut les contrôler. Toutefois, certains outils ont été développés en marge d'Electre III pour aider l'homme d'étude à faciliter le choix des décideurs, chacun d'eux ayant en possession son

classement personnel. C'est le cas de SURMESURE (Surface de Représentation des résultats des MEthodes de SURclassement).

III.9.2 L'outil SURMESURE

Pour faciliter l'interprétation et la comparaison des classements individuels, Pictet et al. (1994), ont mis au point une méthode graphique nommée SURMESURE. Elle a été utilisée dans le cadre de la présente étude pour comparer les résultats des six acteurs et représenter leur degré de consensus. Là encore, il s'agit d'un outil pratique pour faciliter une bonne communication entre les acteurs.

On construit un graphique pour chaque action potentielle. Cette dernière est alors représentée au sein d'une matrice à deux entrées suivant les paires de coordonnées issues des distillations ascendantes et descendantes de chaque acteur. Avec six classements individuels, on obtient six paires de coordonnées avec en abscisse le rang de l'action en distillation descendante et en ordonnée le rang de l'action en distillation ascendante. Il faut spécifier que l'origine se trouve en haut à gauche avec des coordonnées de (1;1). Au final, les graphiques montrent des nuages de six points correspondants aux six acteurs (Voir Figure 3.16 page suivante).

Comme le mentionnent Maystre et Bollinger (1999), les distances sur le graphique ne sont pas significatives et ne permettent en aucun cas de tirer des conclusions. En effet, les coordonnées des points proviennent des rangs issus de la méthode de surclassement; ces rangs constituent une échelle ordinale, un ordre de succession mais ne permettent pas d'évaluer la distance qui les sépare. On fait donc « l'hypothèse qu'il est possible de traiter comme égaux les uns aux autres les différents écarts qui existent entre deux actions consécutives dans les distillations descendante et ascendante » (Maystre et al. 1994, p. 180). Pour reprendre Maystre et Bollinger (1999), SURMESURE permet par contre d'établir une conclusion sur « le degré de consensus du groupe de négociateurs. Plus le nuage est petit, plus le consensus est grand ». D'autre part, si le nuage est éloigné de la diagonale, c'est à dire si les rangs des deux distillations ascendante et

descendante sont très différents, alors on peut considérer le classement de l'action comme instable avec un grand degré d'incomparabilité. Les fameuses « actions baladeuses » en font partie. Enfin, plus un nuage sera compact et proche du coin en haut à droite (soit l'origine), plus le classement de l'action correspondante sera jugé préférable comparé à un nuage situé plus bas sur la diagonale.

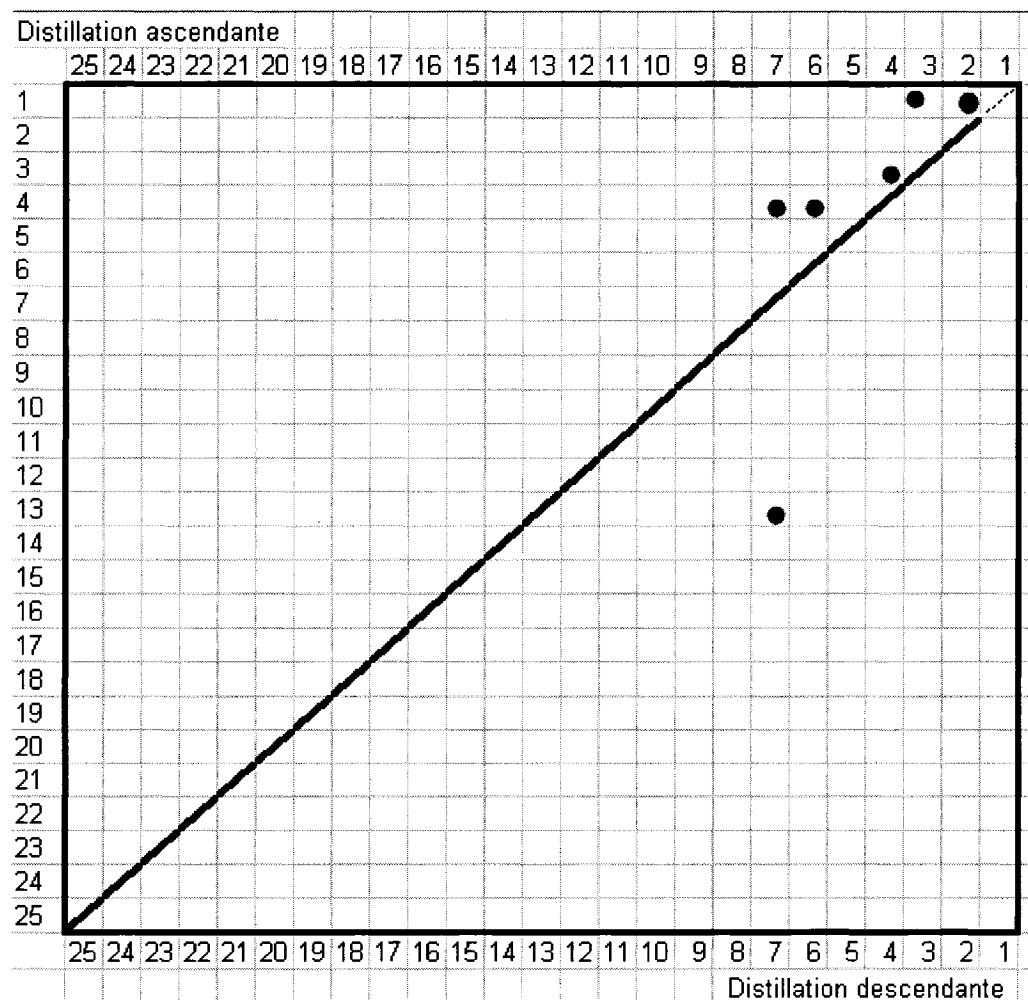


Figure 3.16 : Exemple du diagramme SURMESURE pour une action (nuage de six points)

Les graphiques correspondant à l'étude pour, respectivement, toutes les actions du premier groupe et quelques actions du second groupe sont en annexe 9. Seulement quatre actions du second groupe (1.1, 3.1, 4.1, 15) possèdent un nuage complet de six points. Quatre autres actions (6.9, 7.3, 23, 43) sont représentées sur un même graphique mais avec seulement cinq points. Les graphiques sont incomplets parce que la majorité des autres actions possèdent au moins deux paires de coordonnées (deux points) qui sortent du diagramme et sont éloignées de la diagonale (degré d'incomparabilité très fort). En tenant compte de 25 actions au total (1^{er} et 2^{ème} groupe), on a pris comme convention de considérer une échelle de 25 pour la représentation des deux distillations sur le graphique. La majeure partie des actions du 2^{ème} groupe possède plusieurs paires de coordonnées dont au moins une est supérieure à 25. Le point correspondant tombe donc à l'extérieur du graphique.

