



Université du Québec
à Rimouski

**Proposition d'un système d'aide à la décision pour la
constitution d'un portefeuille de projets**

Un exemple d'application au CISSS du Bas-Saint-Laurent

Mémoire présenté

dans le cadre du programme de maîtrise en gestion de projet

en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences

PAR

© JÉRÔME LAMARRE

Mars 2019

Composition du jury :

Didier Urli, président du jury, Université du Québec à Rimouski

Bruno Urli, directeur de recherche, Université du Québec à Rimouski

Anissa Frini, professeur, membre, Université du Québec à Rimouski

Daniel Leroy, Professeur Des Universités, Université de Tours, France

Dépôt initial le 18 décembre 2018

Dépôt final le 19 mars 2019

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI

Service de la bibliothèque

Avertissement

La diffusion de ce mémoire ou de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire « Autorisation de reproduire et de diffuser un rapport, un mémoire ou une thèse ». En signant ce formulaire, l'auteur concède à l'Université du Québec à Rimouski une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de son travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, l'auteur autorise l'Université du Québec à Rimouski à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de son travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits moraux ni à ses droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, l'auteur conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont il possède un exemplaire.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur de recherche, monsieur Bruno Urli, pour la qualité des conseils qu'il m'a prodigués, pour sa disponibilité, son soutien et pour son implication tout au long de ce projet.

Je tiens aussi à remercier ma famille et mes proches qui ont participé à la réussite de ce travail par leurs encouragements et leur soutien constant.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la collecte d'informations et qui m'ont fourni les outils nécessaires me permettant d'approfondir mes réflexions.

RÉSUMÉ

Les organisations innovantes utilisent de plus en plus une approche par portefeuille de projets pour développer des produits et des services à haute valeur ajoutée pour leurs clients et ainsi opérationnaliser leurs orientations stratégiques. En utilisant cette approche, elles s'assurent que l'expertise et les ressources disponibles sont dédiées aux meilleurs projets, ce qui augmente leurs chances de voir leurs objectifs se concrétiser.

Un portefeuille de projet est défini comme étant un ensemble de projets, souvent dépendants les uns des autres et en concurrence par, les produits consommés ou fournis, les ressources mobilisées, les technologies ou les savoir-faire utilisés. La gestion d'un portefeuille de projets est un processus de prise de décision dynamique à l'intérieur duquel une organisation définit une liste de projets qui sont constamment révisés et mis à jour. Les nouveaux projets (où projets candidats) sont ainsi évalués, sélectionnés et priorisés, tandis que les projets déjà en cours (où projets actifs) peuvent être accélérés, arrêtés ou repriorisés. La gestion de portefeuille est caractérisée par l'incertitude, l'information changeante, l'émergence d'opportunité, une stratégie ayant des objectifs multiples, l'interaction entre les projets et plusieurs occasions pour la prise de décision.

Les décideurs utilisent ce processus décisionnel pour sélectionner, à partir de plusieurs idées ou projets candidats, la meilleure combinaison de projets qui répond, à un moment précis, aux orientations stratégiques, et ce, en tenant compte des diverses contraintes internes, tant d'un point de vue des ressources financières, techniques, informationnelles que de la capacité des ressources humaines à entreprendre ces projets.

Le secteur de la santé et des services sociaux n'échappe pas aux défis relatifs à la sélection des projets et de l'allocation des ressources pour construire un portefeuille de projets. C'est pourquoi dans cette recherche nous proposons une méthodologie structurée et axée sur les mêmes caractéristiques qui composent l'environnement dans lequel œuvrent ces établissements, et ce, dans un objectif d'accroissement de la performance. En d'autres termes, après avoir construit un programme multi objectif, non linéaire, en nombre entier reflétant l'ensemble de la problématique, nous avons formalisé un processus de sélection de portefeuille selon les étapes que voici.

Tout d'abord, nous effectuons une présélection des projets individuels avec la méthode de surclassement multicritère ELECTRE-TRI en utilisant des critères spécifiques aux projets. Ensuite, nous constituons tous les portefeuilles faisables et non dominés à l'aide d'un algorithme génétique et de la métaheuristique MIDACO, tout en s'assurant de respecter les contraintes de capacité organisationnelle et de coûts, exprimés respectivement en jours nécessaires pour réaliser le projet et en unité monétaire. Finalement, nous sélectionnons le portefeuille de meilleur compromis en ayant recours à la méthode de surclassement multicritère de rangement PROMETHEE en utilisant des critères adaptés aux portefeuilles de projets que sont la performance (DEA), la centralité et le risque. La réalisation de ces étapes s'effectue par le biais d'une illustration didactique avec des projets réels qui ont cours au CISSS du Bas-Saint-Laurent.

Mots clés : gestion de projet, sélection de portefeuille de projets, multicritère, interaction, santé et services sociaux, ELECTRE-TRI, MIDACO, PROMETHEE, DEA, Centralité

ABSTRACT

Innovative organizations must use the project portfolio approach to develop high value-added products and services for their clients and thus operationalize their strategic directions. By using this approach, they ensure that the expertise and resources available are dedicated to the best projects, which increases their chances of seeing their goals materialize.

A project portfolio is defined as a set of competing projects often dependent on each other by, the products consumed or provided, the resources mobilized, the technologies or the know-how used. While managing a portfolio of projects is a dynamic decision-making process within which an organization sets a list of projects that are constantly being revised and updated. New projects (or candidate projects) are evaluated, selected and prioritized, while projects already in progress (or active projects) can be accelerated, stopped or re-prioritized. Portfolio management is characterized by uncertainty, changing information, the emergence of opportunity, a strategy with multiple objectives, interaction between projects and several opportunities for decision-making.

Decision-makers use this decision-making process to select, from multiple ideas or candidate projects, the best combination of projects that responds at a specific point in time to strategic directions, considering the various internal constraints, both in terms of financial, technical, and informational resources than the capacity of human resources to undertake these projects.

The health and social services sector are not immune to the challenges of selecting projects and allocating resources to build a portfolio. Therefore, in this research, we propose a structured methodology based on the same characteristics that make up the environment in which these institutions operate, with the aim of increasing performance. In other words, after having built a multi-objective, non-linear, integer program reflecting all the issues, we have formalized a portfolio selection process according to the following steps.

First, we pre-screen individual projects using the ELECTRE-TRI multicriteria outranking method using project-specific criteria. Then, we made all portfolios feasible and not dominated using a genetic algorithm and metaheuristic MIDACO, while ensuring to respect the constraints of organizational capacity and costs, expressed respectively in days necessary to realize the project and in monetary unit. Finally, we select the best compromise portfolio using PROMETHEE's multi-criteria outranking method using criteria tailored to the project portfolios of performance (DEA), core index and risk. The realization of these steps is explained in a didactic illustration with real projects that are running at the CISSS Bas-Saint-Laurent.

Key words: project management, project portfolio selection, multicriteria, interaction, health and social services, ELECTRE-TRI, MIDACO, PROMETHEE, DEA, core index

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	vii
RÉSUMÉ	ix
ABSTRACT.....	xi
LISTE DES TABLEAUX.....	xvi
LISTE DES FIGURES	xviii
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES	xx
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
CHAPITRE 1 : La gestion et la sélection des portefeuilles de projets	4
1.1 Le portefeuille de projet	4
1.2 Le réseau de la santé et des services sociaux	5
1.2.1 L'évaluation de la performance du système public de santé et services sociaux ...	6
1.3 La gestion du portefeuille de projets	9
1.3.1 L'émergence de la gestion par portefeuille de projets.....	9
1.3.2 Les objectifs de la gestion de portefeuille de projets.....	12
1.3.3 Le modèle de gestion du portefeuille de projets d'Archer et Ghasemzadeh	14
1.4 Sélection des projets et éléments à considérer dans la constitution du portefeuille....	15
1.4.1 La sélection des projets individuels.....	15
1.4.2 L'évaluation multicritère	17
1.4.3 Les interactions entre projets	18
1.4.4 Incertitude.....	20
1.4.5 Le pilotage du portefeuille de projets ou son évolution temporelle	20
1.4.5.1 L'approche « Stage Gate ».....	21
1.5 Revue de littérature	23
1.5.1 Typologie des problèmes de sélection de portefeuille de projets	23
1.5.2 Les approches possibles pour les méthodologies de sélection de portefeuilles ...	28
1.5.3 Remarques finales sur la revue de littérature.....	29
CHAPITRE II : Proposition de méthodologie	30
2.1 Les typologies retenues	30
2.2 Logigramme des étapes de la méthodologie proposée.....	30
2.3 Étape 1 : l'évaluation individuelle des projets - la méthode de surclassement multicritère ELECTRE TRI-B	31
2.3.1 La notion de surclassement.....	32

2.3.2 La méthode ELECTRE TRI-B	34
2.4 Étape 2 : Constitution de tous les portefeuilles de projets efficaces	37
2.4.1 Méthodes de résolution.....	38
2.4.2 Métaheuristique	40
2.4.3 Algorithmes de colonies de fourmis.....	40
2.4.4 Constitution des portefeuilles efficace – la méthode MIDACO.....	42
2.4.4 La frontière d’efficacité optimale de Pareto	43
2.5 Étape 3 : choix du portefeuille de projets de meilleur compromis.....	43
2.5.1 Rangement des portefeuilles efficaces – la méthode PROMETHEE.....	44
2.5.1.1 Les flux de surclassement	46
2.5.1.2 Exploitation de la valeur de la relation de surclassement	47
2.5.2 Évaluation de la performance relative par le Data Envelopment Analysis (DEA)	48
2.5.3 La mesure de la centralité d’un portefeuille de projets	51
2.5.4 Le risque	52
CHAPITRE III : exemple didactique au CISSS du Bas-Saint-Laurent.....	54
3.1 Étape 1 : Analyse individuelle des projets	54
3.2 Étape 2 : Constitution de tous les portefeuilles de projets efficaces	59
3.3 Étape 3 : Choix du portefeuille de projets de meilleur compromis.....	62
3.3.1 Performance.....	62
3.3.2 Centralité	64
3.3.3 Risque	65
3.3.4 Rangement	67
3.3.4.1 Scénario 1 : poids des critères égaux	68
3.3.4.2 Scénario 2 : poids différents accordés aux critères.....	70
3.3.5 Recommandation finale.....	73
3.3.5.1 Proposition pour l’évaluation temporelle.....	74
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	75
ANNEXE I : LES MATRICES D’INTERACTIONS	77
ANNEXE II : LE PROGRAMME MULTIOBJECTIFS NON LINÉAIRE EN NOMBRES ENTIERS.....	79
ANNEXE III : CODE MATLAB POUR MIDACO	80
ANNEXE IV : LES SOLUTIONS DE PARETO.....	84

ANNEXE V: LES RÉSULTATS DEA89
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES101

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Plan stratégique 2015-2020 du MSSS du Québec	6
Tableau 2 : Actions possibles sur les projets (Lahaye 2009).....	21
Tableau 3 : Recension des principales méthodes de sélection de portefeuille de projets.....	25
Tableau 4 : Typologies retenues pour notre méthodologie.....	30
Tableau 5 : Démonstration du principe d'explosion combinatoire.....	32
Tableau 6 : Procédure d'affectation optimiste et pessimiste dans ELECTRE TRI (Sobrie et al. 2013)	36
Tableau 7 : Nomenclature de Eilat et al. (2006)	38
Tableau 8 : Définition proposée de la performance du système public de santé et de services sociaux.	54
Tableau 9 : Données des 30 projets inscrits dans la table de performance.....	56
Tableau 10 : Paramètres de critères	57
Tableau 11 : Table de performance des options de référence.....	57
Tableau 12 : Résultat ELECTRE-TRI B	58
Tableau 13 : Nouvelle dénomination des projets retenus	58
Tableau 14 : Résultat de Midaco quant à la composition des portefeuilles non dominés à partir des 16 projets retenus	60
Tableau 15 : Matrice d'évaluation des portefeuilles non dominés	61
Tableau 16 : Résultats DEA.....	63
Tableau 17 : Indice de centralité des projets et des portefeuilles de projets.....	64
Tableau 18 : Centralité des portefeuilles grâce à la moyenne des indices de centralité des projets.....	65
Tableau 19 : Résultats des probabilités de succès des 10 portefeuilles efficaces	66
Tableau 20 : Les données d'entrées dans les paramètres PROMETHEE pour les scénarios	67
Tableau 21 : La configuration des préférences dans les paramètres PROMETHEE pour le scénario 1	68
Tableau 22 : Les flux de PROMETHEE du scénario 1	68

Tableau 23 : Les incomparabilités du scénario 1	69
Tableau 24 : La configuration des préférences dans les paramètres PROMETHEE pour le scénario 2	70
Tableau 25 : Les flux de PROMETHEE du scénario 2	71
Tableau 26 : Les incomparabilités du scénario 2.....	72
Tableau 27 : Actions potentielles dans le processus de pilotage du portefeuille.....	75

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Définition de la performance du système public de santé et de services sociaux (MSSS 2012).....	8
Figure 2 : L'entonnoir de la gestion de portefeuille de projet (Émond 2013)	13
Figure 3 : La gestion de portefeuille de projet (Archer et Ghasemzadeh 1999).....	15
Figure 4 : Le processus « Stage Gate » ou passage d'étape (Cooper 1990)	22
Figure 5 : Classification des modèles de sélection des portefeuilles de projets (Jamratanakul et al. 2008)	24
Figure 6 : Approches possibles pour les méthodologies de sélection de portefeuilles.....	28
Figure 7 : Étapes de la méthodologie de sélection de portefeuilles de projets proposée.....	31
Figure 8 : Définition des catégories par les profils limites	34
Figure 9 : Une possible hiérarchie des méthodes d'optimisation (Boisson 2008).....	39
Figure 10 : Illustration de l'expérience de sélection du trajet le plus court par une colonie de fourmis: (a) au début de l'expérience, (b) à la fin de l'expérience (Dréo et al. 2006).....	41
Figure 11 : Frontière d'efficacité optimale de Pareto (Boisson 2008).....	43
Figure 12 : Fonctions de préférence dans PROMETHEE	45
Figure 13 : Frontière d'efficacité de la méthode DEA (extrait et intrant)	49
Figure 14 : Les classements partiel PROMETHEE I (gauche) et complet PROMETHEE II (droite) selon le scénario 1	69
Figure 15 : Les classements partiel PROMETHEE I (gauche) et complet PROMETHEE II (droite) selon le scénario 2.....	72

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

MCCB	Multiple Criteria Capital Budgeting
MODM	Multi-Objective Decision Making
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
DEA-BSC	Data Envelopment analysis – Balanced Scorecard Approach
Fuzzy	Logique Floue
MCDM	Multi-Criteria Decision Making
MDM	Méthode Delphi Modifiée
DEMATEL	Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
EA	Evolutionary Algorithm
MILP	Mixed Integer Linear Problem
NLIP	Non-Linear Integer Programming
GRA	Grey Relational Analysis
ANN	Artificial Neural Network
ILP	Integer Linear Programming
P-ACO	Pareto Ant Colony Optimization
MOEA	Multi-Objective Evolutionary Algorithm
PMI	Project Management Institute

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le nombre d'objectifs à atteindre dans le secteur de la santé et des services sociaux est volumineux, ce qui contribue à la complexité entourant le processus de priorisation des projets. En effet, celui-ci peut s'avérer difficile considérant la nature des services offerts à la population et des enjeux s'y rattachant. C'est précisément parce que choisir implique nécessairement de renoncer à d'autre chose que les décideurs ont la responsabilité d'obtenir le maximum de service pour les ressources investies.

Alors, nous devons nous poser la question suivante : comment choisir adéquatement les projets, compte tenu des ressources limitées de l'organisation et permettant de maximiser nos objectifs?

Plusieurs travaux ont proposé des méthodes de sélection de projets individuels afin de répondre à cette question (Iamratanakul *et al.* 2008). Toutefois, cet angle occulte complètement certaines notions importantes relativement à l'atteinte d'objectifs multiples, qui peuvent parfois même être contradictoires, en plus d'autres dimensions telles que l'interaction entre les projets, l'incertitude et les contraintes.

C'est à partir des travaux de Markowitz (1952) sur le développement d'une démarche scientifique permettant de sélectionner un portefeuille optimal dans le secteur financier qu'a émergé la notion de portefeuille de projet. La littérature est riche en méthodologies axées sur la constitution de portefeuille de projets pour le secteur de la recherche et développement (Archer et Ghasemzadeh 1999; Eilat *et al.* 2006). En revanche, peu d'éléments évoquent les particularités propres au secteur de la santé et des services sociaux. C'est pourquoi, dans cette recherche nous proposons une démarche systématique afin de sélectionner un portefeuille de projets de meilleurs compromis visant l'atteinte des objectifs organisationnels dans ce secteur d'activité. Notre objectif est donc d'outiller les décideurs en la matière.

Pour ce faire, nous débutons par une présentation détaillée de la problématique incluant une revue de littérature. Ensuite, nous abordons la méthodologie retenue où sont mentionnées de façon détaillée toutes les étapes suivantes.

1. Présélection des projets individuels avec la méthode de surclassement de tri multicritère ELECTRE-TRI en utilisant des critères spécifiques aux projets;
2. Obtention des portefeuilles faisables et non dominés à l'aide d'un algorithme génétique et de la métaheuristique MIDACO, tout en s'assurant de respecter les contraintes de capacité organisationnelle et de coûts, exprimées respectivement en jours nécessaires pour réaliser le projet et en unité monétaire;
3. Sélection du portefeuille de meilleur compromis en ayant recours à la méthode de surclassement multicritère de rangement PROMETHEE en utilisant des critères adaptés aux portefeuilles de projets que sont la performance (DEA), la centralité et le risque.

Nous terminons par une illustration didactique, en ayant recours à des projets réels du CISSS du Bas-Saint-Laurent.

CHAPITRE 1 : La gestion et la sélection des portefeuilles de projets

De nos jours, les organisations évoluent dans un environnement où elles doivent constamment répondre aux besoins spécifiques de leur clientèle. Pour affronter la concurrence, plusieurs d'entre elles ont adopté les techniques proposées par la méthodologie du management de projets. En effet, ces méthodes permettent aux organisations innovantes d'accroître la qualité des produits offerts, en limitant l'impact des coûts et en ayant un suivi étroit sur l'échéancier de réalisation. Toutefois, ces méthodes s'adressent aux projets individuels, définis comme étant, un effort temporaire exercé dans le but de créer un produit, un service ou un résultat unique (PMI 2013).

1.1 Le portefeuille de projet

La gestion par portefeuille de projets s'avère particulièrement efficace pour les organisations qui mènent de front plusieurs projets simultanément afin d'atteindre leurs objectifs stratégiques. Il s'agit de considérer tous les projets retenus, comme étant une seule unité de gestion globale, soit le portefeuille. Les décideurs utilisent ce processus décisionnel pour sélectionner, à partir de plusieurs idées ou projets candidats, la meilleure combinaison de projets qui répond, à un moment précis, aux orientations stratégiques, et ce, en tenant compte des diverses contraintes internes, tant d'un point de vue des ressources financières, techniques, informationnelles que de la capacité des ressources humaines à entreprendre ces projets. Un portefeuille de projets peut donc être défini comme « un ensemble de projets en concurrence », dépendants les uns des autres par, les produits consommés ou fournis, les ressources mobilisées, les technologies ou les savoir-faire utilisés (Fernex-Walch et Garel 2004).

Les organisations qui utilisent la gestion par portefeuille, ne mène plus chaque projet indépendamment des autres, mais s'assure d'une gestion intégrée, qui se doit d'être en cohérence avec les orientations choisies. Cela leur procure un avantage lorsque vient le temps de procéder rapidement à des ajustements dans la composition des projets en cours. Les décideurs peuvent adapter le contenu du portefeuille pour contribuer à de nouveaux objectifs,

maximiser le rendement dans un secteur particulier ou pour modifier les paramètres de risques, selon les changements survenus dans l'environnement interne ou externe.

Les organisations innovantes ont donc avantage à utiliser l'approche par portefeuille de projets pour développer des produits ou des services à haute valeur ajoutée et ainsi opérationnaliser leur orientation stratégique. En utilisant cette approche, elles s'assurent que l'expertise et les ressources disponibles sont dédiées aux meilleurs projets, ce qui augmente leurs chances de voir leurs objectifs se concrétiser (Cooper 1997).

1.2 Le réseau de la santé et des services sociaux

Dans les pays industrialisés, la performance des réseaux de santé est un défi important auquel les gouvernements doivent prendre des mesures pour accroître l'efficacité et l'efficience (OCDE 2015). C'est dans ce contexte que le gouvernement du Québec a procédé, en 2015, à un changement majeur dans la structure de gouvernance du réseau.

Le Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) a le rôle de veiller au bon fonctionnement du système de santé et de services sociaux. Il doit donc s'assurer de l'application des priorités et des orientations choisies, en conformité avec sa mission « de maintenir, d'améliorer et de restaurer la santé et le bien-être des Québécoises et des Québécois en rendant accessible un ensemble de services de santé et de services sociaux, intégrés et de qualité, contribuant ainsi au développement social et économique du Québec ». Avec l'adoption de la « *Loi modifiant l'organisation et la gouvernance du réseau de la santé et des services sociaux notamment par l'abolition des agences régionales* », le MSSS procède à la fusion de plusieurs établissements ayant des missions distinctes. À titre d'exemple, voici une liste de programmes qui sont désormais intégrés : services hospitaliers, services sociaux, protection de la jeunesse, déficience intellectuelle et physique, dépendance, santé publique, soutien à l'autonomie des personnes âgées, etc. L'objectif de ce changement est d'améliorer l'accessibilité, la continuité et la coordination des services offerts.

Force est de constater que le domaine de la santé et des services sociaux n'échappe pas aux défis relatifs à la sélection des projets et de l'allocation des ressources pour construire

un portefeuille de projet optimal. En effet, le contexte actuel d'intégration des services rend le processus de priorisation des projets encore plus pertinent et nécessaire, car le portefeuille doit répondre à des objectifs multiples. Il faut donc sélectionner le portefeuille de projets de meilleur compromis qui permet d'atteindre les objectifs, tout en ayant un souci de cohérence globale. Les projets à réaliser dans le réseau sont nombreux et complexes considérant le nombre de parties prenantes impliquées. L'impact de ces projets sur la population est important, car il affecte directement les services offerts aux usagers.

1.2.1 L'évaluation de la performance du système public de santé et services sociaux

Dans le plan stratégique 2015-2020, le ministère précise les orientations qui doivent être mises de l'avant par les centres intégrés de santé et de services sociaux (CISSS) et les centres intégrés universitaires de santé et de services sociaux (CIUSSS). Les orientations se déclinent en axes, qui se déclinent par la suite en objectifs. L'atteinte à la cible de chacun des objectifs est mesurable par une série d'indicateurs de gestion.