Avant de commenter les diagrammes obtenus lors de l'étude, il est important de préciser un fait particulier à cette analyse. Tel que mentionné, l'échelle des coordonnées a été limitée à 25 alors que les résultats des deux distillations montrent des rangs pouvant aller au delà de 60. En théorie, on devrait donc représenter des graphiques avec une échelle au moins deux fois plus grande pour représenter toutes les actions. Or, le but ici n'est pas de reconsidérer l'ensemble des actions potentielles, leur nombre étant très important. Il s'agit plutôt de montrer l'applicabilité et la pertinence d'un outil, SURMESURE, qui permet d'affiner le regard des décideurs sur les classements obtenus et ainsi de nuancer leur opinion. Ainsi, on applique seulement l'outil aux actions qui ont déjà retenu l'attention soient, dans le cas de la présente étude, les actions du premier et du deuxième groupe. On distingue plusieurs positions de nuages de points que l'on regroupe en cinq catégories (annexe 9):

- Catégorie 1 : les nuages des actions 3.7 et 6.5 montrent que ces actions sont en première position dans une distillation mais moins bien classées dans l'autre. Il est donc difficile de les comparer aux autres actions, ne connaissant pas « leur vraie valeur ».

- Catégorie 2 : les nuages des actions 1.2 et 45 sont assez compacts, localisés en haut à droite du graphique et proches de la diagonale (à une exception près pour l'action 45). Les classements des différents acteurs sont donc unanimes pour dire que ces actions sont « bonnes » et stables. On peut considérer que l'action 44 fait aussi partie de ce groupe, quoique le consensus des acteurs soit moins clair avec deux points bien moins classés.
- Catégorie 3 : les nuages des actions 7, 4.1, 15, 6.9 et 7.3, même relativement peu regroupés, représentent des actions considérées comme « bons seconds » (Maystre et Bollinger 1999). Proches de la diagonale, elles sont considérées comme stables en deuxième partie de graphique.
- Catégorie 4 : le nuage de l'action 3 est comparable aux premiers nuages considérés, ceux de 3.7 et 6.5, c'est-à-dire éloigné de la diagonale et donc instable. Il est de plus moins bien classé sur l'ensemble des deux distillations et enfin un peu moins compact. On peut vraisemblablement rajouter à cette catégorie l'action 1.1 si on met de côté la forte dissémination du nuage.
- Catégorie 5 : les nuages des actions restantes (3.1, 23 et 43) sont trop éparpillés pour représenter un fort consensus. Certains montrent même un grand degré d'incomparabilité et sont relativement mal classés.

En synthèse, si on souhaite établir un classement plus précis de l'ensemble des 25 actions potentielles, les deux premières catégories ci-dessus caractérisent les actions à privilégier. Cependant, les troisième et quatrième catégories représentent elles aussi des actions tout à fait envisageables. En effet, d'une part, un degré de consensus assez fort peut nuancer le jugement porté sur un classement. D'autre part, la stabilité du nuage rentre aussi en ligne de compte avec un nuage peut-être moins bien regroupé mais plus proche de la diagonale et donc mieux comparable.

Pour compléter l'utilisation de la méthode SURMESURE, on joint des graphiques supplémentaires en annexe 10 correspondants à chaque acteur. Ils fonctionnent sur le même principe que les graphiques précédents sauf que cette

fois-ci les 25 actions sont représentées pour chaque acteur. On recherche toujours les actions du coin supérieur droit : à la fois très bien classées et proches de la diagonale. Enfin, on remarque en rouge les actions sortant du cadre du graphique. Elles correspondent bien aux actions manquantes des graphiques précédents.

En plus de l'outil SURMESURE, on procède souvent en parallèle à un calcul auquel la plupart des acteurs au sein d'un groupe de décision se rapporte pour chaque action : la somme des rangs finaux. Ce calcul est mathématiquement faux (somme sur une échelle ordinale) et comme le spécifient Maystre et Bollinger (1999) « n'est pas destinée à être publiée ». Cependant, tous sont naturellement tentés de le faire. Son utilisation et les conclusions qui en résultent doivent obligatoirement être confrontées aux diagrammes SURMESURE pour être justifiables. Le tableau 3.5 (page suivante) présente, pour la présente étude, la somme des rangs pour les 25 actions considérées.

Tableau 3.5 : Somme des rangs

Groupe	Actions	Σ rangs
1	3.7	10
1	6.5	11
1	1.2	18
1	44	18
1	45	21
1	3	23
1	7	29
2	4.2	33
2	43	36
2	40	38
2	3.1	39
2	5.1	39
2	1.1	41

Groupe	Actions	Σ rangs
2	6.8	42
2	15	42
2	6.9	42
2	4.1	43
2	6.10	46
2	23	47
2	8.6	47
2	7.3	50
2	8.3	51
2	6.4	51
2	6.14	52
2	8.2	52

S'inspirant de Maystre et Bollinger (1999), on juge qu'un écart de plus de six rangs (en présence de six acteurs) peut être considéré comme significatif d'une préférence. On note alors que les actions 3.7 et 6.5 monopolisent les deux

premières places. Par contre, avec les diagrammes SURMESURE, elles se classent dans la catégorie 1 et sont donc difficilement comparables aux autres. Les autres actions du premier groupe restent aussi très bien classées et proches les unes des autres exceptée, peut être, l'action 7 qui se rapproche du second groupe. Cependant, elle fait quand même partie des « bons seconds », la catégorie 3, si on se réfère à son diagramme SURMESURE. Enfin, les actions du second groupe sont très proches entre elles, il n'y a pas de différence notable. Les différences sont plus marquées avec SURMESURE notamment quant à la stabilité du consensus et le degré d'incomparabilité. La somme des rangs permet seulement d'ajouter de l'information nouvelle lorsque comparée aux classements Electre et aux diagrammes SURMESURE.

III.9.3 Analyse de sensibilité et de robustesse

Après avoir présenté différents outils pour mieux interpréter les différents résultats donnés par la méthode de suclassement Electre III, il est nécessaire d'évoquer les étapes couramment menées à la fin de cette méthode soient, les analyses de sensibilité et de robustesse. L'analyse de sensibilité consiste à faire varier les données implantées dans le logiciel : les performances des actions potentielles, les poids ou les seuils des critères. Le plus souvent, les données remplacées sont les données dont on n'est pas certain. Cette analyse permet de tester si le résultat est particulièrement sensible à des variations d'un ou plusieurs éléments. On sait ainsi que ces éléments conditionnent étroitement la solution et donc qu'il faut leur prêter une attention particulière. De l'autre côté, l'analyse de robustesse consiste à trouver les intervalles de variation des données pour lesquels le résultat est « robuste » c'est à dire, reste stable. Si un résultat résiste à de grandes variations, il peut amener plus facilement au consensus entre les acteurs. Il montre aussi qu'il est moins sensible aux erreurs générées lors de la représentation de la réalité par le modèle Electre (Maystre et al. 1994).

Ces analyses revêtent un caractère relativement important dans le sens où elles donnent la possibilité aux décideurs de faire varier certaines données très influentes sur le résultat et de connaître un intervalle de stabilité du classement.

De façon idéale, lors d'un processus de négociation, ces analyses permettent de repérer des zones de convergence entre les acteurs et ainsi favoriser l'obtention d'un consensus. De manière générale, on procède tout d'abord aux analyses de sensibilité qui permettent ensuite de juger de la robustesse des résultats obtenus. Cependant, comme le mentionnent Maystre et al. (1994), il faut rappeler l'importance du premier résultat donné par le logiciel : « la solution de base est LA SOLUTION ». De plus, il se révèle parfois que les analyses de sensibilité et de robustesse ne sont pas si faciles à mener (Ben Mena 2000), comme c'est le cas dans la présente étude.

D'abord, si l'on décide de faire varier les données du tableau des performances, il sera difficile de justifier les choix effectués. Ces données souffrent en effet déjà de subjectivité et d'un certain manque de connaissance, même si elles ont été fixées rigoureusement et en essayant de limiter cette subjectivité au strict minimum. De plus, vu le nombre d'actions potentielles, la modification d'une seule performance individuelle n'engendre aucun changement au résultat. Il faudrait donc établir un nouveau jeu de performances complet pour vraiment visualiser un changement et conduire une véritable analyse. Ceci demanderait la participation d'experts pour que le nouveau jeu de performances soit justifiable. Il aurait été difficile de procéder ainsi dans le cadre de la présente étude pour des considérations financières et de délais.

Du point de vue des poids des critères, comme l'étude est un processus de négociation, plusieurs jeux de poids ont été insérés et ont permis, comme on l'a dit, de faire ressortir un noyau dur d'actions en tête de classement. C'est certainement la preuve la plus claire de la robustesse des résultats donnés par Electre III. A l'avenir, les acteurs peuvent toujours essayer de modifier leur pondération personnelle pour en connaître l'influence sur le résultat final. Toutefois, il faut remarquer d'une part, que toute modification devra être justifiée à un moment ou à un autre par souci de transparence et, d'autre part, qu'il n'est pas toujours facile de manipuler les résultats, certaines modifications pouvant même mener au résultat inverse. Enfin, concernant la variation des seuils, on a pu

constater en faisant varier les seuils d'indifférence et de préférence un déplacement de l'élargissement des graphiques finaux vers le bas du classement sans pour autant modifier ce dernier de façon majeure (voir Annexe 11). Là encore une certaine robustesse du résultat est mise en valeur.

III.10 Pourquoi les résultats aident à la décision ?

En synthèse de cette partie consacrée à l'application de la méthodologie Electre III au processus du PSDDCM et avant de passer à nos recommandations, il semble intéressant de rappeler dans les grandes lignes en quoi la méthodologie de l'étude ainsi que ses résultats permettent d'aider la décision du Comité Directeur.

Tout d'abord, la recherche révèle qu'Electre III suscite et nécessite un entendement dès le début du processus de décision. Les acteurs s'engagent à s'impliquer tous ensemble dans le respect des différentes étapes qui constituent cette méthodologie. D'autre part, la définition et l'accord commun autour d'une même famille de critères, dans les premiers mois, contribue à aider au processus. Cette base fondamentale de la décision, encore vague dans l'esprit des participants, se révèle alors et permet, par la considération de l'ensemble des points de vue, d'assurer un climat fort au sein du groupe de connaissance et de confiance pour poursuivre sereinement le processus.

Les résultats obtenus lors de l'étude montrent aussi aux décideurs qu'avec des jeux de poids différents, certains points de concordance se dégagent et que la discussion finale peut s'asseoir solidement sur ces degrés de consensus plus ou moins importants. En révélant encore une fois les préférences de chaque décideur, elle fournit au groupe un support visuel et matériel suffisant pour mieux appréhender les conflits d'opinion, camper les convictions communes et ainsi fournir une solide base de discussion.

Avec l'aide parallèle des outils supplémentaires (notamment SURMESURE), la méthodologie Electre III réduit en fait le nombre de projets sur lesquels la négociation entre les participants doit avoir lieu. Elle permet tout d'abord de faire ressortir les actions satisfaisantes du point de vue des performances. Puis, en respectant les préférences respectives de chaque décideur, elle cible les actions

qui vont permettre d'arriver plus facilement à une décision commune. Electre III génère, priorise, guide, soutient. Elle aide la prise de décision.

CHAPITRE IV. RECOMMANDATIONS POUR UNE UTILISATION FUTURE

Ce chapitre s'adresse plus particulièrement à un utilisateur potentiel de la méthodologie, par exemple la Ville de Montréal ou plus spécifiquement le Comité Directeur du PSDDCM. On y présente certaines recommandations fondées sur des constatations découlant de l'étude. Elles sont une synthèse des enseignements tirés de l'étude, des problèmes rencontrés et bien évidemment des leçons apprises de la littérature. Elles devraient permettre une mise en place adéquate et optimisée de la procédure d'analyse multicritère Electre III en support au classement d'actions pour un plan stratégique de développement durable. En effet, ces recommandations pourraient dans les grandes lignes d'une part, accentuer le gain de temps nécessaire à l'élaboration du plan. Et d'autre part, elles pourraient favoriser (encore plus si on compare à la présente étude) une structuration claire du processus afin d'en améliorer à la fois le suivi, l'efficacité et la légitimité. Le cheminement le plus simple et le plus clair est sans doute de présenter ces recommandations suivant les étapes de la méthode. La démarche entreprise par la Ville de Montréal pour l'élaboration du PSDDCM constitue une bonne base pour la mise en place de la méthodologie multicritère. En effet, certaines étapes représentent un tremplin idéal pour introduire l'utilisation d'une méthode formelle dans le processus.