Tableau 1 : Plan stratégique 2015-2020 du MSSS du Québec

Orientation	Axes	Objectifs
Favoriser les saines habitudes de vie et la prévention des problèmes de santé	Habitudes de vie	Favoriser l'adoption de saines habitudes de vie afin de prévenir les maladies chroniques et les cancers
	Prévention des infections	Accroître la vaccination grippale chez les malades chroniques Renforcer la prévention et le contrôle des infections transmissibles sexuellement et par le sang (ITSS)
Offrir des services et des soins accessibles, intégrés et de qualité au bénéfice des usagers	Première ligne et urgence	Améliorer l'accès aux soins et aux services professionnels de première ligne
		Réduire le temps d'attente à l'urgence
	Services spécialisés	Assurer des soins et des services spécialisés dans des délais médicalement acceptables
		Améliorer la survie des patients atteints de cancer
	Sécurité et pertinence	Renforcer la prévention et le contrôle des infections liées au séjour en milieu hospitalier
		Favoriser les examens et les traitements les plus appropriés afin d'assurer la qualité des soins et d'éviter des interventions inutiles
Personnes âgées	Améliorer les services de soutien à domicile de longue durée	
	Consolider l'adaptation des soins et des services aux conditions des personnes âgées	
Personnes vulnérables	Assurer des soins palliatifs et de fin de vie respectant les choix des personnes	

		Faciliter le développement optimal et la participation sociale des enfants et des jeunes adultes ayant une déficience ou un trouble du spectre de l'autisme (TSA)
		Améliorer la réponse aux besoins des personnes présentant des troubles mentaux graves
		Intensifier l'offre de service en dépendance et en itinérance dans le réseau
		Améliorer le soutien aux familles en situation de négligence
Implanter une culture d'organisation innovante et efficiente dans un contexte de changement	Mobilisation du personnel	Maintenir la mobilisation du personnel du Ministère en accroissant sa capacité à s'adapter à un contexte ministériel en évolution
		Favoriser la disponibilité et l'utilisation optimale de la main-d'œuvre du réseau
	Organisation efficiente	Améliorer la gouvernance et réduire la structure d'encadrement du réseau
		Favoriser la mise en place d'une gestion axée sur l'amélioration de la performance
		Implanter les meilleures pratiques selon le financement axé sur le patient
		Favoriser le partage de l'information concernant les usagers entre les professionnels

En addition à ces objectifs, le ministère demande également aux CI(U)SSS de respecter l'entente de gestion et d'imputabilité (EGI). Il s'agit en quelque sorte d'un contrat entre le MSSS et les CI(U)SSS qui traduit les attentes ministérielles à l'égard de l'offre de service à la population. Le document énonce dans le détail les priorités, les spécificités régionales et l'engagement à l'atteinte des objectifs du plan stratégique. Afin d'assurer le suivi rigoureux de ces clauses, les CI(U)SSS doivent fournir des livrables et respecter plusieurs indicateurs de gestion complémentaires. L'EGI est renouvelé annuellement pour permettre, au besoin, des modifications dans le contenu et ajuster les cibles selon la performance.

Un système de santé et de services sociaux performant est un système qui atteint ses objectifs en matière de santé et de bien-être de la population, d'accessibilité des services, de qualité des services et d'optimisation des ressources. Il vise également à bonifier l'expérience de soins et services tout en assurant la pérennité du système public. L'on peut définir la notion de performance par les critères spécifiques représentés par la figure 1.

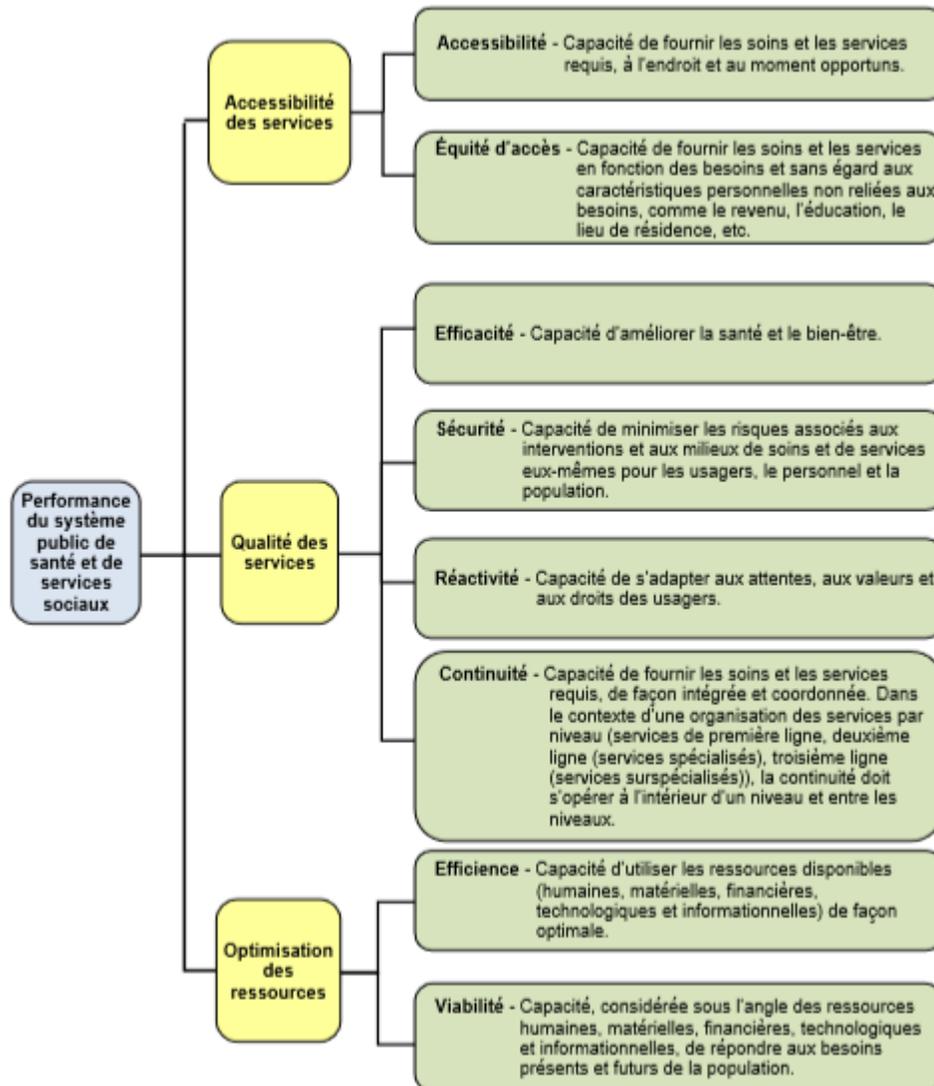


Figure 1 : Définition de la performance du système public de santé et de services sociaux (MSSS 2012)

Les 8 critères mesurent l'appréciation de la contribution de l'organisation à ses objectifs. Les organisations qui effectuent une analyse approfondie de leur performance peuvent identifier leurs forces et déceler leurs faiblesses dans le but d'améliorer de façon continue la performance.

Ces mêmes critères peuvent également être utilisés pour la constitution d'un portefeuille de projets de meilleur compromis. Il s'agit en fait d'une composante essentielle du système intégré de gestion de la performance. À cet effet, il est possible de constater que le rôle des décideurs dans le réseau de la santé et des services sociaux, n'est donc pas très

différent de celui des autres domaines, car, ils visent tous à accroître la valeur de leurs services pour leurs clientèles respectives.

1.3 La gestion du portefeuille de projets

Dans un contexte de changement technologique rapide, de cycle de vie des produits de plus en plus court et de la compétition féroce entre les organisations, la gestion du portefeuille de projets est certainement une des fonctions les plus importantes des gestionnaires de haut niveau. Dans tous les domaines, mais particulièrement en innovation (recherche et développement), la prospérité globale voire même la survie de l'organisation en dépend, car les projets reflètent les investissements de la stratégie d'entreprise.

La gestion d'un portefeuille de projets est un processus de prise de décision dynamique à l'intérieur duquel une organisation définit une liste de projets qui sont constamment révisés et mis à jour. Les nouveaux projets (où projets candidats) sont ainsi évalués, sélectionnés et priorisés, tandis que les projets déjà en cours (où projets actifs) peuvent être accélérés, abandonnés ou repriorisés. Dans ces cas, les ressources peuvent être allouées différemment entre les projets actifs. La gestion de portefeuille est caractérisée par l'incertitude, l'information changeante, l'émergence d'opportunité, une stratégie ayant des objectifs multiples, l'interaction entre les projets et plusieurs occasions pour la prise de décision (Cooper *et al.* 2001).

1.3.1 L'émergence de la gestion par portefeuille de projets

Tout d'abord, il est essentiel de définir les raisons qui ont rendu nécessaire l'émergence de l'approche par portefeuille de projets, autrement dit, quelles sont les problématiques rencontrées par les organisations pour constituer et ensuite piloter leurs portefeuilles de projets.

Malgré son importance stratégique, une étude menée auprès de gestionnaires démontre que le processus de gestion de portefeuille est confronté dans la pratique à des

lacunes importantes (Cooper et Kleinschmidt 1995). Voici les problèmes communs dans la sélection des projets et la gestion du portefeuille qui sont à l'origine du développement d'une approche structurée (Cooper *et al.* 2001; Elonen et Artto 2003).

- Discordance entre les projets retenus et la stratégie de l'organisation : la performance globale de l'organisation est affectée dès qu'il y a une inadéquation au niveau de la cohérence. Les projets sont un moyen de parvenir aux objectifs prioritaires.
- Faible qualité des portefeuilles : lorsque les critères de sélection des projets sont inappropriés, il est fort probable que le portefeuille soit non optimal. Certaines organisations ont une faible capacité à distinguer les projets performants de ceux à faible valeur ajoutée.
- Réticence d'abandonner des projets : l'escalade d'engagement de la part du responsable de projet, qui souhaite poursuivre les travaux malgré des indicateurs démontrant son échec avéré peut causer un grave préjudice à l'organisation. Il faut, par conséquent, prévoir un processus décisionnel « Go / Kill » rigoureux, pour s'assurer que seuls les projets respectant les seuils établis se verront octroyer des ressources rares.
- Allocation des ressources rares : lorsque le nombre de projets actifs excède la capacité de l'équipe à entreprendre ces projets, cela crée une pression supplémentaire, contribuant ainsi à augmenter le risque d'erreurs inattendues, de dépassements de coûts ou d'échéancier. C'est pourquoi des compétences en gestion sont essentielles pour niveler adéquatement le travail des équipes, et plus particulièrement, celui des membres ayant une spécialisation. Il faut donc orienter nos efforts vers les projets essentiels (Fernez-Walch 2000).
- Sélection de projets à court terme ou facile : les organisations ont tendance à choisir des projets rapide et peu coûteux. En effet, plusieurs organisations préfèrent entreprendre des projets leur procurant des gains rapides. Cependant, cette vision à

très court terme peut réduire le potentiel de prospérité et ainsi limité des avantages compétitifs éventuels.

- Surabondance d'information et information de mauvaise qualité : Des informations précises et de qualité sont essentielles au processus de prise de décision. Les conséquences de l'utilisation de données erronées lors de l'analyse individuelle des projets ou au moment de la priorisation peuvent être catastrophiques pour une organisation. C'est pourquoi un mécanisme de validation de la qualité des données doit être mis sur pied afin de s'assurer que les décisions prises sont basées sur des faits établis.
- Manque de vision : Lorsque les projets sont analysés et choisis uniquement selon la perspective de leur performance individuelle, l'on occulte complètement le concept de portefeuille, soit un ensemble d'unité constituant un tout. Afin de maximiser la pertinence du portefeuille, il est important de considérer l'interaction entre les projets. Autrement dit, la synergie (impacts positifs) et la cannibalisation (effets négatifs). De cette façon, certains projets bénéficieront d'avantages significatifs d'être réalisés de concert. Pour d'autres, ce sera l'inverse, car leur déploiement en parallèle peut causer un important préjudice. Pensons à des projets mutuellement exclusifs ou à une situation que les projets d'une même organisation mettent en marché des produits concurrents. La considération de l'influence mutuelle est une innovation participant au succès de l'approche par portefeuille.
- Prise de décision basée sur la force : En règle générale, la décision est un exercice de pouvoir étroitement relié à la sphère d'influence des hauts dirigeants. Il est courant que des projets soient retenus, non pas pour leur potentiel de contribution au succès de l'organisation, mais plutôt pour faire avancer des dossiers particuliers. Ces projets, choisis arbitrairement en fonction d'influences politiques internes, d'opinions ou d'émotions, ont de plus grandes chances d'être voués à l'échec avant même leur démarrage, car leur sélection n'est pas basée sur un processus ayant des critères objectifs.

1.3.2 Les objectifs de la gestion de portefeuille de projets

La prise en considération de l'ensemble des problèmes évoqués ci-haut est l'élément déclencheur qui a permis le développement d'une méthode par portefeuille de projets efficace. En effet, cette dernière s'est développée en résolvant les obstacles reliés à la pratique. Elle procure à toutes les organisations qui l'utilisent plusieurs avantages que voici.

- **Alignement stratégique.** Un fort niveau de cohérence entre les projets retenus et les orientations de l'organisation favorise l'atteinte de leurs objectifs ou du maintien d'une position compétitive. Les projets traduisent la stratégie de l'entreprise, c'est pourquoi elle doit définir les priorités pour chacun d'eux.
- **Meilleure communication des priorités.** Le fait de considérer les projets retenus comme une seule unité de gestion globale améliore significativement la communication verticale et horizontale. Participant, du même coup, à faciliter l'arrimage entre les projets.
- **Performance.** En optimisant le résultat global du portefeuille, plutôt que celui des projets individuels, l'organisation mise sur la performance, le retour sur investissement et la création de valeurs ajoutées.
- **Vision globale.** Il est important pour les gestionnaires responsables d'obtenir un certain équilibre, c'est-à-dire, d'être en mesure de balancer le contenu du portefeuille, tant au niveau du risque (de faible à élevé) que de la durée (court et long terme). En plus de tenir compte de la notion d'interaction entre les projets, ils doivent également faire correspondre la nature et le nombre de projets nécessaires à l'atteinte des objectifs, de sorte que, toutes les sphères prioritaires soient abordées.
- **Sélectionner les projets qui doivent démarrer.** L'utilisation de critères de sélection spécifiques aux particularités de l'organisation objective davantage le processus décisionnel.

1.3.3 Le modèle de gestion du portefeuille de projets d'Archer et Ghasemzadeh

Dès 1999, Archer et Ghasemzadeh ont proposé un modèle de gestion de portefeuille qui se compose en trois phases, soit la considération stratégique, l'évaluation individuelle des projets par des études de faisabilité (étude de marché, retour sur investissement, analyse des risques) et la sélection du portefeuille de projet. C'est à cette dernière phase que nous allons porter notre attention, car elle correspond aux étapes suivantes.

Tamissage (screening) : Examen des projets individuels qui ne rencontre pas les seuils minimalement établis sur certains critères. Seule exception faite aux projets obligatoires ou à ceux qui ont une contribution indirecte à de multiples projets incontournables. L'objectif est d'éliminer les projets les moins pertinents, en plus de réduire leur nombre en prévision de l'étape suivante. Les seuils se doivent d'être non arbitraires, sinon cela pourrait avoir comme conséquence d'éliminer des projets prometteurs.

Sélection du portefeuille 'optimal' (optimal portfolio selection) : C'est à cette étape que les projets à forts potentiels sont en concurrence pour être choisis. Il faut considérer leur performance individuelle, en plus des niveaux interactions entre eux. Il est possible d'utiliser des outils multicritères pour valider l'atteinte des objectifs.

Ajustement du portefeuille (portfolio adjustment) : Les décideurs doivent avoir les marges de manœuvre nécessaire pour procéder à des ajustements en fonction des changements dans l'environnement. Il est recommandé de balancer le niveau de risque, la taille (envergure) des projets, ainsi que leur date d'échéance.

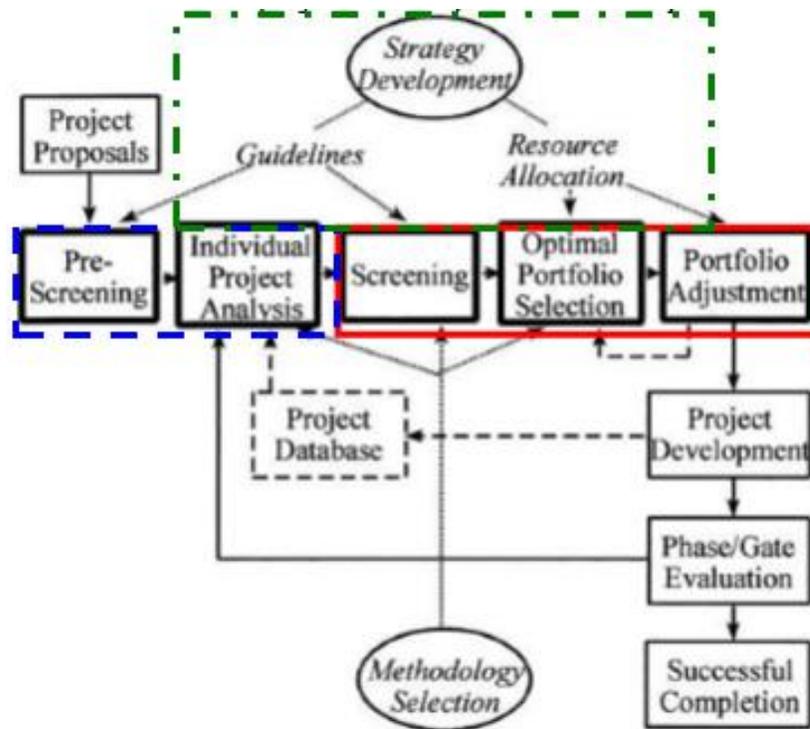


Figure 3 : La gestion de portefeuille de projet (Archer et Ghazemzadeh 1999)

1.4 Sélection des projets et éléments à considérer dans la constitution du portefeuille

1.4.1 La sélection des projets individuels

La figure de l'entonnoir démontre bien qu'avant même la construction du portefeuille, il faut sélectionner des projets à titre individuel. Pour ce faire, il faut mettre en place un processus de sélection impliquant les trois étapes que sont, susciter et recevoir les projets, l'évaluation et la comparaison en vue de sélection (Mauguin 1991).

1. Susciter et recevoir les projets. En d'autres mots, il s'agit de tous les efforts déployés pour favoriser l'émergence des idées de projets. En développant un climat propice à la participation au dépôt des projets, les organisations encouragent la créativité et la résolution des problématiques internes.

2. Évaluation. Elle se réfère à l'analyse et l'évaluation des projets dans le but de faire une recommandation sur la sélection. En effet, l'utilisation de méthodes qualitatives et quantitatives permet de les prioriser adéquatement. Cette étape est un processus qui comporte les phases suivantes (Martel et d'Avignon 1982):
 - La formulation d'un ensemble de critères. À titre d'exemple, la valeur nette actualisée, le taux de rendement interne, le délai de récupération, les coûts, la probabilité de succès technique ou commercial, la contribution aux objectifs ou la stratégie d'entreprise et le niveau de risque;
 - Une appréciation de la performance anticipée de chaque projet en regard de chaque critère;
 - Le rangement par ordre de préférence des projets selon les appréciations des performances anticipées par rapport à l'ensemble des divers objectifs.
3. Comparaison en vue de sélection. Il s'agit de la dernière étape menant à la décision finale. La réalisation de l'arbitrage est un défi qui se complexifie au fur et à mesure que le nombre de projets candidats augmente, car il faut retenir uniquement les bons projets pour éviter d'avoir un trop grand nombre de possibilités dues à l'explosion combinatoire. En plus, lors de l'étude de ces scénarios, les décideurs doivent tenir compte de la capacité organisationnelle.

Règle générale, les gestionnaires responsables de la priorisation débutent, dans un premier temps, par l'élimination des projets (ou opportunité d'amélioration / idée) n'atteignant pas le résultat minimal établi comme seuil pour les critères (approche conjonctive). Ensuite, ils calculent le résultat global de chacun des projets par l'agrégation de l'ensemble des critères (approche compensatoire). Dans un deuxième temps, ils classent les projets selon leurs résultats respectifs et autorisent le démarrage des projets ayant le meilleur potentiel (Durieux-Nguyen Tan 2005).

À l'intérieur du processus entourant la sélection des projets, les décideurs sont appelés à concilier de multiples problèmes reliés à la concurrence entre les ressources (humaines,

financières, matérielles et informationnelles), et à la complémentarité (partage de composants, de technologies ou de savoir-faire) entre les projets regroupés dans une même catégorie. Il est donc possible de conclure que la sélection de projets peut être vue comme un problème d'optimisation sous contraintes où le décideur doit considérer plusieurs éléments. Mathématiquement, il s'agit de sélectionner le portefeuille de meilleur compromis à partir des projets disponibles à l'étape d'évaluation individuelle (Cooper 1997). Cela peut alors se traduire, dans notre cas, de la façon suivante :

« Étant donné $P = \{p_j, j = 1, n\}$ l'ensemble des n projets retenus dans l'étape d'évaluation individuelle, $C = \{c_i, i = 1, m\}$ l'ensemble des m critères d'évaluation de la performance des projets et SP_k , (un sous-ensemble parmi les 2^n parties de P), alors, l'étape de sélection d'un portefeuille de projets revient à rechercher le sous-ensemble SP_{k^*} qui contribue le mieux à l'atteinte des objectifs associés aux critères retenus, tout en respectant les contraintes de ressources, voire de dépendance entre projets » (Urli *et al.* 2011).

1.4.2 L'évaluation multicritère

L'évaluation des propositions de projets de façon individuelle implique généralement la prise en compte d'objectifs ou critères multiples (où multi objectifs), étant la plupart du temps contradictoires. À titre d'exemple, les projets peuvent être évalués en termes de critères quantitatifs (valeur actuelle nette, ventes, part de marché) et de critères qualitatifs (niveau de risque, compétences du personnel, impact environnemental, impact social). Le but est de conserver seulement les projets les plus performants. Ceux qui vont maximiser l'atteinte aux objectifs (extrants) tout en minimisant les ressources allouées (intrants).

1.4.3 Les interactions entre projets

Dans la plupart des cas, mais encore plus dans le domaine de la santé et des services sociaux, la notion d'interactions (effets de synergie ou de cannibalisation) entre les projets est fréquente. Ce constat rend presque incontournable sa prise en compte lorsque vient le temps de construire un portefeuille. Sans ce concept, il s'agirait d'une gestion de projets indépendants les uns des autres et non de portefeuille intégré. Les effets de relation et d'interdépendance entre les projets seraient ainsi occultés, ce qui pourrait causer un biais envers les projets plus risqués ou à long terme (Ringuest *et al.* 1999).