IV.1 Mise en contexte et acteurs

C'est le cas, tout d'abord, de la création du Comité Directeur, avec des décideurs représentatifs des différentes parties concernées par le processus et aux opinions divergentes. La mise sur pied d'un tel comité évite de rejeter les contestataires dans le rôle d'opposants non reconnus et on minimise le risque d'une épreuve de force. Par ailleurs, toujours avec l'exemple du PSDDCM mais cette fois, pour la création d'un Comité des Partenaires, il serait peut être intéressant, dans le cas de l'application d'Electre III, que ce Comité élise un groupe d'acteurs pour le représenter au sein du Comité Directeur. Quant à la

population montréalaise, même si elle ne participait pas directement au processus, son point de vue est pris en compte indirectement par le biais de l'image que les décideurs du Comité Directeur se font de ses valeurs. En particulier, si on prend le soin d'inclure des représentants de la société civile. La population montréalaise est donc considérée comme un « agis » (Maystre et al. 1994).

Une chose est claire, dans le cas de l'application de la méthodologie multicritère, il serait utile de demander aux participants une implication soutenue tant d'un point de vue de la présence aux réunions, que de la consultation des documents et du suivi de la démarche via Internet, par exemple. C'est une condition nécessaire pour assurer la légitimité du résultat et éviter ainsi la remise en cause complète du processus en cours de route et à la toute fin. En contrepartie, le processus, accompagné d'une telle analyse formelle, devrait être limité dans le temps (seulement quelques mois).

La manière de se réunir et de discuter périodiquement autour d'une même table, telle que celle adoptée par le Comité Directeur, constitue aussi une façon idéale de procéder. La mise en place d'un groupe de travail, le Comité Technique, en marge du Comité Directeur peut être aussi conservée. Cependant, la logique suivie par le processus, la préparation des réunions et des documents nécessaires, la supervision des réunions (respect de l'ordre du jour, explications et rappels concernant l'évolution de la démarche, gestion des questions, synthèse des points de vue,...), devrait être assurées par l'homme d'étude. Le Comité Technique ne devrait normalement jouer qu'un rôle de support logistique (humain et matériel). Il pourrait toutefois constituer un premier groupe d'experts aux fins de l'évaluation des actions potentielles.

Lors de l'élaboration du PSDDCM, le rôle de l'homme d'étude était assuré par les représentants de la Ville de Montréal. Une plus grande neutralité serait souhaitée dans l'application de la méthode multicritère pour éviter d'influencer le processus. Il serait donc particulièrement important de bien définir d'entrée de jeu le rôle de chacun des acteurs et en particulier de l'homme d'étude. La personne

retenue pour assurer ce rôle devrait être la plus neutre possible vis-à-vis des objectifs et intérêts de la problématique. Elle devrait aussi faire consensus pour tous les acteurs de la démarche entreprise. Il semblerait indispensable que l'homme d'étude soit un expert du domaine multicritère afin d'optimiser les chances de réussite de la méthode. Il existe encore peu de cabinets de conseil en aide multicritère à la décision (comme par exemple le « Bureau d'aide à la décision Pictet & Bollinger » en Belgique). Certains chercheurs d'universités canadiennes pourraient cependant remplir ce rôle (à condition comme on vient de le mentionner d'être accepté de tous). Pour augmenter encore plus la transparence du processus, toutes les décisions devraient être prises lors des réunions du Comité Directeur ou via des courriels. Enfin, comme dans la figure 2.2, c'est l'homme d'étude qui devrait proposer un groupe final d'actions potentielles après synthèse des points de vue individuels. Les décideurs se prononceraient alors sur ce groupe et donneraient ou non leur accord pour continuer le processus.

IV.2 Les actions potentielles

La présente étude s'est fondée sur les actions répertoriées tout au long de la démarche du PSDDCM grâce notamment au Diagnostic environnemental de l'Île de Montréal (Ville de Montréal 2004) mais aussi au questionnaire envoyé aux partenaires (Ville de Montréal et al. 2003). Cette démarche serait parfaitement appropriée et justifiable pour une utilisation en analyse multicritère à condition que le Comité Directeur désigné accepte de se pencher sur chacune des actions formulées. Chaque action devrait être jugée comme répondant aux objectifs de la démarche par au moins un des acteurs du Comité Directeur. Une fois encore, pour des raisons de transparence et de cohérence dans la démarche, toutes les actions écartées devraient être justifiées une à une aux décideurs. Ainsi, pour épargner du temps et éviter dès le départ un mécontentement des acteurs, il serait peut être préférable, pour une utilisation future, de cibler encore mieux les objectifs de la démarche et ainsi réduire le groupe d'actions de départ. Cela simplifierait en plus l'ensemble du processus, en particulier l'interprétation et l'analyse des classements finaux. Il faudrait en fait arriver à un juste équilibre : ne pas vouloir à

tout prix insérer certaines actions « moins justifiables » risquant d'alourdir les graphiques et fausser les résultats, sans pour autant trop réduire le nombre d'actions afin de satisfaire tous les décideurs.

En fonction des disponibilités de chacun, le Comité Directeur pourrait se diviser en groupes de travail afin d'effectuer ce travail de synthèse et de discussion sur les actions potentielles à prendre en compte. Les conclusions seraient ensuite discutées lors des réunions groupées. Cette approche permettrait en plus d'augmenter la participation et donc l'implication des décideurs. Pour finir sur l'élaboration des actions, il est bon de rappeler que cette étape devrait être réalisée en gardant en tête la définition des critères. Ces derniers permettent souvent d'améliorer la formulation de certaines actions et vice-versa.

IV.3 Les critères

Pour des raisons principalement de temps et de disponibilité des partenaires, un questionnaire et des rencontres individuelles ont été utilisées lors de la présente étude. Cependant, dans la majeure partie des cas d'application de la méthode Electre III, au même titre que toutes les données à rentrer dans le logiciel, exceptées peut-être les performances (et encore...), les critères et leurs échelles sont normalement issus d'une discussion de groupe. Cette étape est certainement la plus exigeante du point de vue de l'implication des partenaires car elle conditionne très fortement la suite de la procédure. On peut aussi rappeler que l'homme d'étude, à partir de son expérience de projets similaires, pourrait aider les décideurs à formuler les critères en leur proposant objectivement en début de réunion certains critères ayant déjà été utilisés, par exemple, dans des cas analogues. L'idée du questionnaire peut être conservée. En effet, il permet de connaître rapidement l'avis de chaque décideur et ainsi de gagner du temps. Les résultats pourraient ensuite alimenter une première base de discussion lors des réunions de groupe. Il est bon de rappeler que la famille finale des critères doit être exhaustive, cohérente, non redondante et si possible pas trop grande (penser à désagréger certains critères en sous-critères). Enfin, inversement à ce qu'on a mentionné au chapitre précédent (IV.2), l'élaboration des actions potentielles

permet souvent de faciliter et d'améliorer la détermination des critères. Les deux étapes forment un cycle tant que les deux familles, d'actions et de critères, ne sont pas acceptées de tous les décideurs pour continuer le processus.