La littérature distingue les interactions internes et externes (Gear et C. Cowie 1980).

Interaction interne : s'il y a impacts dus aux facteurs intrinsèques des projets.

Les interactions internes se subdivisent en trois catégories (Aaker et Tyebjee 1978; Fox *et al.* 1984; Czajkowski et Jones 1986; Ouellet et Martel 1995).

1. L'interaction au niveau des coûts ou des ressources survient lorsque les projets partagent des ressources, qu'elles soient financières, matérielles, humaines ou informationnelles. Cela se produit lorsqu'il y a une différence entre le coût total du portefeuille et la somme des projets individuels.
2. L'interaction au niveau technique ou de l'impact sur le résultat s'observe lorsque le succès ou l'échec d'un projet influence positivement (progression plus rapide) ou négativement (ralentissement) d'autres projets. Dans ce scénario, la probabilité de succès d'un projet affecte celles des autres.
3. L'interaction au niveau des bénéfices se produit lors des situations où les contributions des projets sont non-additives. Dans le cas des projets complémentaires, on observe le principe de synergie lorsque la contribution aux objectifs poursuivis est plus grande que la somme des projets individuels. Dans la situation contraire, les projets sont dits en compétition. Ces derniers ont un résultat net inférieur à leur somme individuelle.

Il existe deux autres types d'interdépendance complémentaires aux définitions ci-haut, soit la mutuelle exclusion et la contingence des projets (Weingartner 1966). Comme son nom l'indique, dans les cas de projets mutuellement exclusifs, un projet peut être sélectionné seulement si le second n'est pas retenu. Tandis que la contingence des projets est le cas contraire, c'est-à-dire lorsqu'un projet est retenu uniquement si le deuxième l'est également.

Interaction externe : Changement dans l'environnement politique, économique, social, technologique, environnemental ou légal.

Il en ressort que certains projets bénéficient de gains d'efficience s'ils sont pilotés simultanément, car ils partagent des ressources ou sont complémentaires dans l'atteinte d'objectifs organisationnels. L'approche portefeuille veille à éviter la situation où deux projets performants à titre individuel, puissent perdre leur prépondérance, ce qui serait contreproductif pour l'organisation. Autrement dit, l'effet recherché est l'étroite collaboration entre les parties prenantes afin que les portefeuilles maximisent leur performance en ayant une valeur totale supérieure à la somme des projets pris individuellement. Les organisations qui tiennent compte de la synergie obtiennent des bénéfices supplémentaires grâce à la qualité des liens à l'intérieure du portefeuille.

Dès 1975, Baker et Freeland ont souligné l'inconvénient de nombreux modèles de sélection. En examinant les méthodes existantes à ce moment-là, ils ont conclu que la principale limite était au niveau du traitement inadéquat des interrelations entre les projets en termes de valeur et d'utilisation des ressources. En revanche, il est désormais possible de modéliser efficacement les interactions entre les différents projets en utilisant des matrices d'interactions dont la diagonale représente la contribution du projet seul et les valeurs hors diagonale représentent les contributions dues à l'interaction entre le projet i et le projet j (Schmidt 1993). De cette façon, nous pouvons identifier les contributions sur les ressources, les impacts ou les bénéfices, que celles-ci soient positives, négatives ou nulles. Dans la logique d'un portefeuille, il ne faut donc plus seulement tenir compte de la somme des valeurs sur un critère, mais plutôt modifier les résultats de ce dernier, afin qu'il cumule les effets d'interactions sur le critère des projets inclus dans le portefeuille.

1.4.4 Incertitude

Au moment de l'évaluation des projets candidats sur certains critères, nous faisons habituellement face à la notion d'incertitude, car il n'est pas toujours possible d'avoir une information évaluée sur une échelle qualitative ou quantitative qui soit connue avec certitude en rapport avec les gains que procureront les projets ou les coûts qu'ils engendreront par leur déploiement.

Dans les cas où l'absence de certitude n'est pas due à l'incertitude, mais bien à l'ambiguïté ou au flou dans une situation, il s'agit alors d'une mauvaise connaissance de l'information. Les cas d'une reconnaissance de langages (variables linguistiques) ou de la compréhension d'intentions sont des exemples de situations applicables. Dans les cas de cette nature, l'on peut utiliser la théorie des ensembles flous (Fuzzy) ou la logique floue (Zadeh 1965). Cette modélisation permet de résoudre, grâce à un rapprochement entre la précision des mathématiques et l'imprécision inhérente du monde réel, des problèmes de décision dans un environnement non certain. La logique floue s'attaque donc à l'incertitude causée par l'imprécision de variables qualitatives de nature non probabiliste (Bouchon-Meunier 2007).

1.4.5 Le pilotage du portefeuille de projets ou son évolution temporelle

Le problème de sélection du portefeuille de projets peut être statique ou dynamique. Dans la situation statique, il faut partir du principe qu'au moment de prendre la décision sur quels projets feront partie intégrante du portefeuille, tous les projets sont candidats. Tandis que dans le problème dynamique, l'évolution temporelle est fondamentale, car il y a, à différents moments dans le temps, des projets en cours (projets actifs) et un ensemble de propositions de projets (projets candidats) (Bard *et al.* 1988). Dans cette recherche, nous produisons un exemple d'application didactique sur un cas statique, qui inclut, dans un deuxième temps, une proposition pour la résolution du problème en dynamique. Une telle recommandation est essentielle, car elle reflète la réalité de beaucoup d'organisations innovantes où plusieurs projets se réalisent simultanément et en séquence.

Le concept de l'évolution temporelle ou dynamique s'inscrit dans le second processus de pilotage du portefeuille. Il se réfère aux actions de suivis en cours de réalisation. Plusieurs décisions importantes s'effectuent pendant le pilotage, telles que sélectionner de nouveaux projets, les prioriser, les retarder ou tout simplement abandonner un ou plusieurs projets. Cependant, le décideur doit savoir que ces actions ont des impacts directs sur le portefeuille et peuvent même causer des perturbations. De telles décisions ne doivent pas être prises arbitrairement, c'est pourquoi il existe une méthode reconnue qui est utilisée en gestion des innovations.

1.4.5.1 L'approche « Stage Gate »

L'approche « Stage Gate » ou par passage d'étape ou de porte est une façon de gérer le processus de développement de nouveaux produits ou projets, de l'idée jusqu'à son lancement officiel. Chaque porte devient alors un point de contrôle de qualité et sa réussite est conditionnelle à l'avancement à l'étape suivante.

Chaque porte reçoit un intrant, c'est-à-dire, les documents et informations que le chargé de projet doit fournir au comité. Ce dernier est composé d'experts pluridisciplinaires en gestion de projets qui ont autorité d'approuver le passage ou non de la porte. L'extrait est alors la décision de la porte. Règle générale, il s'agit de l'éventail des décisions : « Go / Kill ».

Tableau 2 : Actions possibles sur les projets (Lahaye 2009)

Faire sortir du portefeuille	Tuer
Transformer / Combiner	Arrêter (une reprise est possible) Fusionner les projets Accélérer les projets Ralentir certains projets

Lorsqu'une décision est favorable, le comité assigne des ressources aux projets. Voici donc les étapes en détail.

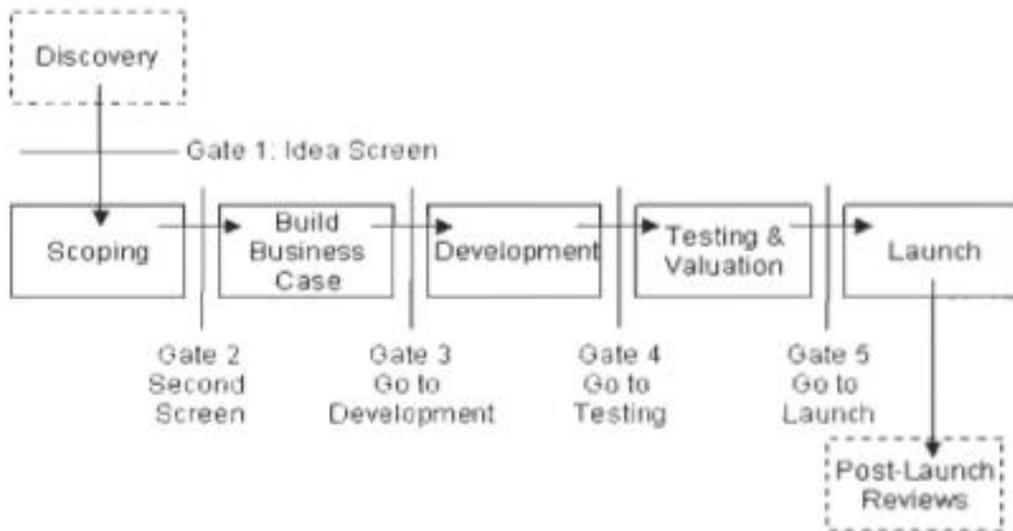


Figure 4 : Le processus « Stage Gate » ou passage d'étape (Cooper 1990)

Étape 1 : Découverte. Cela fait référence à tout le travail de recherche nécessaire pour faire émerger des idées.

Porte 1 : Filtrage des idées. Il s'agit de la décision d'assigner des ressources à un projet avec un potentiel intéressant. Cette première porte s'assure simplement que le projet respecte l'alignement stratégique.

Étape 2 : Portée. Étape de recherche préliminaire d'information sur l'étendue du projet. Le but est d'analyser partiellement la faisabilité technique du développement, des coûts et du délai d'exécution.

Porte 2 : Second filtre. Cette porte est essentiellement une répétition de la porte précédente. Grâce aux informations supplémentaires, le projet satisfait-il les critères auxquels il doit obligatoirement rencontrer?

Étape 3 : Construction de l'étude d'opportunité. Cette étape inclus une analyse très détaillée de la définition du projet, de la justification de l'entreprendre d'un point de vue du marché et financier (investissements requis et bénéfices anticipés).

Porte 3 : Décision sur l'étude d'opportunité. Il s'agit de la dernière section où le projet peut être abandonné avant son développement et par conséquent, de nécessité des investissements

massifs. Ici, il faut s'assurer que tous les critères de qualité ont les seuils suffisants, en plus de prendre en considération les analyses qualitatives effectuées lors de l'étape précédente.

Étape 4 : Développement. Cette étape réfère au prototypage. Une mise à jour des plans financiers est effectuée. Un plan de production sur le marché est élaboré si les essais sont concluants. À ce point, il faut également aborder l'aspect légal et du droit d'auteur.

Porte 4 : Bilan post-développement. Il s'agit d'une vérification des progrès et de s'assurer de la nécessité d'entreprendre ce projet. Une équipe d'expert détermine le niveau de qualité du produit. L'impact économique est revu à nouveau selon les nouvelles données. Le comité approuve les plans pour une mise en œuvre imminente.

Étape 5 : Test et évaluation. Cette étape s'assure de la viabilité à long terme du projet.

Porte 5 : Décision d'avant lancement. C'est la dernière étape à franchir avant la commercialisation à grande échelle. Ce jalon est le dernier où le projet peut être abandonné. Les résultats de qualité de l'étape précédente justifient la décision. Si les projections financières sont prometteuses, alors le projet passera à l'étape suivante.

Étape 6: Lancement. Cette étape est la dernière du processus « Stage Gate ». Elle marque le début de pleine production et ainsi du lancement sur le marché du nouveau produit.

Étape 7 : Bilan post-lancement. Un projet étant par définition un effort temporaire, il a un moment dans son cycle de vie où le projet est terminé. L'équipe est dissoute et la finalité du projet devient dans les opérations quotidiennes. La performance est alors analysée et c'est le bon moment d'établir les leçons apprises.

1.5 Revue de littérature

1.5.1 Typologie des problèmes de sélection de portefeuille de projets

Il existe dans la littérature plusieurs méthodes qui peuvent être utilisées pour résoudre les problèmes de sélection d'un portefeuille de projets. Les travaux de typologie réalisés par Hall et Nauda (1990) proposent une classification en quatre catégories.

- Méthodes de mesure des bénéfices;
- Modèles de programmation mathématique;
- Modèles d'émulation cognitive;
- Méthodes ad hoc;

Dans la littérature il existe une ambiguïté quant à la sélection des portefeuilles, car certains utilisent des méthodes de sélection des projets individuelle pour y parvenir. C'est le cas de *Iamratanakul et al. (2008)* qui suggèrent l'ajout des deux regroupements que voici.

- Méthodes de simulation heuristiques;
- Méthodes d'options réelles.

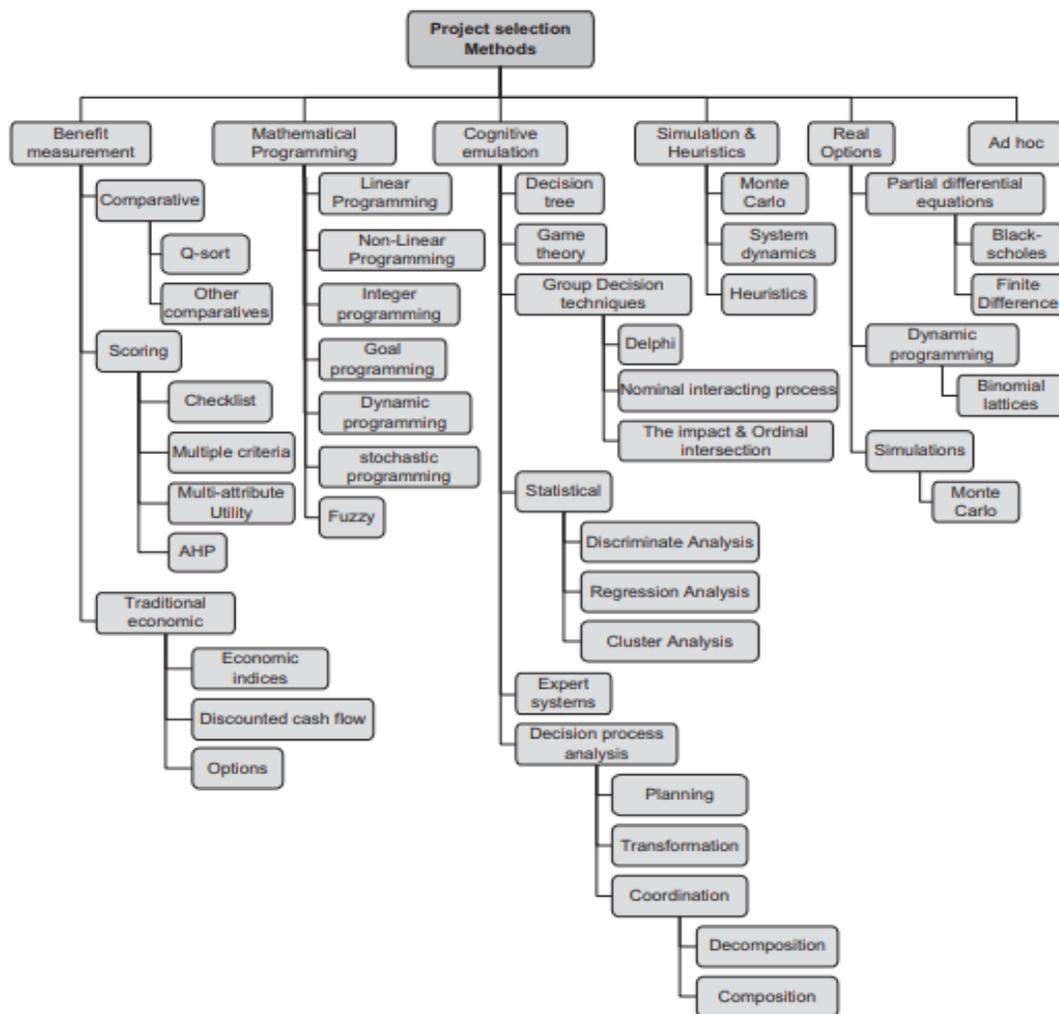


Figure 5 : Classification des modèles de sélection des portefeuilles de projets (Iamratanakul et al. 2008)

Voici d'autres méthodes utilisées et répertoriées dans la littérature pour résoudre les problèmes de sélection des portefeuilles de projets.

Tableau 3 : Recension des principales méthodes de sélection de portefeuille de projets

Auteurs	Champ d'application	Méthode utilisée
(Focke et Stummer 2003) (E Kleinmuntz et N Kleinmuntz 1999)	Gestion des hôpitaux	MCCB
(Martell <i>et al.</i> 1998)	Gestion de forêt	MCCB
(Robinson <i>et al.</i> 1998)	Gestion de maintenance des routes	MCCB
(Stummer et Heidenberger 2003) (Strauss et Stummer 2002) (Thizy <i>et al.</i> 1996) (Martikainen 2002)	Organisations industrielles	MCCB
(Hu <i>et al.</i> 2008)	Entreprise manufacturière	MODM Pareto Frontier
(Salo et Bunn 1995)	Planification de scénario	
(Spronk et Hallerbach 1997) (Zopounidis 1999) (Hallerbach et Spronk 2002) (Zopounidis et Doumpos 2002) (Steuer et Na 2003)	Analyse financière	MCCB
(Marasović et Babić 2011)	Analyse financière	PROMETHEE II
(Stewart 1991)	Société d'électricité	Métaheuristique
(Almeida et Duarte 2011)	Société d'électricité	Optimisation 0-1 non linéaire
(Saaty 1986)		AHP
(Ouellet et Martel 1995)	Non spécifié	PROMETHEE
(Eilat <i>et al.</i> 2006)	Agence gouvernementale	DEA-BSC Branch-and-bound algorithm
(Fiala <i>et al.</i> 2014)	Société d'ingénierie	ANP
(Khalili-Damghani <i>et al.</i> 2013)	Institution de services financiers	Fuzzy DEA MOEA (NSGA-II)
(Carazo <i>et al.</i> 2010)	Random instances	Métaheuristiques
(Ghorbani et Rabbani 2009)	Random instances	MODM, métaheuristique
(Gutjahr <i>et al.</i> 2010)	Commerce électronique	Métaheuristique NSGA-II Pareto Ant Colony
(Gaytán-Iniestra et Garcia-Gutierrez 2009)	Transport	Métaheuristique NSGA-II ELECTRE III
(Fliedner et Liesiö 2016)	Industrie des semi-conducteurs	Modélisation de portefeuille robuste Incertitude

(Kuchta 2001)	Non spécifié	Fuzzy
(Kaiser <i>et al.</i> 2015)	Industrie de la construction allemande	Alignement stratégique et structure organisationnelle
(Jeng et Huang 2015)	Institue nationaux de recherche	MCDM MDM DEMATEL ANP
(Chiang et Nunez 2013)	Organisation des technologies de l'information	Multiobjective optimisation EA
(Arratia M <i>et al.</i> 2016)	Secteur public	Modèle statique MILP
(Hassanzadeh <i>et al.</i> 2014)	Pharmaceutique	MCCB
(Meade et Presley 2002)	Petite entreprise dans le secteur des hautes technologies	ANP
(Martínez-Vega <i>et al.</i> 2018)		Multiobjective optimisation problem Dynamic allocation ressources MODM Nondominated Sorting Genetic Algorithm II and Strength Pareto Evolutionary Algorithm NSGA 2
(Amaral et Araújo 2017)		DEA
(Abbasianjahromi et Rajaie 2013)	Industrie de la construction	MODM Fuzzy
(Yu <i>et al.</i> 2012)		MCDM NLIP Algorithme génétique Métaheuristique
(Mavrotas <i>et al.</i> 2006)	Sélection des firmes demandant un soutien financier provenant de fonds publics.	PROMETHEE V Integer programming
(Golabi <i>et al.</i> 1981)	Secteur de l'énergie solaire	Integer linear program Multi-attribute
(Garcia-Bernabeu <i>et al.</i> 2015)	Secteur des énergies renouvelables	MCDM
(Lengacher et Cammarata 2012)	Industrie du fer et de l'acier et conservation de l'eau	DEA MIP
(Lin <i>et al.</i> 2005)	Entreprise de l'alimentation	Fuzzy ILP
(FAEZY 2015)	Compagnie pétrolière	ELECTRE

		Fuzzy GRA
(Jin 2010)	Technologie de l'information	Fuzzy AHP DEA
(Fouladgar <i>et al.</i> 2012)		MDCM Fuzzy AHP VIKOR
(Masoumi 2015)	Industrie de la construction	PROMETHEE AHP
(Perez et Gomez 2016)	Exemple fictif sur une banque	Nonlinear binary multi-objective mathematical model Fuzzy
(García-Melón <i>et al.</i> 2015)	Entreprise d'électricité	ANP
(Costantino <i>et al.</i> 2015)		ANN
(Çalar et Gürel 2017)	Secteur public	MILP Dynamic programming algorithm.
(Martins <i>et al.</i> 2017)	Entreprise d'électricité	Monte Carlo simulation
(Litvinchev <i>et al.</i> 2011)	Secteur public, gouvernement et entreprise sans but lucratif	Multiobjective MILP
(Montajabiha <i>et al.</i> 2017)	Industrie pharmaceutique	Robust combinatorial optimization algorithm
(Chang et Lee 2012)	Industrie de l'ingénierie, l'approvisionnement et la construction	DEA Knapsack formulation Fuzzy artificial bee colony (ABC) algorithm
(Aragonés-Beltrán <i>et al.</i> 2014)	Centrale solaire thermique	AHP ANP
(Carlsson <i>et al.</i> 2007)	Environnement d'entreprises	Fuzzy MIP
(Ghasemzadeh <i>et al.</i> 1999)	Télécommunications (The Merritt Corporation)	A 0-1 ILP
(Doerner <i>et al.</i> 2006)	Fabricant de moteurs électriques et de ventilateurs	ILP P-ACO
(Shakhsi-Niaei <i>et al.</i> 2011)	Télécommunications	PROMETHEE Monte Carlo
(Ghasemzadeh et Archer 2000)	Several compagnies	organized framework for project portfolio selection through a decision support system (DSS)
(Mavrotas <i>et al.</i> 2003)	Électricité	AHP et ILP Electre-tri et ILP
(Dickinson <i>et al.</i> 2001)	Aviation	Matrice de relations

(Verma et Sinha 2002)	Industrie manufacturière de haute technologie	Cadre théorique Interdépendance entre les projets
(Beaujon <i>et al.</i> 2001)		mixed integer-programming model in the form of a multi-dimensional knapsack problem
(Liberatore et Titus 1983; Liberatore 1988; Danila 1989)		Optimisation sous contraintes

1.5.2 Les approches possibles pour les méthodologies de sélection de portefeuilles

La littérature évoquée permet de distinguer deux grandes approches pour sélectionner les portefeuilles de projets. Les deux méthodes ont le même point de départ, soit un premier filtre au niveau d'une analyse individuelle des projets pour éliminer ceux qui n'atteignent pas les seuils minimaux sur les critères choisis. À l'issue de cette étape préliminaire, seuls les projets faisables sont conservés.