IV.4 Les poids

La méthode du jeu de cartes a été utilisée dans de nombreux cas d'application de la méthode Electre III. Elle est très bien adaptée à un contexte multiacteurs où plusieurs jeux de poids doivent être élaborés. Elle permet de faciliter leur élaboration, compte tenu du nombre « relativement important » de critères. Enfin elle est très facile de compréhension pour l'ensemble des participants. Il faut souligner cependant que cette méthode n'est pas une fin en soi. Si certains décideurs préfèrent affecter directement un poids aux différents critères, cela est parfaitement possible et on ne doit en aucun cas les en empêcher. Ils peuvent par la suite toujours utiliser la méthode du jeu de cartes par curiosité ou pour vérifier si les deux résultats possèdent des similitudes. Il serait cependant recommandé d'encourager les décideurs à utiliser la méthode du jeu de cartes pour aider le processus d'attribution des poids.

IV.5 Les performances

Il s'agit sans aucun doute l'étape de l'étude qui nécessiterait les plus importantes améliorations si l'on souhaite une utilisation optimisée de la procédure Electre III pour les mises à jour du PSDDCM. A l'avenir, les évaluations des actions devraient être confiées à des experts, reconnus pour leurs compétences dans l'ensemble des domaines du PSDDCM. Plusieurs groupes d'experts pourraient être désignés dans une optique de comparaison des différents tableaux de performances. La marge d'erreur serait ainsi limitée et les différentes valeurs permettraient par la suite d'alimenter les analyses de sensibilité et de robustesse. Comme déjà mentionné dans la figure 2.2, Bots et Hulshof (2000) affirment que les performances ne devraient pas être introduites directement dans le logiciel sur le seul avis des experts. Le tableau de performances devrait recevoir le consentement du Comité Directeur pour en accroître à la fois la crédibilité et la

légitimité. Les décideurs pourraient ainsi poser des questions et demander quelques précisions aux experts afin de mieux comprendre l'évaluation d'une ou plusieurs actions. Ils pourraient aussi être amenés à formuler des commentaires voire des corrections en cas de désaccord.

IV.6 La procédure d'agrégation

Si peu de recommandations touchent cette étape, deux remarques toutefois méritent d'être mentionnées. Premièrement, le Comité Directeur devrait se pencher sur le caractère compensatoire de certains sous-critères s'il décide d'utiliser la somme pondérée comme outil d'« agrégation sectorielle ». La somme pondérée est très commode mais conduit à des abus si l'on ne procède pas en connaissance de cause. Deuxièmement, la définition des différents seuils n'est pas une tâche facile (Salminen et al. 1998). Les décideurs devraient y prêter une attention particulière même si ce sont les dernières données à fournir au logiciel. Dans la présente étude, cette relative difficulté n'explique pas la non définition des seuils de veto lors de l'étude. Même s'ils avaient permis de réduire encore plus la compensation des critères, leur introduction aurait trahi le cheminement de pensée des décideurs. En effet, comme on l'a déjà dit, fixer un seuil de veto sur un critère c'est implicitement lui donner plus d'influence sur les surclassements et donc une certaine importance supplémentaire. Sans avoir consulté les décideurs à ce sujet, il n'était pas justifié de fixer des seuils de veto dans la présente étude.

D'autre part, dans les cas où les décideurs n'arriveraient pas à se mettre d'accord sur des valeurs communes, chacun pourrait déterminer son propre jeu de seuils. Les classements individuels se caractériseraient alors par des jeux différents de poids et de seuils entre tous les décideurs. Electre III n'est en aucun cas une procédure « figée ». C'est à l'homme d'étude que doit revenir l'exposition et l'explication de ces différentes variantes. Son rôle est de guider les décideurs à s'approprier complètement la démarche et ainsi assurer son succès.

Enfin, pour en revenir au cadre de la présente étude, il est clair que l'on n'a pas utilisé tout le potentiel d'Electre III notamment avec un seuil d'indifférence nul pour l'ensemble des critères. En fait, les valeurs des performances sont précises et les calculs assez simples (notamment somme pondérée voire addition lors de l'« agrégation sectorielle »). Il n'est donc pas nécessaire de considérer une zone d'incertitude, seulement une marge d'erreur. Pour les prochaines versions du PSDDCM, cette possibilité de pouvoir définir une marge d'incertitude pourrait se révéler utile si un critère nécessite des calculs plus poussés et précis.

IV.7 Résultats et analyses

Avec un noyau dur d'actions qui ressort des différents classements individuels et de leurs analyses, Electre III permet de construire une base solide de discussion pour les décideurs. Il convient toutefois de répéter que le résultat n'est pas la seule et unique solution. Electre III donnera l'image de l'ensemble de la procédure entreprise par le Comité Directeur depuis le choix des objectifs aux choix des seuils. Les règles du jeu ayant toutefois étaient admises en début de processus par l'ensemble des décideurs, il faut dès lors accepter les classements donnés par Electre III et essayer d'en tirer des priorités d'actions acceptées de tous. L'outil SURMESURE peut alors se montrer un outil très utile dans le sens où il permet de comparer les résultats individuels et de mesurer leur degré de consensus sur chaque action. Il pourrait arriver (on ne doit pas le cacher) que la méthode Electre III ne permette pas de relever un noyau dur d'actions potentielles en tête de classement. Elle permet toutefois d'éclaircir le point de vue des décideurs. D'autre part, certaines actions se situant toujours en queue de classement, il est toujours possible de recommencer la procédure en réduisant le nombre d'actions. Electre III a alors agit en tant que réducteur de complexité face au vaste choix d'actions potentielles.

Concernant les analyses de sensibilité et de robustesse, dans le cas du PSDDCM, on rappelle qu'il serait adéquat de pouvoir compter sur plusieurs tableaux de performances provenant de plusieurs groupes d'experts. Le très grand

nombre d'actions rend encore une fois une telle démarche nécessaire. Les résultats de ces différentes analyses pourraient alors augmenter les paires de coordonnées pour le diagramme SURMESURE. Si c'est le cas, un nuage de points très compact donnerait une information supplémentaire au fort degré de consensus des acteurs : la très forte robustesse du classement de l'action correspondante. En outre, comme mentionné dans certaines études de cas, les décideurs pourraient parfois se trouver intéressés à mener des tests de pondération avec des poids beaucoup plus grands pour certains secteurs. Dans le cas du PSDDCM, il pourrait s'agir à l'avenir d'augmenter volontairement les poids des critères environnementaux respectivement économiques ou sociaux.