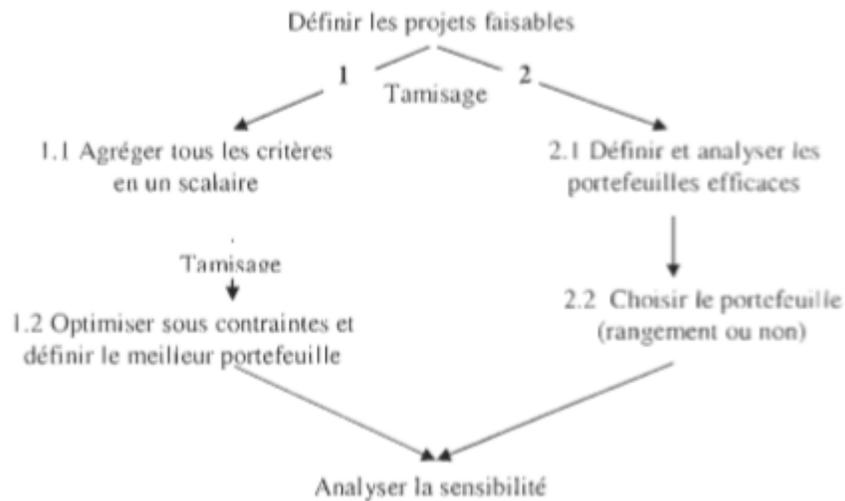


Figure 6 : Approches possibles pour les méthodologies de sélection de portefeuilles

- 1^{ère} approche : elle consiste à agréger tous les critères grâce à une fonction de valeurs implicite ou explicite, en un scalaire qui deviendra alors le résultat final du projet. Il sera ensuite possible d'utiliser ce résultat pour l'optimisation du portefeuille selon les contraintes.
- 2^e approche : elle consiste à générer l'ensemble de tous les portefeuilles efficaces (ou faisables) en maintenant l'ensemble des critères. Il s'agit de considérer les portefeuilles non dominés, connus comme l'ensemble des solutions Pareto optimales et d'en faire un choix grâce à des méthodes telles ELECTRE ou PROMETHEE. Cependant, l'utilisation des métaheuristiques devient un incontournable à cette étape due au grand nombre de projets retenus (Doerner *et al.* 2004). En effet, dans la situation où il y a N projets, l'on peut s'attendre à obtenir 2^N portefeuilles à évaluer, ce qui constitue une explosion combinatoire des portefeuilles à analyser. Ce scénario est idéal dans le cas où les décideurs n'ont pas affiché a priori de préférences.

1.5.3 Remarques finales sur la revue de littérature

Les résultats d'une étude sur la gestion stratégique analysant le parcours de plus de 600 projets dans les secteurs des organisations privés, gouvernementaux et à but non lucratif, ont démontré que 85% des projets ne respectent pas les délais et les objectifs budgétaires initialement fixés (Shenhar et Dvir 2007). À première vue ces lacunes peuvent sembler provenir d'une mauvaise planification, de ressources insuffisantes ou d'un manque de communication (Ika 2009). Cependant, il s'avère que ces problématiques surviennent aussi dans les projets conduits par des gestionnaires de projets chevronnés qui gèrent très bien leur projet, avec les outils et techniques de gestion de projets reconnus, tout en ayant l'appui de la haute direction.

Serait-ce possible qu'indépendamment des caractéristiques intrinsèques du projet et de son contexte, voire même favorable dans le cas où toutes les conditions gagnantes sont réunies telles que mentionnés ci-haut, que la problématique se situe en amont, soit au niveau de la sélection des bons projets ?

Pour répondre à cette question, la littérature évoque plusieurs méthodes pour sélectionner un portefeuille de projets dont le but est d'accroître la performance d'une organisation avec des objectifs multiples, tout en tenant compte des variables incontournables que sont l'interaction, l'incertitude, l'information changeante, l'émergence d'opportunité et plusieurs occasions pour la prise de décision dans un environnement dynamique.

Malgré l'existence de ces méthodes, les recherches antérieures n'ont pas examiné la raison pour laquelle, compte tenu des avantages d'un processus formel de sélection des projets, les institutions publiques axées sur les projets n'ont adopté que très peu de processus formels de sélection des projets (Parker *et al.* 2015). C'est pourquoi, notre objectif de recherche est de proposer une méthodologie, un processus formalisé, de sélection d'un portefeuille de projets pour supporter les décideurs dans le secteur de la santé et des services sociaux afin de contribuer à la littérature sur le sujet. Cette méthodologie s'inscrit à l'intérieur de la deuxième approche évoquée précédemment.

CHAPITRE II : Proposition de méthodologie

2.1 Les typologies retenues

Dans le cadre de cette recherche, nous proposons une méthodologie à partir d'un problème multi objectifs non linéaire en nombres entiers, ce qui signifie que nous nous inscrivons dans la catégorie de la programmation mathématique non linéaire résolue grâce à une simulation métaheuristique d'optimisation en colonie de fourmis. Mais nous allons recourir à des méthodes de tri et de rangement multicritère, ce qui positionne également notre travail dans la catégorie des méthodes de scoring. Dans ce chapitre, nous expliquons de façon détaillée les étapes de cette méthodologie et en quoi, elle est en adéquation avec le contexte de la sélection d'un portefeuille de projet dans le domaine de la santé et des services sociaux.

Tableau 4 : Typologies retenues pour notre méthodologie

	Unicritère	Multicritère
	Statique	Dynamique
	Certitude	Incertitude
Interactions	Oui	Non
Attribution des fonds	Partielle	Totale

2.2 Logigramme des étapes de la méthodologie proposée

Tout d'abord, voici la représentation synthétique de la démarche que nous utilisons. En fait, il s'agit d'un logigramme traduisant la séquence de toutes les étapes de la méthodologie proposée pour résoudre la problématique de sélection de portefeuille de projet dans le secteur de la santé et des services sociaux. Évidemment, toutes les particularités sont expliquées en détail dans ce chapitre et le suivant.

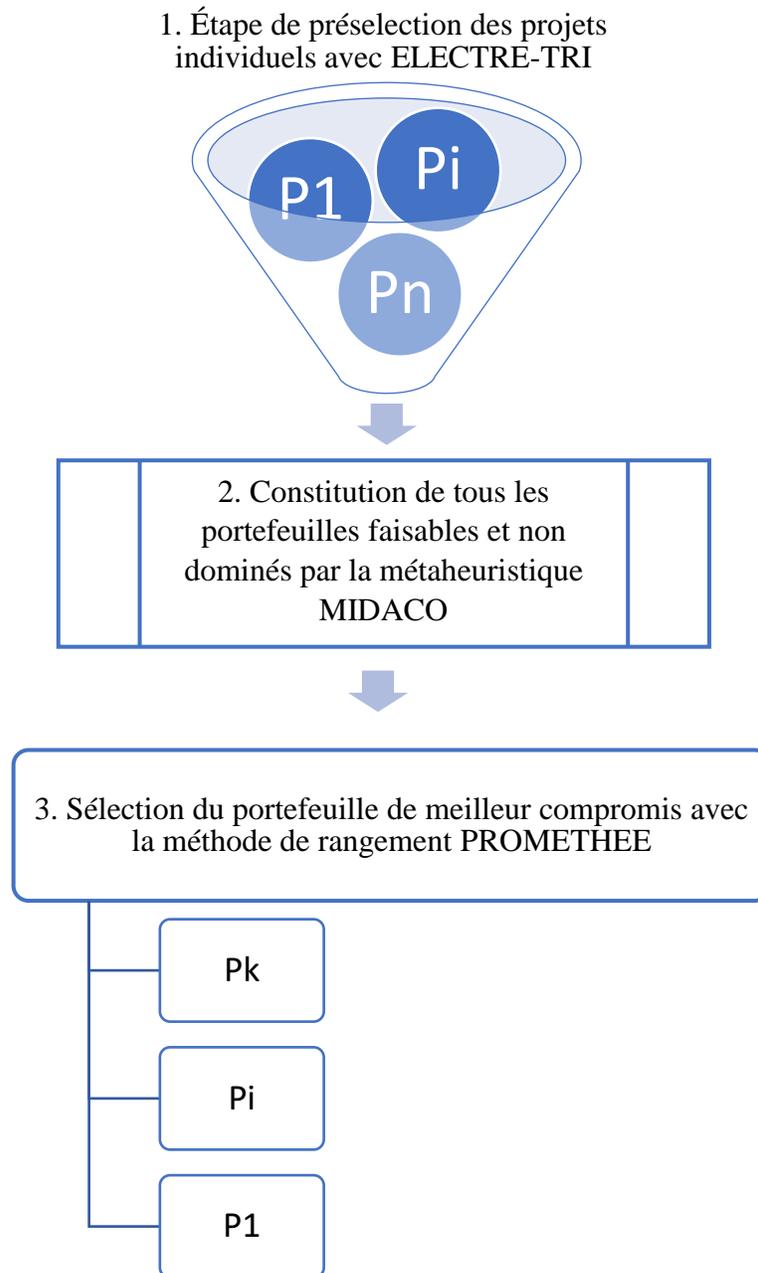


Figure 7 : Étapes de la méthodologie de sélection de portefeuilles de projets proposée

2.3 Étape 1 : l'évaluation individuelle des projets - la méthode de surclassement multicritère ELECTRE TRI-B

La première étape de notre méthodologie consiste à faire une analyse individuelle des projets. Le but est de filtrer tous les projets afin d'éliminer de nos analyses ultérieures les

projets qui n'atteignent pas les seuils minimaux établis par les décideurs. Nous nous assurons ainsi de construire des portefeuilles de projets uniquement à partir des bons projets. L'élimination des mauvais projets procure également un autre avantage, car plus il y a de projets présents dans la prochaine étape, plus le nombre de portefeuilles possibles augmente. En effet, dans le cas où nous avons N projets, le nombre de portefeuilles faisables (ou possibles) est exprimé par 2^N . Cela nous réfère au principe de l'explosion combinatoire que voici.

Tableau 5 : Démonstration du principe d'explosion combinatoire.

Nombre de projets	Nombre de portefeuilles possibles
2	4
5	32
10	1 024
15	32 768
20	1 048 576
25	33 554 432
30	1 073 741 824

La méthode ELECTRE TRI-B est une méthode de tri (ou classification) multicritère qui nous permet de modéliser les préférences des décideurs pour ensuite comparer des objectifs contradictoires avec des poids sur des critères. Le résultat de l'agrégation permet ensuite d'affecter le projet évalué dans une des catégories prédéfinies. Mais tout d'abord, une introduction à la notion de surclassement en guise de rappel mathématique.

2.3.1 La notion de surclassement

Considérée comme une famille parmi les méthodes d'agrégation multicritère, la méthode de surclassement a été développée par Roy (1968), pour résoudre des difficultés rencontrées lors de l'utilisation d'approches de type critère unique de synthèse. Concrètement, la méthode de surclassement s'effectue en quatre étapes (Mousseau 2009).

1. Détermination des éléments du problème;
 - Alternatives;

- Critères;
 - Poids des critères;
 - Seuils divers;
2. Comparaisons par paire des alternatives sur chaque critère;
 3. Agrégation des comparaisons par paire;
 4. Recommandation finale.

Les méthodes de surclassement sont basées sur les comparaisons d'actions (alternatives) deux à deux en vue d'établir une relation de surclassement S dans un ensemble d'actions. En fait, il s'agit d'une relation binaire définie dans l'ensemble des actions :

$$A = (a, b, c, \dots, x, y)$$

En guise de précision, voici les situations de préférences :

- Préférence stricte (P) : La préférence en faveur d'une des deux actions est significative et les raisons qui corroborent cette affirmation sont claires et positives;
- Préférence faible (Q) : Marque une hésitation entre l'indifférence et la préférence stricte d'une action envers une autre;
- Indifférence (I) : Il existe des raisons claires et positives qui justifient une équivalence entre les deux actions;
- Incomparabilité (R) : Aucune raison claire et positive pour justifier les situations précédentes.

Par conséquent :

$$xPy \Leftrightarrow xSy \text{ et } ySx$$

$$xIy \Leftrightarrow xSy \text{ et } ySx$$

$$xRy \Leftrightarrow xSy \text{ et } ySx$$

Relation de surclassement ($S(x, y)$) : signifie que « x est au moins aussi bon que y ».

$$S(x, y) \Leftrightarrow C(x, y) \wedge \neg D(x, y) \quad (1)$$

Cette définition introduit deux autres concepts, soit celui de concordance et de discordance. En effet, on dit qu'une action x surclasse une action y si :

- Concordance $C(x, y)$: pour qu'une action x surclasse l'action y , x doit être au moins aussi bonne que y relativement à une majorité de critères;
- Non-discordance $\neg D(x, y)$: pour qu'une action x surclasse l'action y , il faut que y ne présente pas d'aspect non négligeable pour lesquels son avantage sur x est substantiel. De plus, y ne doit pas être nettement plus mauvais relativement aux autres critères.

2.3.2 La méthode ELECTRE TRI-B

Il est possible d'utiliser les relations de surclassement pour affecter des actions dans différentes catégories ordonnées déterminées par le décideur grâce à la méthode ELECTRE TRI « Élimination Et Choix Traduisant la Réalité » (Yu 1992; Roy et Bouyssou 1993). À la différence des méthodes de surclassement par paires, ELECTRE TRI effectue les comparaisons entre l'action et des profils. L'objectif n'est pas de comparer les actions, mais plutôt d'apprécier leur valeur intrinsèque individuellement. La méthode se déroule selon les trois étapes suivantes :

1. Définir les limites ou frontières des catégories qui deviendront les profils de référence. Les p catégories C_h , $h = 1, \dots, p$, sont délimitées par $p-1$ profils b_1, b_2, \dots, b_{p-1} , tel que présenté par la figure ci-dessous;

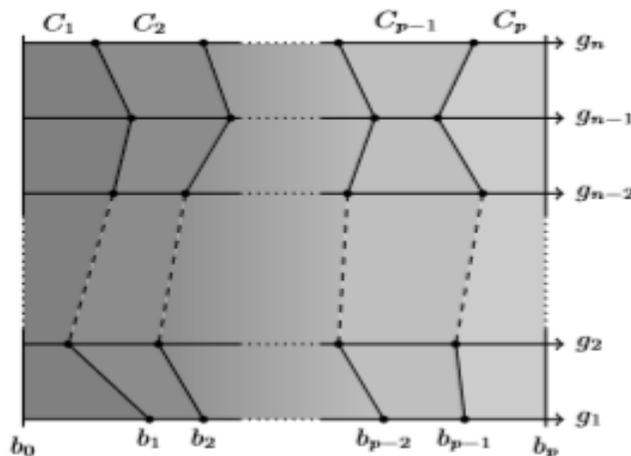


Figure 8 : Définition des catégories par les profils limites

2. Les actions (projets) $A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ sont évaluées $G = (g_1, g_2, \dots, g_n)$ selon leur performance sur un ensemble n de critères j . Notons $F = (1, 2, \dots, n)$, l'ensemble des indices des critères. À cette étape, chacune des actions $a \in A$ est comparée avec les profils de références des limites b , et par conséquent, affecter à une des p catégories prédéfinies ci-haut;
3. Les procédures d'exploitation (affectation) optimiste (disjonctive) et pessimiste (conjonctive) seront utilisées.

Cette notion de surclassement qui compare des actions, ou des projets à des profils se présente mathématiquement comme suit (Sobrie *et al.* 2013).

Il est possible d'affirmer que le projet a surclasse le projet b sur un critère j établi par les décideurs (aS_jb) si sa performance sur ce critère est au moins aussi bonne que celle du projet b . La performance du projet a sur le critère j est désignée par $g_j(a)$.

$$aS_jb \Leftrightarrow g_j(a) \geq g_j(b) \quad (2)$$

Dans les paramètres, l'utilisateur peut inscrire un seuil de véto sur le critère j , défini comme $v_j(g_j)$ dans notre exemple. Cette situation se produit lorsqu'un projet est meilleur que l'autre, car ce dernier est fortement moins bon sur un des critères. En exprimant aV_jb , nous indiquons que la performance de b sur le critère j est tellement plus mauvaise que celle de a . Le projet a surclasse donc le b dû au véto sur un critère, et ce, indépendamment de sa performance sur les autres critères.

$$aV_jb \Leftrightarrow g_j(b) < g_j(a) - v_j(g_j(b)) \quad (3)$$

En somme, une relation de surclassement ÉLECTRE TRI s'exprime comme suit :

$$aSb \Leftrightarrow \sum_{j \in S(a,b)} w_j \geq \lambda \text{ et } [\neg[bV_ja], \forall j \in F]$$

avec $S(a,b) = \{j \in F : aS_jb\}$ (4)

Le projet a est considéré comme étant meilleur dans son ensemble que le projet b , si le projet a est jugé comme étant au moins aussi bon que b sur une majorité de critères. Cette majorité de critères est obtenue, si et seulement si, la somme des poids w_j des critères en faveur de a est supérieure au seuil λ (avec $0.5 \leq \lambda \leq 1$ lorsqu'on travaille avec des poids

normalisés, c'est-à-dire $\sum_{j=1}^n w_j = 1$). De plus, il ne doit pas y avoir de critères où le projet a serait jugée comme trop fortement plus mauvais que b .

Lors de l'application de la démarche, tous les projets A sont comparés aux profils de références b_k qui délimitent les catégories ordonnées pour valider si les relations $S(a, b_k)$ et $S(b_k, a)$ sont établies. Il est alors possible d'exécuter les procédures d'affectation du tableau 6 ci-dessous afin que tous les projets puissent être affectés à une des p catégories.

Tableau 6 : Procédure d'affectation optimiste et pessimiste dans ELECTRE TRI (Sobrie et al. 2013)

PROCÉDURE OPTIMISTE	PROCÉDURE PESSIMISTE
Comparer a successivement à b_k , pour $k = 1, 2, \dots, p-1$.	Comparer a successivement à b_k , pour $p-1, p-2, \dots, 0$.
b_h étant le premier profil tel que b_hPa , a est affectée à la catégorie C_h . b_hPa signifie b_h est strictement préféré à a , ce qui correspond à b_hSa et non aSb_h . Si b_hPa n'est jamais réalisée, alors a est affectée à la catégorie la meilleure, C_p .	b_h étant le premier profil tel que aSb_h , a est affectée à la catégorie C_{h+1} . Si aSb_h n'est jamais réalisée, alors a est affectée à la catégorie la moins bonne, C_1 .

Il est important de mentionner que d'autres versions d'ELECTRE TRI utilisant des démarches différentes ont été développées. À titre d'exemple, la méthode ELECTRE TRI-C ne compare pas les projets à des profils frontières entre les catégories, mais à des profils centraux qui expriment un projet représentatif de cette même catégorie. Pour sa part, ELECTRE TRI-nC utilise le même principe qu'ELECTRE TRI-C quant aux profils centraux, mais elle se base sur plusieurs projets caractéristiques de la catégorie, plutôt qu'un seul (Almeida-Dias *et al.* 2012).

Dans le cas qui nous concerne, l'utilisation d'ELECTRE TRI comporte plusieurs avantages. Maystre *et al.* (1994), soutiennent que le tri permet de juger une action pour elle-même, et ce, indépendamment des autres actions. La comparaison est effectuée sur des profils établis selon les préférences des décideurs plutôt qu'entre les actions comme dans les autres méthodes ELECTRE qui ont recours à du choix ou du rangement. Cela permet également de fixer des valeurs de référence ou des normes, déterminant ainsi, les barèmes d'un excellent résultat et celui d'un médiocre. De plus, l'on peut évaluer un nombre d'actions considérable,

car ELECTRE TRI n'effectue pas de comparaisons par paires. L'introduction des notions de vrais critères, pseudo-critères, de seuils de préférence, d'indifférence ou de véto ajoute de la latitude dans l'élaboration des paramètres pour l'utilisateur (Yu 1992; Roy et Bouyssou 1993).

À l'issue de cette étape, les projets seront classés selon les catégories choisies. Nous pourrions donc retirer les projets à faible valeur ajoutée, diminuant du même coup, le nombre de projets à prendre en considération à l'étape suivante.

2.4 Étape 2 : Constitution de tous les portefeuilles de projets efficaces

La deuxième étape de notre analyse consiste à constituer l'ensemble des portefeuilles efficaces, ou non dominés, en tenant compte de l'évaluation multicritère des quatre grands critères du domaine de la santé, en plus de l'interaction entre ces projets. Pour obtenir les solutions Pareto optimales, nous devons générer tous les portefeuilles possibles.

Nous modélisons ce problème multi objectifs non linéaires en nombres entiers par la formulation mathématique proposée par Eilat *et al.* (2006).

$$\begin{aligned}
 & \text{'max'} O_{rk} \quad , r = 1, \dots, n \\
 & \text{st} \quad I_{ik} \leq R_i \quad , i = 1, \dots, m \\
 & \text{or} \\
 & \text{'max'} \sum_{j=1}^{np} Z_{jk} \left(\sum_{l=1}^{np} P_{jl} Z_{lk} \right) \left[O_{rj} + \sum_{i=1}^{j-1} V_{ji}^r \left(\sum_{l=1}^{np} P_{il} Z_{lk} \right) Z_{ik} \right] \quad , r = 1, \dots, n \quad (5) \\
 & \text{st} \quad Z_k' U^i Z_k \leq R_i \quad , i = 1, \dots, m
 \end{aligned}$$

Tableau 7 : Nomenclature de Eilat et al. (2006)

n	Nombre de critères pour un projet / portefeuille (objectifs)
m	Nombre de ressources / intrants pour un projet / portefeuille (contraintes)
np	Nombre total de projets
R_i	Quantité totale d'intrant / ressource i disponible
O_{rj}	Score attendu du projet j pour les critères r obtenus avec succès
I_{ik}	Quantité d'intrant (ressource) i requise pour le portefeuille k
O_{rk}	Score attendu du portefeuille k pour les critères r obtenus avec succès
U^i	Matrice d'interaction des ressources des intrants / ressources i
$V^r=(v_{ji}^r)$	Valeurs de la matrice d'interaction du critère r . Les éléments diagonaux v_{jj}^r représentent la valeur du critère (r) pour le projet individuel (j). Les éléments non diagonaux v_{ji}^r représentent les valeurs d'interaction entre les projets (j) et (i) de l'extrait (r).
$P=(p_{ji})$	Matrice d'interaction des probabilités. Les éléments diagonaux p_{jj} représentent la probabilité de succès de chaque projet individuel (j). Les éléments non diagonaux p_{ji} sont les changements marginaux dans la probabilité que le projet (j) réussisse étant donné que le projet (i) est entrepris. En général, P n'est pas symétrique car le projet (j) peut avoir un impact plus important sur le projet (i) que l'inverse.
Z_k	Vecteur représentant une sélection particulière de projets du portefeuille k ($z_{jk} = 1$ si le projet j est inclus dans le portefeuille k , sinon $z_{jk} = 0$)

2.4.1 Méthodes de résolution

Après avoir analysé puis modélisé un problème, il faut déterminer de quelle façon nous allons le résoudre. Les méthodes de résolution (ou d'optimisation) peuvent être classées en deux grandes catégories, soit les méthodes exactes et les méthodes approchées, telles que définies dans la figure ci-dessous.