CHAPITRE V. CONCLUSION

Conformément aux objectifs et hypothèses de départ, la présente étude a permis de montrer que la méthode d'aide à la décision multicritère Electre III serait un outil parfaitement adapté pour aider le Comité Directeur du PSDDCM à élaborer un consensus et ainsi lui faciliter la priorisation des projets. En effet, l'adaptation de la méthodologie Electre III au PSDDCM (méthodologie éprouvée, efficace, systématique et transparente) a permis premièrement d'évaluer et classer les différentes actions potentielles. Deuxièmement, en réussissant à modéliser les préférences des membres du Comité Directeur, des priorités d'actions communes ont pu être formulées en fonction du consensus des classements individuels. Ces priorités d'actions recoupent en partie celles du PSDDCM rendues public.

En synthèse, l'utilisation d'Electre III améliore plusieurs aspects fondamentaux de l'élaboration du PSDDCM.

- Tout d'abord, la méthodologie permet de réaliser une grande économie de temps et donc, par la même occasion, d'argent. Si on compare aux deux années qu'a nécessité l'élaboration du PSDDCM (première version seulement ciblée sur la sphère environnementale), Electre III, grâce à sa rigueur de procédure, pourrait ne nécessiter que quelques mois. Cependant, ceci ne se vérifie que si on insère réellement l'ensemble de la méthode dans le processus de décision, c'est-à-dire si l'on en accepte les règles et on les suit consciencieusement.
- La méthodologie assure aussi un maximum de transparence du processus décisionnel. La notion de développement durable incite les politiciens à rendre possible un suivi et une vérification du processus de décision, les décisions ne pouvant plus seulement être justifiées et motivées verbalement. Electre III faciliterait ces étapes.
- Enfin, dans un cadre multiacteurs, avec des opinions divergentes, la procédure multicritère Electre III est un véritable « outil de communication » permettant de guider et de faire avancer la négociation vers des solutions collectivement acceptées.

Ainsi, même si l'étude présente quelques faiblesses, en particulier concernant la précision de l'évaluation des actions potentielles, ces problèmes restent particuliers à l'étude. Les recommandations énoncées permettraient d'y remédier. Electre III pourrait donc s'affirmer comme un support efficace et envisageable pour les futures versions du PSDDCM. Finalement, l'étude confirme l'effervescence grandissante qui lie de plus en plus les domaines de l'analyse multicritère, de la gestion de l'environnement et de la planification du développement durable.

RÉFÉRENCES

AL-SHEMMERI, T., AL-KLOUB, B., PEARMAN, A. 1997. "Model choice in multicriteria decision aid". *European Journal of Operational Research*. 97 : 3. 550-560.

AMORIM, N. 2000. *Aide à la concertation et à la décision dans le cadre des processus de décision publique complexe*. Thèse de doctorat, Université Paris Dauphine, LAMSADE.

ANANDALINGAM, G. 1987. "A multiple criteria decision analytic approach for evaluating acid rain policy choices". *European Journal of Operational Research*. 29 : 3. 336-352.

ANANDALINGAM, G., OLSSON, C.E. 1989. "A multi-stage multi-attribute decision model for project selection". *European Journal of Operational Research*. 43 : 3. 271-283.

ANDRÉ, P., DELISLE, C.E., RÉVERET, J.-P., SÈNE, A. 1999. *L'évaluation des impacts sur l'environnement : processus, acteurs et pratique*. Montréal, Canada : Presses internationales Polytechnique. 416p.

BARDA, O.H., DUPUIS, J., LENCIONI, P. 1990. "Multicriteria location of thermal power plants". *European Journal of Operational Research*. 45 : 2-3. 332-346.

BECCALI, M., CELLURA, M., MISTRETTA, M. 2003. "Decision-making in energy planning. Application of the Electre method at regional level for the diffusion of renewable energy technology". *Renewable Energy*. 28 : 13. 2063-2087.

BEINAT, E. 1997. *Value functions for environmental management*. Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers. 241p.

BEINAT, E. 2001. "Multi-criteria analysis for environmental management". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 10 : 2. 51.

BEINAT, E., NIJKAMP, P. 1998. *Multicriteria analysis for land-use management*. Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers. 372p.

BELTON, V., PICTET, J. 1997. "A framework for group decision using a MCDA model: sharing, aggregating or comparing individual information". *Journal of Decision Systems*. 6 : 3. 283-303.

BEN MENA, S. 2000. "Introduction aux méthodes multicritères d'aide à la décision". *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 4 : 2. 83-93.

BEROGGI, G.E.G. 2000. "An experimental investigation of preference elicitation methods in policy decision-making". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 9 : 1-3. 76-89.

BOTS, P.W.G., HULSHOF, J.A.M. 2000. "Designing multi-criteria decision analysis processes for priority setting in health policy". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 9 : 1-3. 56-75.

BOUYSSOU, D. 1990. "Building Criteria: a Prerequisite for MCDA". *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*. Sous la direction de C.A. BANA E COSTA. Berlin, New York: Springer-Verlag. P. 58-80.

BRIGGS, Th., KUNSCH, P.L., MARESCHAL, B. 1990. "Nuclear waste management: An application of the multicriteria PROMETHEE methods". *European Journal of Operational Research*. 44:1. 1-10.

BRUNDTLAND, G.H. 1988. *Notre avenir à tous*. Montréal : Éditions du Fleuve ; [Québec] : Ministère des Communications : Ministère de l'Environnement. 454p.

BRUNNER, N., STARKL, M. 2004. "Decision aid systems for evaluating sustainability: a critical survey". *Environmental Impact Assessment Review*. 24 : 4. 441-469.

CAILLET, R. 2003. *Analyse multicritère : étude et comparaison des méthodes existantes en vue d'une application en analyse de cycle de vie*. [En ligne]. Montréal : Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO). 51p. 2003s-53.

<http://www.polymtl.ca/ciraig/Analyse%20multicrit%20re%20en%20ACV.pdf>

(Page consultée le 25 août 2005)

CHECHILE, R.A., CARLISLE, S. 1991. *Environmental decision making, A multidisciplinary perspective*. New York : Van Nostrand Reinhold. 296p.

CHURCHILL, C.J., BAETZ, B.W. 1999. "Development of decision support system for sustainable community design". *Journal of Urban Planning and Development*. 125 : 1. 17-35.

CONSEIL RÉGIONAL DE DÉVELOPPEMENT DE L' ÎLE DE MONTRÉAL (CRDÎM). 2000. *Diagnostic environnemental de l'île de Montréal*. [En ligne]. 79p.