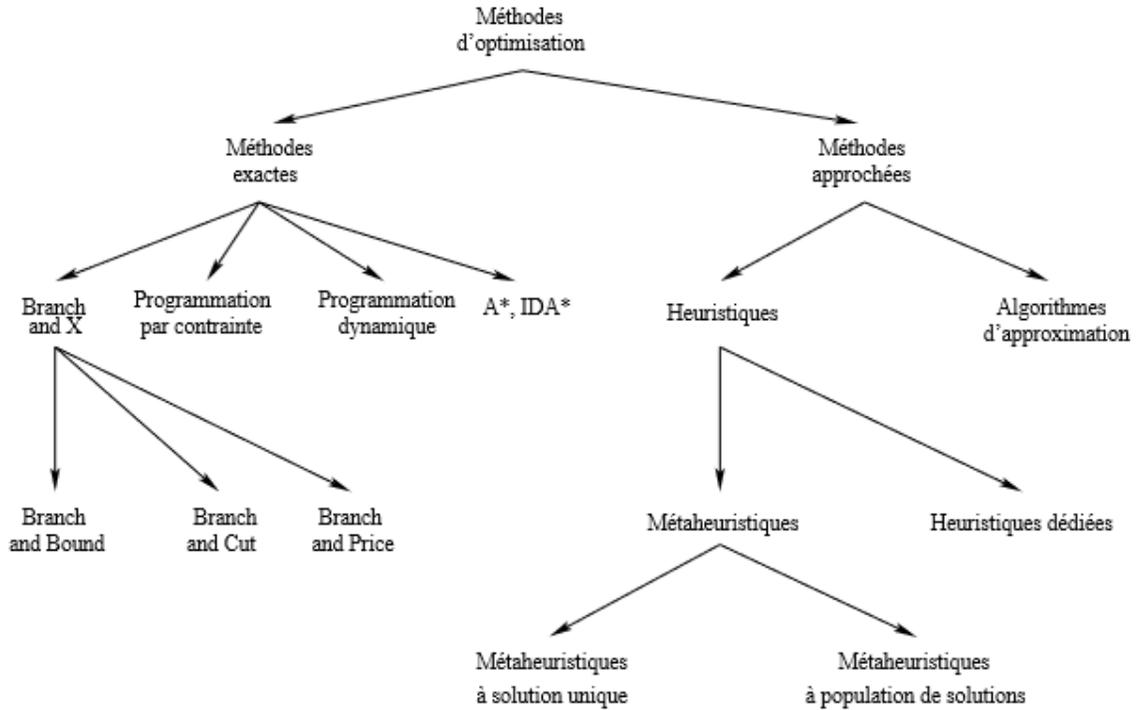


Figure 9 : Une possible hiérarchie des méthodes d'optimisation (Boisson 2008).

Les méthodes exactes ont l'avantage de nous assurer l'optimalité des solutions puisqu'elles parcourent l'ensemble de l'espace de recherche. Ce degré de précision est idéal, mais seulement applicable lorsqu'il y a peu de portefeuilles possibles, car plus l'espace de recherche est important, plus son utilisation est dispendieuse.

Dans notre cas, le principe d'explosion combinatoire évoqué précédemment, rend impraticable l'utilisation d'une méthode de résolution exacte. C'est pourquoi il nous est possible de contourner ce problème grâce à l'utilisation d'une métaheuristique, plus précisément, d'un algorithme génétique. Cette méthode s'inscrit à l'intérieur de la famille des méthodes approchées, étant donné qu'elle fournit des solutions de qualités satisfaisantes dans un temps de calcul raisonnable considérant la complexité due à la dimension de l'espace de recherche.

2.4.2 Métaheuristique

Le terme métaheuristique vient des mots grecs « méta » et « heuriskein » qui signifient respectivement « au-delà » et « trouver ». Même s'il n'existe pas de consensus dans la littérature sur la définition exacte des termes heuristique et métaheuristique, nous pouvons néanmoins partir du principe qu'une heuristique est une technique de résolution spécialisée à un problème qui ne garantit pas la qualité du résultat, tandis qu'une métaheuristique est une heuristique générique qui faut moduler selon la problématique.

Osman et Laporte (1996) définissent les métaheuristicques comme étant un processus de génération itératif qui guide une heuristique subordonnée en combinant intelligemment différents concepts pour explorer et exploiter l'espace de recherche. Des stratégies d'apprentissage sont utilisées pour structurer les informations afin de trouver des solutions presque optimales. Par conséquent, les métaheuristicques sont généralement non déterministes, c'est-à-dire, qu'elles ne donnent aucune garantie quant à l'optimalité des options retenues.

La littérature indique que les métaheuristicques peuvent être classées en deux grandes catégories, soit par solution unique (la recherche par descente, la recherche Tabou (Glover 1989), le recuit simulé (Kirkpatrick *et al.* 1983), la recherche locale itérative, la recherche à voisinage variable) ou à population de solutions (les algorithmes génétiques et la recherche par dispersion). Les algorithmes génétiques sont intéressants du fait qu'ils permettent d'obtenir un éventail de solutions dans le cas où une fonction comporte plusieurs optimums globaux. Plusieurs solutions de compromis peuvent donc être proposées lors de la résolution d'un problème multi objectifs (Dréo *et al.* 2006).

2.4.3 Algorithmes de colonies de fourmis

Dans notre recherche, nous utiliserons la métaheuristique stochastique « Ant Colony Optimization (ACO) » ou de colonies de fourmis (Dorigo 1992) pour résoudre notre problème. Cet algorithme d'optimisation s'inspirant de la nature appartient à la classe des algorithmes évolutifs, en ce sens où une population d'agents partage certaines informations

afin d'atteindre un objectif. En effet, l'algorithme simule la capacité de résolution de problème observée chez une colonie de fourmis pour trouver le trajet le plus court. À titre d'exemple, dans leur quête pour trouver de la nourriture, les fourmis commencent à explorer aléatoirement autour de leur fourmilière. Dès qu'une fourmi parvient à dénicher une source de nourriture, cette dernière retournera à la fourmilière afin d'apporter son butin. Sur le chemin du retour, elle laissera derrière elle une piste de phéromone chimique indiquant son chemin. Cette piste attirera d'autres fourmis à la suivre dans l'espoir de retrouver de la nourriture. Comme démontré dans la figure ci-dessous, le trajet le plus court étant forcément le plus rapide, il sera emprunté plus souvent que les autres, c'est donc sur ce trajet que la piste de phéromone sera la plus accentuée.

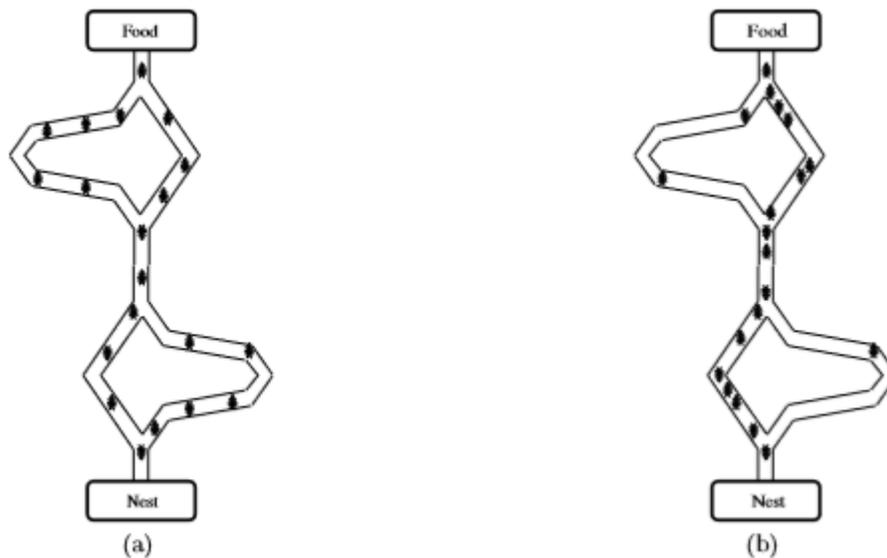


Figure 10 : Illustration de l'expérience de sélection du trajet le plus court par une colonie de fourmis: (a) au début de l'expérience, (b) à la fin de l'expérience (Dréo et al. 2006).

L'idée de base des algorithmes en colonie de fourmis est d'imiter ce comportement biologique avec des fourmis artificielles, qui recherchent de manière aléatoire au départ et utilisent ensuite un paramètre de type phéromone pour explorer le domaine de recherche défini par un problème d'optimisation. À l'issue du processus, cet algorithme soumettra les solutions de Pareto optimales.

2.4.4 Constitution des portefeuilles efficace – la méthode MIDACO

C'est avec le logiciel Midaco (Mixed Integer Distributed Ant Colony Optimization) que nous allons effectuer la recherche des solutions Pareto optimales, car il permet de générer un sous-ensemble de solutions qui respectent les contraintes du problème. Développé par Schlueter et Munetomo, avec la collaboration de l'Agence Spatiale européenne, ce logiciel est spécialisé dans la résolution des problèmes d'optimisation à objectifs uniques ou multiples avec ou sans contrainte, tout en permettant l'utilisation de variables de types continues, entières et mixtes. Il possède également une capacité d'analyse à grande échelle puisqu'il peut traiter jusqu'à 100 000 variables, tout en gérant des milliers de contraintes. Midaco est utilisé principalement dans les domaines d'applications que sont l'aérospatiale, l'ingénierie chimique, la finance, la biotechnologie et les télécommunications (Schlueter et Munetomo 2016).

L'une des particularités intéressantes de Midaco est sa capacité de résolution des problèmes multi objectifs, non linéaire en nombres entiers dont voici la formulation mathématique dans un cas de minimisation, où $f_{1,\dots,o}(x)$ représente la valeur de fonction objectif et le vecteur $g_{1,\dots,m}(x)$ sont la valeur de fonction des contraintes. De plus, la contrainte d'égalité est représentée par $1, \dots, m_e$ dans les valeurs des contraintes $g(x)$, tandis c'est plutôt $m_e + 1, \dots, m$ pour l'inégalité. De plus, certaines contraintes de boîte comme limites inférieures x_l et supérieur x_u sont supposées pour les variables de décision x .

$$\text{Minimize } f_1(x), f_2(x), \dots, f_o(x) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{Subject to: } \quad & g_i(x) = 0, \quad i = 1, \dots, m_e \\ & g_i(x) \geq 0, \quad i = m_e + 1, \dots, m \\ & x_l \leq x \leq x_u \quad (\text{box constraints}) \end{aligned}$$

Concrètement, Midaco procède à la résolution en combinant l'algorithme évolutionnaire d'optimisation de colonies de fourmis avec la méthode de pénalité Oracle (*Oracle Penalty Method*) pour ce qui est de la gestion des contraintes. Cette démarche vise donc la recherche des solutions optimales. En ce sens, il s'agit d'un logiciel robuste qui tient compte des nombreuses particularités des cas d'applications réels.

2.4.4 La frontière d'efficacité optimale de Pareto

En résumé, nous obtenons à partir de tous les portefeuilles de projets générés (solution réalisable), un sous-ensemble de portefeuilles efficaces ou non dominés (solution Pareto) qui forment la frontière d'efficacité (ou optimum) de Pareto. À cette étape, il n'existe pas de portefeuille meilleur qu'un autre, car toute amélioration sur un objectif se fait au détriment d'un autre. La figure ci-dessous exprime cette situation dans un exemple de minimisation à deux fonctions objectifs f_1 et f_2 .

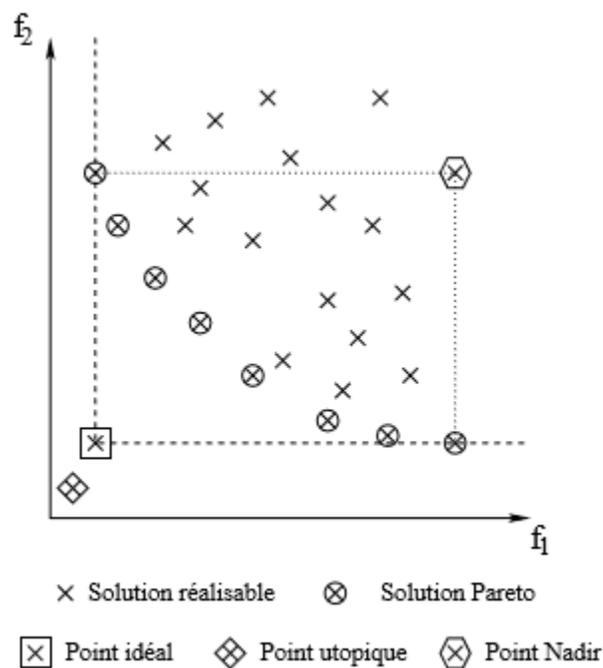


Figure 11 : Frontière d'efficacité optimale de Pareto (Boisson 2008)

2.5 Étape 3 : choix du portefeuille de projets de meilleur compromis

La dernière étape de notre méthodologie consiste à proposer une façon de répondre à la question suivante : comment choisir le portefeuille de meilleur compromis parmi toutes ces bonnes solutions ?

Pour ce faire, nous avons choisi d'opter pour une méthode d'agrégation multicritère afin de procéder à un rangement des portefeuilles. De cette façon, nous pourrions identifier aisément le portefeuille idéal selon nos critères spécifiques aux portefeuilles. Ces critères sont différents de ceux utilisés pour analyser les projets à titre individuel.

2.5.1 Rangement des portefeuilles efficaces – la méthode PROMETHEE

La méthode PROMETHEE (The Preference Ranking Organization METHOD of Enrichment Evaluation) appartient à la famille des méthodes de surclassement où, approche du surclassement de synthèse acceptant l'incomparabilité (Brans *et al.* 1986). Elle ressemble à la méthode ELECTRE présentée précédemment dans le sens où elle vise à construire une relation de surclassement avec les options. Elle se démarque toutefois par la nature de cette relation. Parmi les avantages de l'utilisation de cette méthode, notons l'utilisation de la notion de l'intransitivité et de l'incomparabilité.

La méthode PROMETHEE établit une relation de surclassement évaluée, c'est-à-dire, une intensité de préférence numérique de surclassement, en effectuant une comparaison deux à deux des options. À l'issue de cette analyse, nous obtenons un rangement $P(\gamma)$ à partir du sous-ensemble des portefeuilles non dominés (A). Autrement dit, les portefeuilles seront rangés du meilleur au moins bon.

Le degré de surclassement de l'option a sur l'option b s'effectue en calculant pour chaque couple (a, b) de l'ensemble des options A , une intensité de préférence en tenant compte du poids w_j proportionnel à son importance relative, de chacun des critères (j). Nous obtenons ainsi :

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b)w_j \quad (7)$$

Dans ce cas, $P_j(a, b)$ est un nombre compris entre 1 et 0 qui augmente plus l'écart dans le résultat est important, où une valeur proche de 1 signifie que cette option est nettement préférable à l'autre.

$$g_j(a) - g_j(b) \quad (8)$$

On détermine que la valeur est nulle si :

$$g_j(a) \leq g_j(b) \quad (9)$$

On exprime mathématiquement le calcul pour obtenir $P_j(a, b)$ comme suit :

$$P_j(a, b) = F_j[d_j(a, b)] \quad \forall a, b \in A, \quad (10)$$

$$d_j(a, b) = g_i(a) - g_j(b)$$

Pour chacun des critères, le décideur peut choisir parmi les six fonctions de préférence en fonction de la manière dont sa préférence croît avec l'écart. Il peut ainsi établir des seuils d'indifférence et de préférence pour exprimer les $P_j(a, b)$.

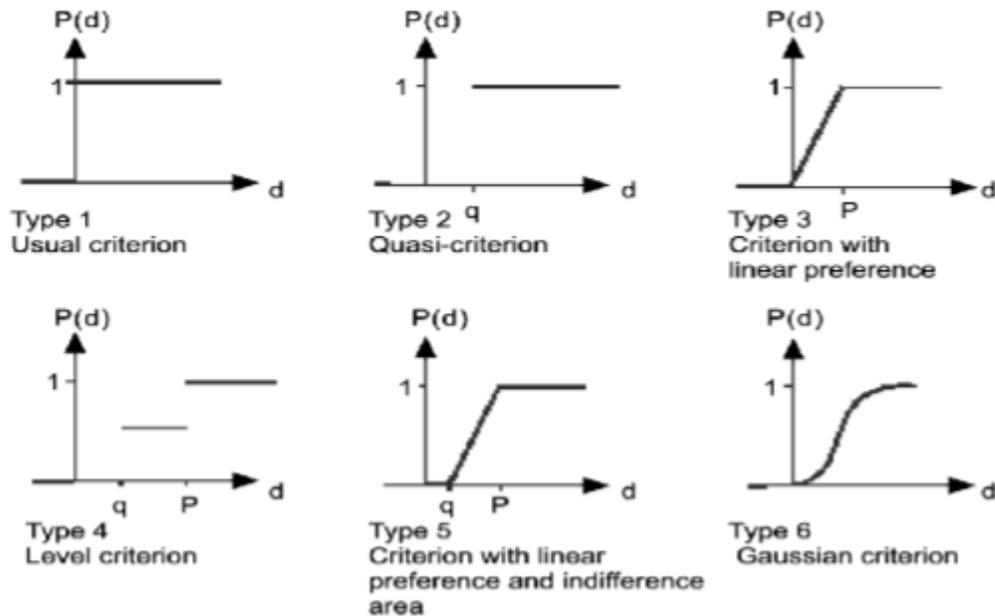


Figure 12 : Fonctions de préférence dans PROMETHEE

2.5.1.1 Les flux de surclassement

Après avoir calculé ces valeurs pour chaque paire d'options, il est désormais possible de construire le graphe valué. En consolidant les résultats des comparaisons par paire, nous pouvons ainsi établir comment chaque option de A se comporte face aux $n-1$ autres options, dans le but de les ranger du meilleur à la moins bonne. Voici donc les trois flux de préférence différents (VPSolutions 2013).

Phi + (ϕ^+)

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (11)$$

Le flux de préférence sortant ou positif $\phi^+(a)$ mesure combien une action a est préférée aux autres $n-1$. Il s'agit d'une mesure globale des forces de l'action a . Plus $\phi^+(a)$ est élevé, meilleure est l'option a .

Phi - (ϕ^-)

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b, a) \quad (12)$$

Le flux de préférence entrant ou négatif $\phi^-(a)$ mesure à quel point les $n-1$ options sont préférables à l'option a . Il s'agit en fait d'une mesure globale des faiblesses de l'option a . Par conséquent, plus le $\phi^-(a)$ est petit, meilleure est l'option a .

Phi (ϕ) net

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (13)$$

Le flux de préférence net $\phi(a)$ est le solde entre les flux préférentiels positifs et négatifs. Il permet de prendre en compte les points forts et les points faibles de l'option, pour ensuite les agréger en un seul résultat. Ce résultat peut donc être positif ou négatif. L'interprétation à faire est que plus le $\phi(a)$ est grand, meilleure est l'option a .

2.5.1.2 Exploitation de la valeur de la relation de surclassement

La méthode PROMETHEE I propose un pré-ordre partiel, c'est-à-dire, permettant l'incomparabilité entre les options, qui se définit comme suit :

$$aPb \text{ si et seulement si } \phi^+(a) \geq \phi^+(b) \text{ et } \phi^-(a) \leq \phi^-(b) \quad (14)$$

En considérant que le rangement est basé sur les résultats des flux de préférences positif (ϕ^+) et négatif (ϕ^-), provenant de la consolidation des comparaisons par paires selon ces points de vue opposés. Le rangement PROMETHEE I est donc l'intersection entre ces deux classements sur l'ensemble des options. De cette façon, l'option a est préférée à l'option b , si et seulement si, elle est préférée à b selon les deux flux de préférences et qu'au moins une des deux inégalités doit être stricte, sinon les deux options sont considérées comme étant indifférentes. En résumé, lorsque les deux flux de préférences donnent un classement opposé des options, elles deviennent incomparables.

La méthode PROMETHEE II quant à elle, propose un rangement complet des options sans y inclure l'incomparabilité, même dans les cas où la comparaison est difficile dû l'aspect contradictoire des critères. L'analyse est basée sur les flux de préférence nets ϕ , soit de la combinaison des flux de préférences positif (ϕ^+) et négatif (ϕ^-), en un seul résultat. Alors, l'option a est préférée à l'option b , si et seulement si, elle est préférée à b selon le flux de préférence net, définit comme suit :

$$aPb \text{ si et seulement si } \phi(a) > \phi(b) \quad (15)$$

Les résultats de ce rangement peuvent être discutables, car elle occulte complètement la notion d'incomparabilité, qui survient lorsque la comparaison de deux options est difficile, généralement parce qu'elles ont des profils très différents et que l'une est meilleure que l'autre sur plusieurs critères, tandis que l'autre est meilleure sur d'autres critères. Cependant, cela ne signifie pas que les deux options ne peuvent pas être comparées. Cela signifie seulement que la comparaison est difficile. C'est pourquoi le classement partiel PROMETHEE I facilite la détection des choix difficiles par les décideurs (VPSolutions 2013).

2.5.2 Évaluation de la performance relative par le Data Envelopment Analysis (DEA)

Le premier des critères que nous allons utiliser pour la sélection des portefeuilles est celui de la performance. Les travaux de Farrell (1957) sur le développement de la mesure de l'efficacité et de la productivité sont incontournables. Ce dernier divise le concept de l'efficacité des organisations selon les trois définitions suivantes :

- Efficacité technique : la capacité à produire un maximum d'extrants (outputs) possible à partir d'une quantité d'intrants (inputs) donnée;
- Efficacité allocative: la capacité à combiner les intrants en proportions optimales en fonction de leur prix et de la technologie afin de produire une quantité d'extrants maximale;
- Efficacité totale: considéré comme étant le produit des deux autres.