<http://www.crdim.org/Publications/DIAGNOSTICENVIRONNMTL.pdf>

(Page consultée le 20 août 2005)

CONSEIL RÉGIONAL DE DÉVELOPPEMENT DE L' ÎLE DE MONTRÉAL (CRDÎM). 2002. *Etat de la situation en environnement, orientations et interventions proposées*. [En ligne]. 235p. <http://www.crdim.org/Publications/PlanEnvironnement1.pdf> et <http://www.crdim.org/Publications/PlanEnvironnement2.pdf> (Page consultée le 20 août 2005)

DAMART, S., MOUSSEAU, V., SOMMERLATT, I. 2002. "Du mode d'implication d'acteurs multiples dans le cadre de l'utilisation d'un modèle d'affectation multicritère : analyse au regard d'une application à la tarification des transports publics". *Information Systems and Operational Research*. 40 : 3. 199-222.

FIGUEIRA, J., ROY, B. 2002. "Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos procedure". *European Journal of Operational Research*. 139 : 2. 317-326.

FLEURY, E. 2004. *Une méthode multicritère d'aide à l'évaluation d'un projet d'exploitation gazière et pétrolière dans le Golfe du Saint-Laurent*. Montréal: Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO). 37p.

FOURNIER, P. 1989. *Approche multicritère en évaluation des réseaux de transport*. 178p. Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal.

FROGER, G., MUNDA, G. 1998. "Methodology for Environmental Decision Support". *Valuation for Sustainable Development: Methods and Policy Indicators*. Sous la direction de S. FAUCHEUX, M. O'CONNOR. Cheltenham, Northampton: Edward Elgar. P. 167-186.

GARBELY, M., GENOUD, S. 2002. "Comparaison de différentes méthodes de classement de pays dans le cadre du développement durable". *Congrès annuel de la Société Suisse d'Économie et de Statistiques "L'état actuel de la recherche économique en Suisse" : 31 mai - 1^{er} juin 2002, Neuchâtel, Suisse*. Genève : Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie (CUEPE), Université de Genève. 19p.

GUI TOUNI, A., MARTEL, J.-M. 1998. "Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method". *European Journal of Operational Research*. 109 : 2. 501-521.

HOKKANEN, J. 1997. *Aiding public environmental decision-making by multicriteria analysis*. Jyväskylä, Finland : Universität Jyväskylä, Mathematisches Institut. 49p.

HOKKANEN, J., SALMINEN, P. 1994. "The Choice of a Solid Waste Management System by Using the ELECTRE III Decision-Aid Method". *Applying Multiple Criteria Aid for Decision to Environmental Management*. Sous la direction de M. PARUCCINI. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers. P.115-155.

HOKKANEN, J., SALMINEN, P. 1997. "ELECTRE III and IV decision aids in an environmental problem". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 6 : 4. 215-226.

HOKKANEN, J., SALMINEN, P., ROSSI, E., ETTALA, M. 1995. "The choice of a solid waste management system using the Electre II decision-aid method". *Waste Management & Research*. 13 : 2. 175-193.

JANSSEN, R. 2001. "On the use of multi-criteria analysis in environmental impact assessment in The Netherlands". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 10 : 2. 101-109.

JANSSEN, R., MUNDA, G. 1999. "Multi-criteria Methods for Quantitative, Qualitative and Fuzzy Evaluation Problems". *Handbook of Environmental and Resource Economics*. Sous la direction de J.C.J.M. VAN DEN BERGH. Cheltenham, Northampton: Edward Elgar. P. 837-852.

LAHDELMA, R., SALMINEN, P., HOKKANEN, J. 2000. "Using multicriteria methods in environmental planning and management". *Environmental Management*. 26 : 6. 595-605.

LEITMANN, J. 1999. *Sustaining cities : environmental planning and management in urban design*. Montréal, Canada : McGraw-Hill. 412p.

LEVY, J.K., HIPEL, K.W., KILGOUR, D.M. 1998. "Systems for sustainable development: Challenges and opportunities". *Systems Engineering*. 1 : 1. 31-43.

LOOTSMA, F.A., SCHUIJT, H. 1997. "The multiplicative AHP, SMART and ELECTRE in a common context". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 6 : 4. 185-196.

MARTEL, J.M. 1999. "L'aide multicritère à la décision : méthodes et applications". *Bulletin de la Société Canadienne de Recherche Opérationnelle*. 33 : 1. 6-16.

MAYSTRE, L.Y. 1997. "Une démarche pour négocier les décisions relatives à l'aménagement des territoires et à la gestion de l'environnement". *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 1 : 4. 248-256.

MAYSTRE, L.Y., BOLLINGER, D. 1999. *Aide à la négociation multicritère : pratique et conseils*. Lausanne, Suisse : Presses polytechniques et universitaires romandes. 192p.

MAYSTRE, L.Y., PICTET, J., SIMOS, J. 1994. *Méthodes multicritères ELECTRE : description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale*. Lausanne, Suisse : Presses polytechniques et universitaires romandes. 323p.

MERKHOFFER, M.W., KEENEY, R.L. 1987. "A multiattribute utility analysis of alternative sites for the disposal of nuclear waste". *Risk Analysis*. 7 : 2. 173-194.

MILLER, G.A. 1956. "The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information". *Psychological Review*. [En ligne]. 63 : 81-97. <http://psychclassics.yorku.ca/Miller/> (Page consultée le 20 août 2005)

MLADINEO, N., LOZIC, I., STOSIC, S., MLINARIC, D., RADICA, T. 1992a. "An evaluation of multicriteria analysis for DSS in public policy decision". *European Journal of Operational Research*. 61:1-2. 219-229.

MLADINEO, N., STOSIC, P., TOMIC, T., BARIC, A. 1992b. "The application of multicriteria analysis for estimating pollution in urban and coastal zones". *Revue des systèmes de décision*. 1 : 4. 401-419.

MONNIKHOF, R.A.H., BOTS, P.W.G. 2000. "On the application of MCDA in interactive spatial planning processes: lessons learnt from two stories from the swamp". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 9 : 1-3. 28-44.

NATIONS UNIES. 2004. Action 21-Chapitre 28. Dans *Site des Nations Unies*. [En ligne]. <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/french/action28.htm> (Page consultée le 13 juillet 2005)

OMANN, I. 2004. *Multi-criteria decision aid as an approach for sustainable development analysis and implementation*. 296p. Thèse de doctorat, Karl-Franzens Universität Graz.

PICTET, J., MAYSTRE, L.Y., SIMOS, J. 1994. "SURMESURE: an Instrument for Representation and Interpretation of ELECTRE and PROMETHEE Methods Results". *Applying Multiple Criteria Aid for Decision to Environmental Management*. Sous la direction de M. PARUCCINI. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. P. 291-304.