Pour déterminer l'efficacité, il faut obtenir l'ensemble des possibilités de production, dans le but d'établir la frontière d'efficacité, pour ensuite mesurer l'efficacité d'une unité en comparant sa distance avec la frontière.

Afin de calculer la performance des portefeuilles, nous utilisons la méthode du *Data Envelopment Analysis* (DEA). Développé par Charnes *et al.* (1978), cette méthode non paramétrique est une analyse multifactorielle de la productivité d'unités de prise de décision, appelées *Decision Making Unit* (DMU), visant à mesurer l'efficacité relative d'un ensemble de DMU.

La méthode DEA procède en mesurant le rapport de la somme pondérée des extrants sur la somme pondérée des intrants. Les résultats peuvent varier de 0 à 1, où 1 représente la note d'efficacité maximale.

$$\frac{\text{Somme pondérée des extrants}}{\text{Somme pondérée des intrants}}$$

Dans le cas de cette recherche, les portefeuilles non dominés retenus lors de l'étape précédente sont les DMU évaluées. En effet, la méthode DEA identifie les DMU ayant les meilleures performances dans l'objectif de construire une frontière d'efficacité au sens de Farrell (Gendron-Saulnier 2009).

Afin d'illustrer la méthode, prenons l'exemple de la figure 13 ci-dessous, dans lequel les DMU A, C et E représentent les points efficaces, car ils utilisent moins d'intrants pour produire une unité d'extrait. Par conséquent, ils forment la frontière d'efficacité, à partir duquel le degré d'inefficacité des points B et D est calculé. Le but de cette démarche est la comparaison des performances des DMU face aux meilleurs, c'est-à-dire, par rapport à la frontière d'efficacité.

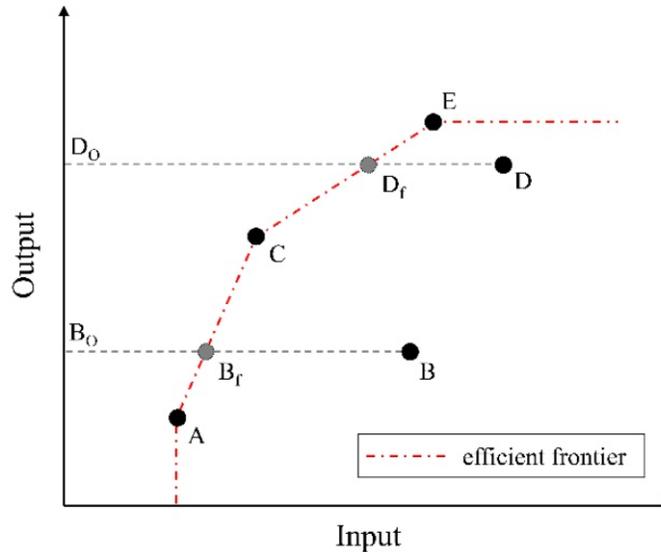


Figure 13 : Frontière d'efficacité de la méthode DEA (extrait et intrant)

Le sous-ensemble est déterminé avec la formulation mathématique suivante, où nous évaluons n DMU, consommant une quantité variable de m intrants pour produire s différents extrants. La DMU $_j$ utilise x_{ij} d'intrants i et produit une quantité y_{rj} d'extrants r . Nous considérons une DMU $_o$ pour représenter une DMU en particulier.

Nous établissons l'indice de productivité en cherchant les pondérations à attribuer pour chacun des extrants et des intrants. Le problème se résume en la maximisation du ratio de la DMU $_o$ sous certaines contraintes, en trouvant les poids optimaux. Le problème à résoudre est donc (Cooper 2007):

$$\max_{v,u} \quad h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \quad (16)$$

$$\text{subject to} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall i, r$$

Pour ce faire, il faut établir le vecteur de poids (u^*, v^*) , représentant la contribution marginale d'une unité d'extrant ou d'intrant, permettant de maximiser le ratio (h_o) , dans le cas de la DMU $_o$. Les poids évoqués sont aussi réalisables pour toutes les autres DMU, exprimés comme ceci :

$$h_j(u_o^*, v_o^*) \leq 1, \quad \forall j \quad (17)$$

Dans la formulation fractionnaire 17 présentés ci-haut, les solutions envisageables sont infinies. En incluant des contraintes, il est possible de linéariser le problème comme suit :

$$\text{Contrainte normalisatrice sur } \sum_{i=1}^m v_i x_{io}$$

$$\max_{v,u} \quad z_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \quad (18)$$

$$\text{sujet à } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall i, r$$

En utilisant la programmation linéaire, nous obtenons ainsi sa forme duale. Le problème devient :

$$\min_{\lambda, \theta} \quad \theta \quad (19)$$

$$\text{sujet à } \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta x_{io} - s_i^- \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j = y_{ro} + s_r^+ \quad r = 1, \dots, s$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall i, j, r$$

Où les variables s_r^+ et s_i^- représentent les variables d'écart utilisées pour déterminer l'ensemble des sources d'inefficacité possible. Par conséquent, nous pouvons retenir qu'une DMU n'est efficace que si $\theta^*=1$.

Comme mentionné précédemment, le problème en (18) établit l'indice de productivité grâce aux pondérations optimales attribuées aux extrants et intrants. Le problème en (19) pour sa part, fixe les poids λ à attribuer à toutes les DMU de l'ensemble dans le but de minimiser le coefficient θ d'utilisation des ressources de la DMU_o pour un niveau d'extrant.

En d'autres mots, nous visons à établir une combinaison de DMU produisant la même quantité d'extrants que la DMU_o en ayant recours à la plus faible quantité possible d'intrants, tout en ayant des proportions similaires. Nous obtenons le niveau par le facteur θ dans le problème, considéré comme étant la mesure d'efficacité radiale (Gendron-Saulnier 2009). L'utilisation de la méthode DEA procure des avantages indéniables quant à la simplicité de son utilisation ainsi qu'à la possibilité d'y recourir même dans les cas où la taille de l'échantillon est de petite taille. En somme, le DEA est une méthode d'évaluation de la performance des organisations qui peut être utilisée dans le cas de la gestion de projets, telle que réalisée par Eilat *et al.* (2006) dans leurs travaux proposant le DEA-BSC comme assise pour construire un portefeuille de projets en recherche et développement.

2.5.3 La mesure de la centralité d'un portefeuille de projets

Le second critère utilisé pour évaluer les portefeuilles est celui de la centralité des projets. Le concept introduit par Liesiö *et al.* (2007) réfère à l'hypothèse affirmant que plus un projet se retrouve dans les meilleurs portefeuilles, plus il est avantageux pour un portefeuille de le détenir. Par conséquent, il s'agit d'une sorte de prime pour les portefeuilles contenant des projets ayant un taux d'occurrence élevé dans les portefeuilles non dominés. Ces projets centraux (core projects) offrent un potentiel intéressant pour les décideurs dans le processus de sélection du meilleur portefeuille considérant les contraintes en ressources. C'est pourquoi ils seront évidemment recommandés au comité décideur.

L'application du critère de centralité comporte l'avantage de classer en trois catégories le degré de centralité des projets (Urli *et al.* 2011). Outre, les projets considérés comme centraux, nous avons également :

- Les projets externes (exterior projects) sont tous ceux qui sont absents des portefeuilles de projets non dominés. En principe, la sélection de ces projets est déconseillée;
- Les projets limites (borderline projects) sont tous ceux que l'on retrouve dans quelques portefeuilles.

Plus précisément, la centralité peut être modélisée au moyen d'un indice qui calcule la fréquence avec laquelle un projet en particulier se retrouve dans l'ensemble des portefeuilles non dominés. L'indice de centralité (*Core Index*) CI du projet j déterminé comme étant CI_j , exprime le pourcentage de portefeuilles non dominés dans lesquels le projet j se retrouve.

Pour sa part, l'indice de centralité CI du portefeuille k , représente la moyenne des indices de centralité des projets inclus dans le portefeuille k . La formulation peut être exprimée mathématiquement comme suit :

$$CI_k = \sum_{j \in k} \frac{CI_j}{|k|} \quad (20)$$

Il devient alors possible de ranger les portefeuilles selon les résultats à ce critère afin d'aider les décideurs dans leur analyse du meilleur portefeuille.

2.5.4 Le risque

Le troisième et dernier critère que nous utilisons pour évaluer les portefeuilles consiste en la notion de risque. Pour le calculer, nous avons recours à une méthode simple qui est en fait le produit de la probabilité de succès de tous les projets présents à l'intérieur de ce même portefeuille.

En considérant que tous les projets individuels j ont une probabilité de succès r_j correspondant à son niveau de risque. Nous pouvons obtenir r_k comme étant la probabilité de succès du portefeuille k , en effectuant le produit des probabilités de succès de tous les projets présents dans ce portefeuille. Mathématiquement exprimé comme suit :

$$r_k = \prod_{j \in k} r_j \quad (21)$$

De cette façon, plus un portefeuille est volumineux en termes de nombre de projets, ou plus il contient des projets risqués, plus la probabilité de succès du portefeuille dans son ensemble diminue.

Après avoir rangé tous les portefeuilles non dominés, des meilleurs au moins bons, à l'aide des trois critères que sont la performance, la centralité et le risque, il nous est désormais possible d'effectuer des recommandations au comité de décideurs quant au choix final.

CHAPITRE III : exemple didactique au CISSS du Bas-Saint-Laurent

Afin d'illustrer la méthodologie de constitution de portefeuille de projets proposée, nous avons recours à un exemple didactique concernant néanmoins 30 projets réels dans le domaine de la santé et des services sociaux, plus précisément au CISSS du Bas-Saint-Laurent.

3.1 Étape 1 : Analyse individuelle des projets

Tout d'abord, nous avons déterminé les critères utilisés pour analyser les projets à titre individuels. Pour ce faire, nous avons modifié la définition de la performance du Ministère de la Santé et des Services sociaux en ajoutant deux critères d'atteinte aux objectifs stratégiques que sont la prévention promotion ainsi que la mobilisation du personnel. Tous les projets sont évalués selon ces critères sur une échelle 0-100.

Tableau 8 : Définition proposée de la performance du système public de santé et de services sociaux.

Prévention	Accessibilité		Qualité				Gestion des ressources		
Promotion	Accessibilité	Équité d'accès	Efficacité	Sécurité	Réactivité	Continuité	Efficiences	Viabilité	Mobilisation

En plus des éléments ci-haut, il faut considérer d'autres critères relatifs aux contraintes. En effet, tous les projets mis en œuvre engendrent des coûts et du temps en ressources humaines dédiés à sa réalisation. C'est pourquoi nous les mesurons, respectivement, en termes de valeur monétaire ainsi qu'en nombre de jours nécessaires pour son accomplissement. Sans oublier le pourcentage de succès du projet qui nous est fort utile pour mesurer le risque occasionné par ces projets.

Ensuite, nous avons construit une grille pour recueillir les données des 30 projets réalisables pour l'organisation. Ces projets représentent un éventail diversifié quant à

l'envergure, aux objectifs qu'ils visent à améliorer, voire même leur nature qu'elle soit clinique ou administrative.

Pour obtenir des données précises, nous avons procédé à une série d'entretiens avec le chargé de projet responsable de chacun des 30 projets. Nous avons également profité de l'occasion pour remplir avec eux les matrices d'interactions dans le but de connaître les apports positifs ou négatifs lors des interactions entre projets. Ces informations sont indispensables en prévision de la constitution des portefeuilles de projets faisables et efficaces en étape 2, car nous ne tenons pas compte à cette étape des interactions possibles entre les projets. Dans certaines situations, cette façon de procéder pourrait causer préjudice aux projets ayant de mauvais résultats à titre individuel, mais qui pourraient se classer parmi les bons projets si l'on avait tenu compte des interactions favorables avec les autres projets. Malgré le choix méthodologique de les exclure d'emblée, nous pouvons éviter de déclasser des projets méritant d'être conservés en incluant exceptionnellement des cas où l'interaction favorable serait très forte.

À l'issue de ces entretiens, nous avons été en mesure d'entrer les données dans la table de performance du logiciel MDCA-ULaval version 0.6.1., qui permet l'utilisation de la méthode ELECTRE-TRI B.

Tableau 9 : Données des 30 projets inscrits dans la table de performance

[Option]	Préven...	Access...	Équité ...	Efficacité	Sécurité	Réactivité	Continuité	Efficience	Viabilité	Mobilisa...	Capacité	Coûts	% succès
Étendue	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	2785,00	1291750,00	64,00
Projet 1	0,00	90,00	100,00	80,00	100,00	85,00	90,00	100,00	100,00	0,00	600,00	430000,00	80,00
Projet 2	0,00	15,00	10,00	20,00	10,00	15,00	90,00	100,00	100,00	0,00	200,00	90000,00	74,00
Projet 3	0,00	60,00	80,00	50,00	100,00	65,00	85,00	85,00	95,00	0,00	2800,00	1300000,00	66,00
Projet 4	0,00	100,00	100,00	85,00	60,00	60,00	100,00	75,00	80,00	50,00	600,00	380000,00	76,00
Projet 5	30,00	90,00	85,00	90,00	80,00	80,00	90,00	85,00	100,00	85,00	470,00	243500,00	82,00
Projet 6	100,00	100,00	80,00	100,00	90,00	50,00	100,00	15,00	40,00	70,00	600,00	330000,00	70,00
Projet 7	30,00	0,00	0,00	20,00	60,00	80,00	50,00	75,00	90,00	85,00	15,00	8250,00	90,00
Projet 8	10,00	100,00	90,00	85,00	10,00	80,00	75,00	90,00	85,00	50,00	420,00	130000,00	62,00
Projet 9	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	10,00	0,00	100,00	100,00	90,00	50,00	27500,00	86,00
Projet 10	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	50,00	20,00	70,00	80,00	240,00	332000,00	64,00
Projet 11	60,00	70,00	85,00	70,00	80,00	100,00	90,00	90,00	95,00	70,00	900,00	415000,00	66,00
Projet 12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	50,00	75,00	100,00	30,00	14500,00	90,00
Projet 13	70,00	30,00	50,00	50,00	0,00	0,00	60,00	25,00	40,00	50,00	50,00	22500,00	46,00
Projet 14	100,00	25,00	25,00	60,00	100,00	100,00	0,00	0,00	10,00	90,00	200,00	140000,00	56,00
Projet 15	0,00	85,00	85,00	70,00	25,00	60,00	90,00	50,00	80,00	90,00	80,00	44000,00	62,00
Projet 16	0,00	70,00	70,00	75,00	95,00	40,00	35,00	85,00	80,00	40,00	120,00	59000,00	52,00
Projet 17	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	40,00	0,00	100,00	100,00	95,00	100,00	50000,00	86,00
Projet 18	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	30,00	0,00	95,00	95,00	0,00	45,00	22750,00	70,00
Projet 19	0,00	100,00	65,00	50,00	20,00	100,00	40,00	0,00	0,00	0,00	300,00	145000,00	80,00
Projet 20	0,00	50,00	50,00	50,00	65,00	40,00	30,00	70,00	85,00	45,00	20,00	9000,00	62,00
Projet 21	0,00	90,00	100,00	30,00	35,00	75,00	20,00	15,00	0,00	0,00	40,00	58000,00	26,00
Projet 22	90,00	100,00	90,00	35,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	0,00	800,00	460000,00	78,00
Projet 23	90,00	90,00	50,00	50,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	80,00	200,00	90000,00	90,00
Projet 24	0,00	0,00	0,00	0,00	60,00	75,00	20,00	20,00	60,00	15,00	90,00	33000,00	70,00
Projet 25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	80,00	85,00	60,00	50,00	18000,00	72,00
Projet 26	0,00	100,00	100,00	50,00	90,00	80,00	50,00	40,00	50,00	25,00	70,00	38500,00	88,00
Projet 27	0,00	30,00	0,00	30,00	30,00	0,00	50,00	100,00	100,00	80,00	780,00	369000,00	52,00
Projet 28	90,00	55,00	100,00	85,00	50,00	40,00	100,00	90,00	90,00	75,00	250,00	417500,00	72,00
Projet 29	100,00	60,00	90,00	60,00	80,00	70,00	50,00	20,00	30,00	50,00	850,00	397500,00	70,00
Projet 30	100,00	80,00	100,00	60,00	80,00	90,00	55,00	15,00	40,00	70,00	620,00	286000,00	64,00

L'objectif de cette étape est d'effectuer un tamisage des 30 projets individuels afin de conserver seulement ceux ayant un potentiel intéressant, car nous considérons qu'il n'est pas utile d'inclure des projets qui n'obtiennent pas de bons résultats dans les prochaines analyses. En effet, cette procédure de filtre s'assure d'éviter des études approfondies sur des projets qui ne sont pas intéressants de prime abord.

C'est dans cette optique que nous avons configuré les préférences des décideurs, dans un premier temps, à l'égard des critères, de leur importance relative, soit le poids accordé à chacun, ainsi qu'aux différents seuils, tels que présentés en détail dans le tableau ci-dessous sur les paramètres des critères, et ce, conformément à leurs exigences. À titre de seuil de discrimination, nous avons eu recours à $\lambda = 0,7$ en plus de valider la robustesse de notre modèle.

Tableau 10 : Paramètres de critères

[paramè...	Préven...	Accessi...	Équité d'...	Efficacité	Sécurité	Réactivité	Continuité	Efficience	Viabilité	Mobilisa...	Capacité	Coûts	% succès
k	15.0	20.0	10.0	10.0	10.0	5.0	5.0	10.0	10.0	5.0	15.0	15.0	20.0
q^α	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
q^β	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	20.0	10000.0	5.0
p^α	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
p^β	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	400.0	220000.0	80.0
v^α	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
v^β	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	3000.0	1500000.0	100.0
Direction	Maximiser	Maximiser	Maximiser	Maximiser	Maximiser	Maximiser	Maximiser	Maximiser	Maximiser	Maximiser	Minimiser	Minimiser	Maximiser
Seuils	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant

Dans un deuxième temps, nous avons modélisé leurs préférences quant aux profils nécessaires pour la création des trois catégories de projets que sont : C1 rejeté, C2 intéressant et C3 prioritaire. Le tableau 11 exprime ces profils adaptés selon chacun des critères, où l'option 1 correspond à la frontière entre rejeté et intéressant, tandis que l'option 2 correspond à la frontière délimitant intéressant et prioritaire.

Tableau 11 : Table de performance des options de référence

[Option]	Préve...	Accessi...	Équité d'...	Efficacité	Sécurité	Réactivité	Continuité	Efficience	Viabilité	Mobilisation	Capacité	Coûts	% succès
Étendue	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	400,00	200000,00	10,00
Option1	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	600,00	300000,00	80,00
Option2	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	200,00	100000,00	90,00

À partir de ces informations, ELECTRE-TRI B peut générer les résultats suivants relativement à la catégorie d'affectation définitive pour chacun des 30 projets.

Tableau 12 : Résultat ELECTRE-TRI B

ACTION	Pessimiste (pseudo-conjonctif)	Optimiste (pseudo-disjonctif)
Projet 1	C2 Intéressant	C2 Intéressant
Projet 2	C1 Rejeté	C1 Rejeté
Projet 3	C1 Rejeté	C1 Rejeté
Projet 4	C2 Intéressant	C2 Intéressant
Projet 5	C3 Prioritaire	C3 Prioritaire
Projet 6	C2 Intéressant	C2 Intéressant
Projet 7	C1 Rejeté	C1 Rejeté
Projet 8	C3 Prioritaire	C3 Prioritaire
Projet 9	C1 Rejeté	C1 Rejeté
Projet 10	C2 Intéressant	C2 Intéressant
Projet 11	C2 Intéressant	C2 Intéressant
Projet 12	C1 Rejeté	C1 Rejeté
Projet 13	C1 Rejeté	C1 Rejeté
Projet 14	C1 Rejeté	C1 Rejeté
Projet 15	C3 Prioritaire	C3 Prioritaire
Projet 16	C3 Prioritaire	C3 Prioritaire
Projet 17	C1 Rejeté	C1 Rejeté
Projet 18	C1 Rejeté	C1 Rejeté
Projet 19	C1 Rejeté	C1 Rejeté
Projet 20	C2 Intéressant	C2 Intéressant
Projet 21	C1 Rejeté	C1 Rejeté
Projet 22	C3 Prioritaire	C3 Prioritaire
Projet 23	C3 Prioritaire	C3 Prioritaire
Projet 24	C1 Rejeté	C1 Rejeté
Projet 25	C1 Rejeté	C1 Rejeté
Projet 26	C3 Prioritaire	C3 Prioritaire
Projet 27	C1 Rejeté	C1 Rejeté
Projet 28	C3 Prioritaire	C3 Prioritaire
Projet 29	C2 Intéressant	C2 Intéressant
Projet 30	C2 Intéressant	C2 Intéressant

Ainsi, nous obtenons 8 projets prioritaires (26,67%) et 8 projets intéressants (26,67%) qui sont conservés en prévision de la prochaine étape, tandis que les 14 projets rejetés (46,67%) sont exclus du processus de constitution du portefeuille de projet. Les 16 projets retenus à la suite de ce premier filtre ont été renommés tel qu'indiqué dans le tableau 13.

Tableau 13 : Nouvelle dénomination des projets retenus

Numérotation initiale	Nouvelle dénomination
Projet 1	z1
Projet 4	z2
Projet 5	z3
Projet 6	z4
Projet 8	z5
Projet 10	z6
Projet 11	z7
Projet 15	z8

Projet 16	z9
Projet 20	z10
Projet 22	z11
Projet 23	z12
Projet 26	z13
Projet 28	z14
Projet 29	z15
Projet 30	z16

3.2 Étape 2 : Constitution de tous les portefeuilles de projets efficaces

C'est à cette étape que nous constituons tous les portefeuilles efficaces à partir de nos 16 projets prometteurs. Ces derniers sont évalués sur 4 objectifs que nous obtenons en procédant à l'agrégation par une somme pondérée de nos 10 critères relatifs à la définition proposée de la performance du système public de santé et de services sociaux selon leur catégorie respective.

L'étape de génération des portefeuilles est cruciale dans notre méthodologie, car elle vise à obtenir les meilleures combinaisons de projets qui respectent les contraintes identifiées par l'organisation soit de 5 000 jours projet et 2 000 000\$, et ce, en tenant compte de la notion d'interaction entre les projets présents dans le même portefeuille. En effet, lors des entretiens avec les chargés de projets, ils ont été invités à quantifier par une valeur numérique, qu'elle soit positive, négative ou nulle, l'influence de la réalisation simultanée de ces projets. Nous avons modélisé ces contributions par des matrices d'interaction à l'aide de nos 4 nouveaux critères (objectifs) consolidés que sont : prévention promotion, accessibilités, qualité et gestion des ressources (voir annexe I). Notons ici que nous avons exclu délibérément l'utilisation des matrices d'interaction pour les critères de capacité (jours projets), de coûts ainsi que de probabilité de succès, car ces éléments s'avèrent non applicables dans le sens pratique et par conséquent non pertinent selon l'avis des décideurs. Cependant, dans l'éventualité où cette information aurait été pertinente pour ces derniers nous aurions procédé de la même façon pour obtenir les valeurs.