PICTET, J. 1995. *Méthodologie multicritère d'aide à la négociation environnementale : application à l'étude d'impact sur l'environnement, à l'écobilan, à l'éco-audit et au bilan environnemental régional*. 266p. Thèse de doctorat, École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

PICTET, J. 1996. *Dépasser l'évaluation environnementale : procédure d'étude et insertion dans la décision globale*. Lausanne, Suisse : Presses polytechniques et universitaires romandes. 187p.

POMEROL, J.-C., BARBA-ROMERO, S. 2000. *Multicriterion decision in management : principles and practice*. Boston: Kluwer Academic Publishers. 395p.

QUADDUS, M.A., SIDDIQUE, M.A.B. 2001. "Modelling sustainable development planning: A multicriteria decision conferencing approach". *Environment International*. 27 : 2-3. 89-95.

RISSE, N. 2005. *RE: aide à la décision et développement durable*. [Courriel électronique à Julien GAUTIER]. (Courriel reçu le 8 février 2005).

ROTMANS, J., VAN ASSELT, M.B.A. 2000. "Towards an integrated approach for sustainable city planning". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 9 : 1-3. 110-124.

ROUSSEAU, A., MARTEL, J.M. 1994. "Environmental Assessment of an Electric Transmission Line Project: a MCDA Method". *Applying Multiple Criteria Aid for Decision to Environmental Management*. Sous la direction de M. PARUCCINI. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. P. 163-185.

ROY, B. 1975. "Vers une méthodologie générale d'aide à la décision". *Metra*. 14 : 3. 459-497.

ROY, B. 1985. *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*. Paris : Economica. 423p.

ROY, B. 1999. "Decision-aiding Today: What Should We Expect?". *Multicriteria Decision Making: Advances in MCDM Models, Algorithms, Theory, and Applications*. Sous la direction de T. GAL, T.J. STEWART, T. HANNE. Boston: Kluwer Academic Publishers . P. 1-35.

ROY, B., BOUYSSOU, D. 1993. *Aide multicritère à la décision : méthodes et cas*. Paris : Economica. 695p.

ROY, B., SLOWINSKI, R., TREICHEL, W. 1992. "Multicriteria programming of water supply systems for rural areas". *Water Resources Bulletin*. 28 : 1. 13-31.

ROY, B., VANDERPOOTEN, D. 1996. "The European school of MCDA: Emergence, basic features and current works". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 5 : 1. 22-38.

ROY, B., VINCKE, P. 1981. "Multicriteria analysis: survey and new directions". *European Journal of Operational Research*. 8 : 3. 207-218.

ROY, B., VINCKE, P. 1984. "Relational systems of preference with one or more pseudo-criteria: some new concepts and results". *Management Science*. 30 : 11. 1323-1335.

SALMINEN, P., HOKKANEN, J., LAHDELMA, R. 1998. "Comparing multicriteria methods in the context of environmental problems". *European Journal of Operational Research*. 104 : 3. 485-496.

SCHÄRLIG, A. 1985. *Décider sur plusieurs critères : panorama de l'aide à la décision multicritère*. Lausanne, Suisse : Presses polytechniques et universitaires romandes. 304p.

SCHÄRLIG, A. 1996. *Pratiquer Electre et Prométhée : un complément à décider sur plusieurs critères*. Lausanne, Suisse : Presses polytechniques et universitaires romandes. 173p.

SIMON, U., BRÜGGEMANN, R., PUDENZ, S. 2004. "Aspects of decision support in water management-example Berlin and Potsdam (Germany) I-spatially differentiated evaluation". *Water Research*. 38 : 7. 1809-1816.

SIMOS, J. 1990. *Évaluer l'impact sur l'environnement*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes. 261p.

SISKOS, J., ASSIMAKOPOULOS, N. 1989. "Multicriteria highway planning: A case study". *Mathematical and Computer Modelling*. 12 : 10-11. 1401-1410.

STAM, A., KUULA, M., CESAR, H. 1992. "Transboundary air pollution in Europe: An interactive multicriteria tradeoff analysis". *European Journal of Operational Research*. 56 : 2. 263-277.

STEUER, R.E., GARDINER, L.R., GRAY, J. 1996. "A bibliographic survey of the activities and international nature of multiple criteria decision making". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 5 : 3. 195-217.

TENG, J.-Y., TZENG, G.-H. 1994. "Multicriteria Evaluation for Strategies of Improving and Controlling Air Quality in the Super City: a Case Study of Taipei City". *Journal of Environmental Management*. 40 : 3. 213-229.

VILLE DE MONTRÉAL. 2004. *Diagnostic environnemental de l'île de Montréal*. [En ligne]. 95p. http://www2.ville.montreal.qc.ca/cmsprod/fr/developpement_durable/media/report/diagnosticenvironnemental.pdf (Page consultée le 17 juillet 2005)

VILLE DE MONTRÉAL. 2005. Le plan stratégique de développement durable de Montréal - Comités. Dans *Site Ville de Montréal*. [En ligne]. http://www2.ville.montreal.qc.ca/cmsprod/fr/developpement_durable/plan_strategique/comites/comites (Page consultée le 17 juillet 2005)

VILLE DE MONTRÉAL, CRÉ, CRDÎM. 2003. *Plan Stratégique de Développement Durable de la Collectivité Montréalaise - Points de repère et cadre de référence*. 16p. Rapport non publié.

VINCKE, P. 1989. *L'aide multicritère à la décision*. Paris : Éditions Ellipses. 179p.

WAAUB, J.P. 2005. *RE: Agrégation non compensatoire*. [Courriel électronique à Julien GAUTIER]. (Courriel reçu le 3 février 2005).

WALKER, W.E. 2000. "Policy analysis: a systematic approach to supporting policymaking in the public sector". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 9 : 1-3. 11-27.

ZIELNIEWICZ, P. 1994. *Electre III-IV*. Version 3.x. [Logiciel]. Paris : LAMSADE.
Fichier Informatique (340 Ko).

ANNEXES

**Un cédérom accompagne ce
mémoire de maîtrise.**

**Toute personne intéressée à se le
procurer doit contacter :**

**An accompanying CD-ROM is
included with the original thesis.**

**To obtain a copy of the CD-ROM,
please contact :**

École Polytechnique de Montréal

Service du prêt entre bibliothèques

B.P. 6079, Succursale Centre-Ville

Montréal, Québec H3C 3A7

Canada

Tél. : (514) 340-4846

Télééc./Fax : (514) 340-4026