À partir de ces informations, nous avons été en mesure de construire un programme multi objectif non linéaire en nombres entiers contenant les éléments suivants (voir annexe II).

- 5 objectifs, soit les 4 objectifs évoqués ci-haut, en plus d'un qui correspond à la sommation des valeurs contenues dans celles-ci;
- 2 contraintes que sont les 5 000 jours projets et des 2 000 000\$;
- 16 variables représentant nos 16 projets prioritaires et intéressants;
- 34 variables d'interaction issues de l'analyse des 4 matrices d'interactions.

Ensuite nous avons exécuté le logiciel Midaco 5.0 grâce au code Matlab contenant les données nécessaires à son fonctionnement afin de générer tous les portefeuilles possibles, en conservant uniquement les non dominés (voir Annexe III).

Ainsi, Midaco a constitué 10 portefeuilles non dominés, ou solutions de Pareto, dans un temps de calcul de 17 secondes pour réaliser 300 000 simulations. À la suite de cette analyse, Midaco indique que la meilleure solution est le portefeuille numéro 4, car c'est lui qui a la plus grande valeur lors de la somme des 4 critères. Cependant, dans le cadre de notre étude, toutes les solutions retenues sont bonnes, car non dominés et que nous utilisons d'autres critères pour sélectionner le portefeuille de meilleur compromis (voir annexe IV).

Tableau 14 : Résultat de Midaco quant à la composition des portefeuilles non dominés à partir des 16 projets retenus

Portefeuilles	Projets																Nb de projets
	z1	z2	z3	z4	z5	z6	z7	z8	z9	z10	z11	z12	z13	z14	z15	z16	
PF1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	10
PF2	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	10
PF3	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	10
PF4	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	11
PF5	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	10
PF6	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	10
PF7	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	10
PF8	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	11
PF9	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	11
PF10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	11
Fréquence	0	3	10	8	10	5	4	8	9	10	2	10	10	5	3	7	

Nous remarquons que la taille des portefeuilles en ce qui a trait aux nombres de projets qu'ils contiennent est globalement similaire avec 10 ou 11 projets chacun. Nous

observons également que certains projets ont une très grande fréquence. En effet, les projets z3, z5, z10, z12 et z13 sont présents dans tous les portefeuilles alors que les projets z4, z8 et z9 apparaissent dans 8 à 9 portefeuilles, ce qui est considérable compte tenu d'une possibilité d'occurrence maximale de 10. Nous constatons, en outre, que certains projets sont peu inclus dans les portefeuilles, à titre d'exemple, le projet z1 n'est inclus dans aucun scénario. Nous élaborons davantage ce point dans la section suivante traitant de l'aspect de la centralité à titre de critère de portefeuille.

Tableau 15 : Matrice d'évaluation des portefeuilles non dominés

Portefeuilles	OBJECTIFS				RESSOURCES	
	Prévention promotion	Accessibilité	Qualité	Gestion des ressources	Jours-projets	Coûts
PF1	217	861	729	791	3330	1 906 500 \$
PF2	287	835	723	747	3130	1 776 500 \$
PF3	157	886	739	755	2670	1 823 500 \$
PF4	325	1012	838	726	3440	1 942 000 \$
PF5	461	875	730	651	3580	1 986 000 \$
PF6	380	897	765	692	4020	1 981 000 \$
PF7	426	909	759	634	3970	1 963 500 \$
PF8	419	960	815	676	3690	1 959 500 \$
PF9	357	967	822	747	3090	1 979 500 \$
PF10	375	952	825	734	3740	1 977 000 \$

Nous constatons que, dans tous les cas de figure, les portefeuilles atteignent leur limite dans la contrainte de ressources en coûts. En effet, aucun portefeuille ne peut supporter la valeur en terme monétaire qu'engendrerais l'ajout d'un projet supplémentaire, tandis qu'aucun portefeuille n'est limité par l'aspect de capacité organisationnelle, exprimé par le nombre de jours projet. C'est donc la contrainte monétaire qui sert de veto à l'expansion du nombre de projets dans les portefeuilles retenus.

3.3 Étape 3 : Choix du portefeuille de projets de meilleur compromis

Lorsque nous débutons cette étape, nous revenons à une problématique posée initialement, soit d'une sélection à effectuer, car les 10 portefeuilles identifiés précédemment sont acceptables et ont des caractéristiques appréciables. L'objectif de cette troisième et dernière étape revient donc à émettre une recommandation finale et définitive quant au choix du portefeuille offrant le meilleur compromis. Pour ce faire, nous avons utilisé une méthode de surclassement qui permet de ranger les portefeuilles des meilleurs au moins bons à l'aide de trois critères adaptés pour l'évaluation des portefeuilles que sont : la performance, la centralité et le risque.

3.3.1 Performance

Le premier des critères de portefeuille que nous avons considéré est celui de la performance. En effet, pour obtenir le niveau de productivité de nos 10 portefeuilles, nous avons eu recours au logiciel Win4Deap 2, version 2.1, qui nous permet d'exécuter la méthode du Data Envelopment Analysis (DEA). Les valeurs inscrites à titre de données d'intrants et d'extrants sont celles fournies par Midaco et présentées dans le tableau 15 ci-haut, confirmant ainsi que les portefeuilles s'inscrivent à titre d'unités de prise de décision ou *Decision Making Unit* (DMU), dans le cas qui nous concerne.

Voici les résultats DEA subséquentment à la configuration des paramètres selon l'hypothèse de rendement d'échelle constant et l'approche orientée sur les intrants (voir annexe V).

Tableau 16 : Résultats DEA

Résultats DEA	
Orientation sur les intrants	
Portefeuilles (DMU)	Hypothèse d'échelle de rendement constant
Portefeuille 1	0,987
Portefeuille 2	1
Portefeuille 3	1
Portefeuille 4	1
Portefeuille 5	1
Portefeuille 6	0,956
Portefeuille 7	0,983
Portefeuille 8	1
Portefeuille 9	1
Portefeuille 10	1
Moyenne	0,993

À priori, nous constatons que tous les portefeuilles sont performants puisque le résultat le plus faible se situe à 0,956 ce qui est tout à fait convenable. Ces excellents résultats se reflètent dans une moyenne de 0,993 indiquant que les portefeuilles ont une efficacité technique de 99%. Ceci révèle qu'une économie d'environ 1% pourrait être effectuée sur les intrants qui sont nécessaires à la production de la même quantité d'extrants.

Nous remarquons également que les 7 portefeuilles suivants, à savoir les 2, 3, 4, 5, 8, 9 et 10, sur un maximum de 10 obtiennent le résultat de 1, ce qui signifie qu'ils se retrouvent sur la frontière d'efficacité. Cette frontière devient, en quelque sorte, une norme de référence comparative pour tous les portefeuilles. À vrai dire, pour les 3 portefeuilles dont le résultat est inférieur à 1, il leur est possible de s'établir sur la frontière d'efficacité, s'ils effectuent une réduction des intrants utilisés, tout en produisant la même quantité d'extrants.

Les résultats obtenus par la méthode DEA et présentés dans le tableau 16 ci-haut constituent les données utilisées pour mesurer le critère de performance des portefeuilles.

3.3.2 Centralité

Le second critère employé aux fins d'évaluation des portefeuilles de projets non dominés est celui de la centralité. Cette notion réfère à l'hypothèse selon laquelle, plus un projet se retrouve dans les portefeuilles non dominés, plus il est avantageux de le détenir. Autrement dit, l'indice de centralité pour un portefeuille est donc un indicateur qui accorde un résultat favorable aux portefeuilles contenant un taux élevé de projets inclus dans les autres portefeuilles non dominés. Le tableau 17 ci-dessous présente les résultats obtenus quant aux indices de centralité des projets et des portefeuilles.

Dans un premier temps, nous constatons qu'à l'égard de la centralité des projets, exprimée CI_j , le projet z_1 n'est inclus dans aucun portefeuille, se méritant le score de 0, tandis que les 5 projets suivant, soit les z_3 , z_5 , z_{10} , z_{12} et z_{13} sont présents dans tous les portefeuilles se méritant un indice de 1. Il est à noter que les projets z_4 , z_8 , z_9 et z_{16} ont une fréquence entre 7 et 9, ce qui en soit est un résultat appréciable.

Tableau 17 : Indice de centralité des projets et des portefeuilles de projets

Portefeuilles	Projets																CI _k
	z1	z2	z3	z4	z5	z6	z7	z8	z9	z10	z11	z12	z13	z14	z15	z16	
PF 1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,780
PF 2	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0,840
PF 3	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,790
PF 4	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0,818
PF 5	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0,810
PF 6	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0,810
PF 7	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0,800
PF 8	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0,818
PF 9	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0,836
PF 10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0,827
Fréquence	0	3	10	8	10	5	4	8	9	10	2	10	10	5	3	7	
CI _j	0	0,3	1	0,8	1	0,5	0,4	0,8	0,9	1	0,2	1	1	0,5	0,3	0,7	

Dans un deuxième temps, nous remarquons que la centralité des portefeuilles, exprimée CI_k , oscille dans l'intervalle de 0,78 à 0,84 avec une moyenne se situant à 0,813. Le résultat de l'indice de centralité des portefeuilles est obtenu en calculant la moyenne des indices de centralité de tous les projets inclus dans ledit portefeuille. Notons que les portefeuilles 2, 4, 8, 9 et 10 obtiennent d'excellents résultats alors que le portefeuille 2 se

démarque particulièrement avec le score le plus élevé. Le tableau 18 énonce de manière explicite la méthode de calcul définie précédemment pour obtenir CI_k .

Tableau 18 : Centralité des portefeuilles grâce à la moyenne des indices de centralité des projets

Portefeuilles	Indice de centralité des projets (CI _j)															Centralité des portefeuilles en utilisant la moyenne (CI _k)	
PF1			1		1		0,4	0,8	0,9	1	0,2	1	1	0,5			0,780
PF2			1	0,8	1		0,4	0,8	0,9	1		1	1	0,5			0,840
PF3			1		1	0,5		0,8	0,9	1	0,2	1	1	0,5			0,790
PF4		0,3	1	0,8	1	0,5		0,8	0,9	1		1	1			0,7	0,818
PF5			1	0,8	1			0,8		1		1	1	0,5	0,3	0,7	0,810
PF6		0,3	1	0,8	1		0,4		0,9	1		1	1			0,7	0,810
PF7		0,3	1	0,8	1				0,9	1		1	1		0,3	0,7	0,800
PF8			1	0,8	1	0,5		0,8	0,9	1		1	1		0,3	0,7	0,818
PF9			1	0,8	1	0,5		0,8	0,9	1		1	1	0,5		0,7	0,836
PF10			1	0,8	1	0,5	0,4	0,8	0,9	1		1	1			0,7	0,827

Finalement, il nous est possible d'utiliser ces résultats en guise de mesure du critère de centralité des portefeuilles.

3.3.3 Risque

Le troisième et dernier critère relatif au choix des portefeuilles de projets non dominés est celui du risque. Celui-ci consiste en la probabilité de succès associée à la réussite de tous les projets dans le portefeuille. En effet, nous l'exprimons par le produit des chances de succès de tous les projets présents à l'intérieur de ce même portefeuille, tel qu'exposé dans le tableau 19.

Tableau 19 : Résultats des probabilités de succès des 10 portefeuilles efficaces

Portefeuilles	Probabilité de succès des projets															Produit des probabilités de succès du PF	% de succès du PF	
PF1			0,82		0,62		0,66	0,62	0,52	0,62	0,78	0,9	0,88	0,72			0,0298324	2,98
PF2			0,82	0,7	0,62		0,66	0,62	0,52	0,62		0,9	0,88	0,72			0,0267727	2,68
PF3			0,82		0,62	0,64		0,62	0,52	0,62	0,78	0,9	0,88	0,72			0,0289284	2,89
PF4		0,76	0,82	0,7	0,62	0,64		0,62	0,52	0,62		0,9	0,88			0,64	0,0175384	1,75
PF5			0,82	0,7	0,62			0,62		0,62		0,9	0,88	0,72	0,7	0,64	0,034948	3,49
PF6		0,76	0,82	0,7	0,62		0,66		0,52	0,62		0,9	0,88			0,64	0,0291717	2,92
PF7		0,76	0,82	0,7	0,62				0,52	0,62		0,9	0,88		0,7	0,64	0,0309397	3,09
PF8			0,82	0,7	0,62	0,64		0,62	0,52	0,62		0,9	0,88		0,7	0,64	0,0161538	1,62
PF9			0,82	0,7	0,62	0,64		0,62	0,52	0,62		0,9	0,88	0,72		0,64	0,0166153	1,66
PF10			0,82	0,7	0,62	0,64	0,66	0,62	0,52	0,62		0,9	0,88			0,64	0,0152307	1,52

De toute évidence, plus un portefeuille contient de nombreux projets ou s'il est composé de projets considérés comme étant risqués, plus celui-ci se voit attribuer un mauvais résultat pour cet indicateur précis. C'est d'ailleurs pourquoi le portefeuille ayant la plus grande chance de succès, avec un score de 3,49 est le seul ne détenant pas le projet le plus risqué avec 0,52 chance de succès. L'ensemble des résultats obtenus ont une moyenne de 2,46 et ils s'inscrivent dans un intervalle entre 1,52 et 3,49. Ainsi, les portefeuilles 1, 2, 3, 5, 6, et 7 ont des scores supérieurs à la moyenne. C'est grâce à ces données que nous avons évalué le critère de risque, qui est inhérent à tous les portefeuilles.

3.3.4 Rangement

La dernière étape de notre analyse consiste en l'utilisation d'une méthode d'agrégation multicritère pour réaliser le rangement de nos 10 portefeuilles à l'aide des trois critères définis précédemment. Pour ce faire, nous avons opté pour le logiciel Visual PROMETHEE version 1.4.0.0 pour effectuer l'analyse portant le même nom, nous offrant ainsi l'utilisation conviviale d'une approche de surclassement de synthèse acceptant l'incomparabilité. Nous présentons les résultats selon deux scénarios où nous obtenons une intensité de préférence de surclassement à la suite des comparaisons par paires. Dans le cas qui nous concerne, les poids accordés à chacun des critères pour les deux scénarios ont été désignés par les décideurs, tandis que le choix des fonctions de préférence et des seuils s'y rattachant ont été déterminés selon notre convenance. Dans un cas complètement réel, il aurait été préférable d'expliquer en détail les types de possibilités aux décideurs afin que ceux-ci procèdent aux choix de l'ensemble des composantes. En l'occurrence, nous avons opté pour la fonction en V pour la centralité et le risque ainsi que la fonction usuelle en ce qui a trait à la performance (DEA). Les données d'entrées sont exprimées dans le tableau 20 ci-dessous.

Tableau 20 : Les données d'entrées dans les paramètres PROMETHEE pour les scénarios

Statistiques				
Minimum		0,78000	0,956	0,01523
Maximum		0,84000	1,000	0,03495
Moyenne		0,81300	0,993	0,02461
Ecart-type		0,01827	0,014	0,00701
Evaluations				
PF 1		0,78000	0,987	0,02983
PF 2		0,84000	1,000	0,02677
PF 3		0,79000	1,000	0,02893
PF 4		0,81818	1,000	0,01754
PF 5		0,81000	1,000	0,03495
PF 6		0,81000	0,956	0,02917
PF 7		0,80000	0,983	0,03094
PF 8		0,81818	1,000	0,01615
PF 9		0,83636	1,000	0,01662
PF 10		0,82727	1,000	0,01523

3.3.4.1 Scénario 1 : poids des critères égaux

Dans le premier scénario que nous proposons, les poids accordés aux critères sont égaux, soit de 33,3% chacun. En effet, nous présentons dans le tableau ci-dessous, ces configurations dans l'hypothèse qu'il s'agit des préférences des décideurs.

Tableau 21 : La configuration des préférences dans les paramètres PROMETHEE pour le scénario 1

Scénario1: 1-1-1	Centralité	DEA	Risque
Unité	unit	unit	unit
Cluster/Groupe	◆	◆	◆
Préférences			
Min/Max	max	max	max
Poids	1,00	1,00	1,00
Fn. de préférence	Forme en V	Usuel	Forme en V
Seuils	absolu	absolu	absolu
- Q: Indifférence	n/d	n/d	n/d
- P: Préférence	0,06000	n/d	0,01972
- S: Gaussien	n/d	n/d	n/d

Tableau 22 : Les flux de PROMETHEE du scénario 1

Rang	action	Phi	Phi+	Phi-
1	PF 2	0,3183	0,3558	0,0375
2	PF 5	0,2867	0,3423	0,0555
3	PF 9	0,1052	0,2611	0,1559
4	PF 3	0,0502	0,2156	0,1654
5	PF 10	0,0230	0,2127	0,1897
6	PF 4	0,0103	0,1821	0,1718
7	PF 8	-0,0159	0,1751	0,1910
8	PF 7	-0,2207	0,1819	0,4026
9	PF 6	-0,2663	0,1380	0,4043
10	PF 1	-0,2909	0,1838	0,4747

Comme évoqué dans le chapitre précédent, le flux de préférence net est le solde entre les flux préférentiels positifs et négatifs, permettant la prise en compte des points forts et faibles de chaque portefeuille dans le but de les agréger en un seul score. Par conséquent, l'analyse s'effectue comme suit : plus le résultat est grand, meilleure est le portefeuille. Or,

dans le cas qui nous concerne, les portefeuilles 2, 5, 9, 3, 10 et 4 ont un flux net positif ce qui indique qu'ils sont globalement bons. À l'inverse, les portefeuilles 8, 7, 6 et 1 se comportent plutôt mal face aux autres. Ces mêmes informations sont présentées visuellement dans la figure 14 présentée ci-dessous selon les méthodes de PROMETHEE I et II.

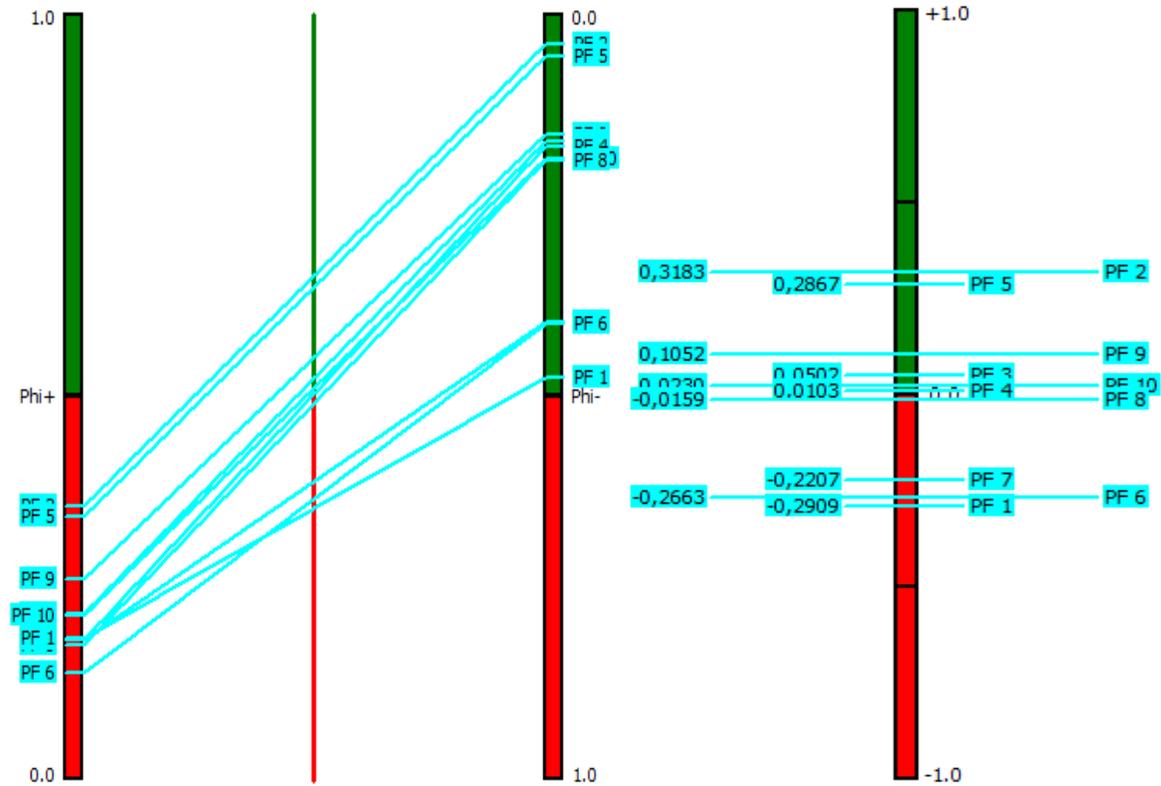


Figure 14 : Les classements partiel PROMETHEE I (gauche) et complet PROMETHEE II (droite) selon le scénario 1

À la lecture de ces résultats, nous notons certaines incomparabilités entre les portefeuilles que voici.

Tableau 23 : Les incomparabilités du scénario 1

Portefeuilles	Incomparabilité
2, 5, 9, 3	Aucune
4	10, 1
10	4
8	1, 7
7	1, 8

6	1
1	4, 6, 7, 8

Toutefois, même si la comparaison entre les portefeuilles comportant des incomparabilités peut s'avérer difficile entre eux, il ne s'agit pas des meilleurs portefeuilles, n'altérant en aucune façon notre conclusion finale. En effet, ces portefeuilles demeurent comparables aux meilleurs, soit les 2, 5, 9, et 3 de sorte qu'ils restent surclassés.

Afin de clore l'analyse du premier scénario, nous pouvons confirmer que le portefeuille 2 a un écart favorable, dominant ainsi tous les autres portefeuilles. Dans le cas du scénario 1, le portefeuille 2 serait donc recommandé aux décideurs.

3.3.4.2 Scénario 2 : poids différents accordés aux critères

En ce qui concerne le second scénario, nous proposons une situation où nous accordons un poids inégal entre les critères des portefeuilles. Dans ce cas, davantage axé sur la performance et les projets assurant une certaine norme de qualité étant donné leur fréquence d'occurrence dans les portefeuilles. Nous proposons les poids suivants : 40% sur la performance (DEA), 40% pour la centralité et 20% sur le risque, dont voici la configuration dans les paramètres.

Tableau 24 : La configuration des préférences dans les paramètres PROMETHEE pour le scénario 2

Scénario2: 2-2-1	Centralité	DEA	Risque
Unité	unit	unit	unit
Cluster/Groupe	◆	◆	◆
Préférences			
Min/Max	max	max	max
Poids	2,00	2,00	1,00
Fn. de préférence	Forme en V	Usuel	Forme en V
Seuils	absolu	absolu	absolu
- Q: Indifférence	n/d	n/d	n/d
- P: Préférence	0,06000	n/d	0,01972
- S: Gaussien	n/d	n/d	n/d

Tableau 25 : Les flux de PROMETHEE du scénario 2

Rang	action		Phi	Phi+	Phi-
1	PF 2	■	0,3576	0,3802	0,0225
2	PF 5	■	0,2276	0,2943	0,0667
3	PF 9	■	0,2163	0,3112	0,0949
4	PF 10	■	0,1333	0,2552	0,1219
5	PF 4	■	0,0920	0,2133	0,1213
6	PF 8	■	0,0763	0,2091	0,1328
7	PF 3	■	0,0116	0,1997	0,1881
8	PF 7	■	-0,3361	0,1425	0,4786
9	PF 6	■	-0,3709	0,1050	0,4759
10	PF 1	■	-0,4079	0,1547	0,5626

Dans ce scénario, c'est encore une fois le portefeuille 2 qui obtient le meilleur résultat avec un Phi net de 0,3576 devant de la sorte le portefeuille en seconde place d'un écart favorable de 0,13 ce qui est considérable dans la circonstance. La suite du classement des portefeuilles ayant un Phi positif s'effectue comme suit : 2, 5, 9, 10, 4, 8 et 3. En ce qui concerne les portefeuilles ayant un Phi négatif, que voici : 7, 6 et 1, nous remarquons qu'ils sont moins nombreux que dans le premier scénario. En revanche, ils sont davantage surclassés en termes d'intensité numérique, nous indiquant qu'ils sont nettement inférieurs relativement à la qualité de leurs résultats globaux.

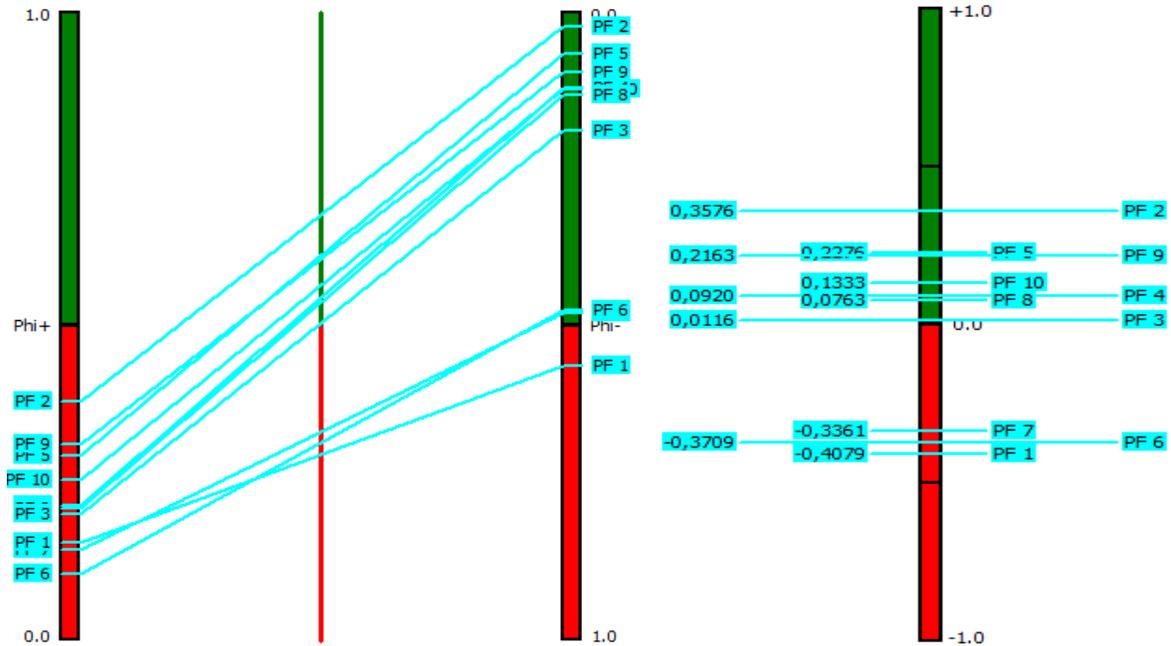


Figure 15 : Les classements partiel PROMETHEE I (gauche) et complet PROMETHEE II (droite) selon le scénario 2

La figure ci-haut nous permet d'améliorer notre analyse à l'égard de la notion d'incomparabilité. En effet, parmi ces 10 portefeuilles, nous notons les occurrences d'incomparabilité que voici.

Tableau 26 : Les incomparabilités du scénario 2

Portefeuilles	Incomparabilité
2, 8, 3	Aucune
5	9
9	5
4	10
10	4
6	1, 7
7	1, 6
1	6, 7

Encore une fois, cela ne modifie en aucun cas notre conclusion, car il s'agit de portefeuilles qui sont surclassés par les meilleurs.

En terminant avec l'analyse du deuxième scénario, nous remarquons que le portefeuille 2 domine de façon remarquable tous les autres, il serait définitivement le portefeuille suggéré aux décideurs.

3.3.5 Recommandation finale

En résumé, nous avons proposé deux scénarios différents afin d'exprimer les éventuelles préférences des décideurs relativement à leur aversion au risque, en ayant recours au premier scénario qui privilégie les portefeuilles balancés, ou selon le second scénario davantage axé sur la performance.

Les résultats obtenus selon ces deux hypothèses sont sans équivoque. En effet, le portefeuille 2 serait assurément recommandé au comité de décideurs, car il exprime le meilleur compromis sur le plan des critères retenus que ce soit à l'égard du scénario 1 ou 2. Il est important de mentionner que, dans tous les cas, il s'agit d'une proposition issue d'un système d'aide à la décision. Le décideur est donc libre de choisir le portefeuille qui lui convient. Concrètement, pour construire le portefeuille 2, nous devons choisir les 10 projets suivants : z3, z4, z5, z7, z8, z9, z10, z12, z13 et z14 pour un total de 3130 jours projets et 1 776 500 \$ respectant ainsi les contraintes maximales de 5 000 et 2 000 000\$.

Il est fortement recommandé d'effectuer cette analyse avec un comité représentatif des différentes directions et parties prenantes impliquées dans la réalisation des projets dans l'organisation. De plus, en ayant recours à un bureau de projets organisationnels qui préconise l'utilisation des outils de gestion de projets reconnus, le tout en respectant une cohérence méthodologique selon les meilleures pratiques, cela crée un environnement favorable dans la conduite des projets. L'utilisation des techniques relatives à la gestion par portefeuille de projets, augmente significativement le taux de sélection des bons projets, en plus de s'assurer de leur réalisation selon les attentes initiales de qualité en termes de spécification technique de contenu, de coûts et des échéances.

Par ailleurs, d'autres cas de figure pourraient être envisagés en modifiant, entre autres, les préférences des décideurs de façon à représenter les fluctuations et les changements dans

l'environnement externe ou interne de l'organisation, notamment au niveau des objectifs à atteindre qui doivent s'adapter selon l'actualisation des priorités ministérielles en la matière.

3.3.5.1 Proposition pour l'évaluation temporelle

En guise de rappel, le concept de l'évolution temporelle ou dynamique dans la sélection des projets considère qu'il y a, à différents moments dans le temps, des projets qui sont en cours, dits actifs, et un ensemble de propositions de projets, dits candidats. Afin de résoudre cette problématique que l'on retrouve dans la réalité des organisations œuvrant dans le secteur de la santé et des services sociaux, nous préconisons l'utilisation du modèle suivant qui offre plusieurs avantages. En effet, lors du processus de pilotage du portefeuille, il faut effectuer des actions de suivis des projets en cours de réalisation, en plus de plusieurs autres décisions importantes. Les décisions accomplies lors du pilotage peuvent varier à l'intérieur du spectre suivant : sélectionner de nouveaux projets, les prioriser, les accélérer, les fusionner, les retarder, ou tout simplement abandonner temporairement ou de façon permanente un ou plusieurs projets. Toutefois, même si l'utilisation de ces actions confère au décideur la flexibilité dont il recherche pour s'adapter continuellement aux circonstances, il doit savoir que ces modifications aux composantes du portefeuille peuvent certainement avoir des impacts directs et ainsi causer des perturbations. De telles décisions ne doivent pas être prises arbitrairement, c'est pourquoi nous recommandons le processus suivant inspiré du « *Stage Gate* ».

Le processus de gestion du portefeuille de projets au CISSS du Bas-Saint-Laurent pourrait s'effectuer à l'intérieure de rencontres fixées tous les 3 mois où les décisions explicitées ci-haut sont prises pour donner suite à la mise à jour des informations relatives aux projets, qu'ils soient candidats ou actifs. Il est important de souligner que la précision des données des projets actifs se raffine lors de leur avancement ce qui procure une meilleure fiabilité de l'information nécessaire pour refaire l'analyse que nous proposons dans le cadre de cette étude. Dans les faits, il s'agit de rencontre de passage d'étape qui, en fonction des résultats obtenus, détermine une sanction pour chacun des projets au regard du succès ou non dans le passage de leurs portes respectives.

Dans la pratique, les 3 étapes de notre méthodologie proposée sont réitérées. À titre d'exemple, dans la première étape d'évaluation individuelle des projets à l'aide de la méthode de surclassement multicritère ELECTRE TRI nos projets se voient octroyer une catégorie à savoir : rejeté, intéressant ou prioritaire. Dans l'éventualité où l'on constate qu'un projet en cours de déploiement ne procure pas de prime abord les effets escomptés, en recevant la classification de « rejeté », les décideurs devraient envisager des options qui vont en ce sens, et ce, malgré qu'il soit seulement dans l'étape d'initialisation. En effet, ce projet pourrait être mis en arrêt temporairement, ralenti ou tout simplement abandonné dans un souci de saine utilisation des ressources considérant l'évolution de sa situation par rapport aux objectifs organisationnels.

Or, l'obtention de nouvelles recommandations en lien avec le portefeuille de meilleur compromis à la disposition des décideurs permet de les outiller dans leur rôle. À l'issue de ces rencontres, plusieurs actions peuvent être entreprises.

Tableau 27 : Actions potentielles dans le processus de pilotage du portefeuille

SITUATIONS	PROJETS ACTIFS	PROJETS CANDIDATS
Le projet à l'étude s'inscrit dans le portefeuille de meilleur compromis	<ul style="list-style-type: none"> • Continuer 	<ul style="list-style-type: none"> • Démarrer
Le projet en révision n'est pas inclus dans le portefeuille de meilleur compromis.	<ul style="list-style-type: none"> • Continuer; • Prioriser; • Accélérer; • Fusionner; • Retarder; • Arrêter (mis sur pause); • Abandonner. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prioriser; • Démarrer.

Au moment de prendre des décisions relativement au processus de pilotage du portefeuille, les décideurs doivent être vigilants, proactifs et tenir compte de toutes les particularités du contexte, car les impacts sur l'organisation peuvent être significatifs. En reprenant l'exemple ci-haut du projet obtenant un résultat de « rejeté », dans une hypothèse où les projets actifs ont été subventionnés sur la totalité de la durée prévue, des ressources pourraient être économiser et ainsi réallouer à d'autres projets plus prometteurs. Cependant,

le cas précédent considérait un projet en début de déploiement, l'orientation prise par les décideurs pourrait être totalement différente dans la situation où le projet en question aurait un avancement représentant 80% de ses coûts engendrés, que plusieurs livrables seraient réalisés, qu'il est intégré avec d'autres projets prioritaires, en plus de demeurer pertinent du point de vue des objectifs stratégiques. Il est ainsi fort probable que ce projet quasi achevé se rende à son terme dû à son degré d'avancement confirmant ainsi que les décideurs ont une responsabilité d'adapter leur décision en fonction de la situation qui se présente.

Par ailleurs, dans l'éventualité où l'organisation souhaite accorder une enveloppe supplémentaire pour débiter de nouveaux projets, les projets candidats se trouvant dans le portefeuille de meilleurs compromis devraient en principe, être privilégiés. De cette façon, la méthodologie que nous proposons devient un outil supplémentaire pour aiguiller les décideurs dans la complexité de leur rôle.

CONCLUSION GÉNÉRALE

En guise de conclusion, nous pouvons affirmer que la sélection des projets dans le secteur de la santé et des services sociaux constitue un défi de taille en ce qui concerne le degré de complexité et des nombreux enjeux en lien avec la prestation des soins et des services offerts à la population. En plus d'être la première dépense du gouvernement du Québec, elle se situe en tête des priorités populationnelles depuis plusieurs années. C'est pourquoi, le ministère de la Santé et des Services sociaux dans son rôle de vigie, détermine plusieurs orientations, se déclinant ensuite en axe et par la suite en objectifs afin de s'assurer de l'atteinte des cibles selon les indicateurs de performance choisis. À cela, s'ajoutent des attentes ministérielles ponctuelles et des particularités locales complexifiant l'environnement dans lequel l'organisation évolue.

Considérant ces nombreux objectifs à atteindre, il devient primordial d'établir une norme ou une ligne directrice pour la priorisation des projets dus à leur volume important, qu'ils prennent la forme de projets d'implantation, d'opportunité d'amélioration ou d'harmonisation. Les connaissances exposées dans la littérature relativement à la sélection des portefeuilles de projets sont principalement axées sur la recherche et développement, rendant ainsi pertinent d'effectuer des travaux sur le secteur de la santé et des services sociaux. Dans ce domaine d'activité, il peut s'avérer plus difficile d'effectuer des choix compte tenu de la portée et de l'impact qu'ont ces décisions sur l'utilisateur. Cette difficulté rend encore plus nécessaire et indispensable d'utiliser une démarche structurée pour constituer le meilleur portefeuille selon les critères retenus.

Considérant les particularités évoquées précédemment, nous avons proposé de formaliser un processus de sélection de portefeuilles de projets afin d'accroître la performance des organisations de santé et de services sociaux ayant des objectifs multiples, et ce, en tenant également compte des variables d'interaction entre les projets. Pour ce faire, nous avons construit un programme multi objectif, non linéaire en nombre entier reflétant toutes les caractéristiques de l'environnement de sélection de portefeuilles dans ce même domaine d'activité.

Notre méthodologie repose sur les 3 étapes suivantes :

1. Présélection des projets individuels avec la méthode de surclassement multicritère ELECTRE-TRI en utilisant des critères spécifiques aux projets;
2. Constitution de tous les portefeuilles faisables et non dominés à l'aide d'un algorithme génétique et de la métaheuristique MIDACO, tout en s'assurant de respecter les contraintes de capacité organisationnelle et de coûts, exprimés respectivement en jours-projet et en unité monétaire;
3. Sélection du portefeuille de meilleur compromis avec la méthode de surclassement multicritère de rangement PROMETHEE en utilisant des critères adaptés aux portefeuilles de projets que sont la performance (DEA), la centralité et le risque.

En plus nous recommandons l'utilisation d'une procédure tenant compte de l'évolution dans le temps des projets. Cette notion permet la prise de décision dans un environnement en constant changement, répondant à l'aspect de l'incertitude quant au succès des projets qui sont prometteurs à priori.

En ce qui a trait aux limites de notre recherche, il s'avère que nous notons quelques points qui doivent être mentionnés aux lecteurs. En effet, le temps requis pour compléter la grille d'évaluation des projets individuels et des matrices d'interactions peut s'avérer particulièrement long. Toutefois, plus l'information est précise, plus les résultats seront de qualité et des décisions pourront être prises sur la base de ces données. Par ailleurs, ces mêmes matrices d'interactions ne captent pas toutes les possibilités de relation. Dans les faits, nous n'avons pas de matrice sur les contraintes de jours-projets, de coûts et même de risque, quoique peu applicable dans ce cas. À propos du risque, la méthode de calcul que nous avons utilisé pourrait être améliorée à l'étape des critères de portefeuille. En terminant, même si nous savons que le modèle proposé fonctionne, nous ne sommes pas retournés aux décideurs afin de leur demander s'ils sont à l'aise avec les recommandations. Par conséquent, il serait intéressant de valider le modèle en effectuant un retour aux décideurs siégeant dans le comité portefeuille afin d'obtenir leurs avis sur les recommandations issues du modèle. La validation empirique du travail s'effectuerait par la sélection du portefeuille 2 par les décideurs. D'autres recherches pourraient entreprendre et bonifier l'aspect de l'incertitude ou de

l'évolution temporelle. En réalité, la procédure que nous avons proposée, soit une révision trimestrielle des données pour réévaluer les projets et leurs critères pourrait être bonifiée et ainsi faire l'objet d'autres études sur la sélection des portefeuilles de projets dans le secteur de la santé et des services sociaux.

ANNEXE I : LES MATRICES D'INTERACTIONS

Matrice d'interaction - Prévention Promotion																
	z1	z2	z3	z4	z5	z6	z7	z8	z9	z10	z11	z12	z13	z14	z15	z16
z1	■															
z2		■														
z3			■													
z4				■												
z5			5		■											
z6						■										
z7							■									
z8								■								
z9									■							
z10										■						
z11											■					
z12	10		5					5				■				
z13													■			
z14			5		2							5		■		
z15	4	2	4				4				2				■	
z16		10	10	10									10			■

Matrice d'interaction - Accessibilité																
	z1	z2	z3	z4	z5	z6	z7	z8	z9	z10	z11	z12	z13	z14	z15	z16
z1	■															
z2		■														
z3			5													
z4			5	■												
z5			5	5	■											
z6						■										
z7							■									
z8								■								
z9									■							
z10										■						
z11											■					
z12	5	5	5								10	■				
z13													■			
z14		5	5		2			4	5		4	4		■		
z15		4	5		4							4			■	
z16		10	5	5									10			■

ANNEXE II : LE PROGRAMME MULTIOBJECTIFS NON LINÉAIRE EN NOMBRES ENTIERS

Number_of_variables (16 variables and (34) combinations of variables) : 16 variables 0-1

Number_of_Objectives : 4

Number_of_Constrains : 2

Variable_Names	z1	z2	z3	z4	z5	z6	z7	z8	z9	z10	z11	z12	z13	z14	z15	z16	
Objective_Functions																	
Prévention MAX	0	0	30	100	10	0	60	0	0	0	30	30	0	30	100	100	
Accessibilité MAX	33	100	88	93	97	100	75	85	70	50	97	77	100	70	70	87	
Qualité MAX	89	75	85	88	58	92	82	57	69	50	72	77	68	68	67	71	
Gestion des ressources MAX	80	72	91	36	80	52	88	70	74	71	72	88	41	87	30	36	
Constrain_Matrix																	
Jours projets	600	600	470	600	420	240	900	80	120	20	800	200	70	250	850	620	<= 5000
\$	430000	380000	243500	330000	130000	332000	415000	44000	59000	9000	460000	90000	38500	417500	397500	286000	<= 2000000
Risque																	
% succès	80	76	82	70	62	64	66	62	52	62	78	90	88	72	70	64	
En décimale	0,8	0,76	0,82	0,7	0,62	0,64	0,66	0,62	0,52	0,62	0,78	0,9	0,88	0,72	0,7	0,64	

Voici les informations pour les variables d'interactions

Variable_Names	z1z3	z1z12	z1z15	z2z3	z2z4	z2z5	z2z8	z2z11	z2z12	z2z14	z2z15	z2z16	z3z5	z3z11	z3z12	z3z14	z3z15
Objective_Functions																	
Prévention MAX	0	10	4	0	0	0	0	0	0	0	2	10	5	0	5	5	4
Accessibilité MAX	0	5	0	5	5	5	5	2	5	5	4	10	5	5	5	5	5
Qualité MAX	5	10	0	2	0	0	4	0	10	5	4	4	5	0	5	2	5
Gestion des ressources MAX	0	0	0	0	0	3	0	5	5	0	0	0	7	0	0	0	0
Variable_Names	z3z16	z4z16	z5z11	z5z14	z5z15	z7z15	z8z11	z8z12	z8z14	z8z16	z9z14	z11z12	z11z14	z11z15	z12z14	z12z15	z13z16
Objective_Functions																	
Prévention MAX	10	10	0	2	0	4	0	5	0	0	0	0	0	2	5	0	10
Accessibilité MAX	5	5	0	2	4	0	3	0	4	0	5	10	4	0	4	4	10
Qualité MAX	4	2	5	2	0	0	2	0	2	2	3	10	5	0	2	0	10
Gestion des ressources MAX	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	5	3	0	4	0	0


```

option.param( 2) = 0; % SEED
option.param( 3) = 0; % FSTOP
option.param( 4) = 0; % ALGOSTOP
option.param( 5) = 0; % EVALSTOP
option.param( 6) = 0; % FOCUS
option.param( 7) = 0; % ANTS
option.param( 8) = 0; % KERNEL
option.param( 9) = 0; % ORACLE
option.param(10) = 0; % PARETOMAX
option.param(11) = 0; % EPSILON
option.param(12) = 0; % CHARACTER

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Step 4: Choose Parallelization Factor %%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

option.parallel = 0; % Serial: 0 or 1, Parallel: 2,3,4,5,6,7,8...

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Call MIDACO solver %%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
(VPSolutions) = midaco( problem, option, key);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% End of Example %%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

end

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% OPTIMIZATION PROBLEM %%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function [ f, g ] = problem_function( x )

```

```

% Paramètres
Nbrjoursprojet = 5000;
Budget = 2000000;
Joursprojet (1)= 600;
joursprojet (2)=600 ;
joursprojet (3)=470 ;
joursprojet (4)= 600;
joursprojet (5)= 420;
joursprojet (6)= 240;
joursprojet (7)= 900;
joursprojet (8)=80 ;
joursprojet (9)= 120;
joursprojet (10)= 20;
joursprojet (11)= 800;
joursprojet (12)= 200;
joursprojet (13)= 70;
joursprojet (14)= 250;
joursprojet (15)= 850;
joursprojet (16)= 620 ;
cost(1)= 430000;
cost(2)= 380000;

```

```

cost(3)= 243500;
cost(4)= 330000;
cost(5)= 130000;
cost(6)= 332000;
cost(7)= 415000;
cost(8)= 44000;
cost(9)= 59000;
cost(10)= 9000;
cost(11)= 460000;
cost(12)= 90000;
cost(13)= 38500;
cost(14)= 417500;
cost(15)= 397500;
cost(16)= 286000;
P=[0,0,30,100,10,0,60,0,0,0,30,30,0,30,100,100,0,10,4,0,0,0,0,0,0,0,2,
10,5,0,5,5,4,10,10,0,2,0,4,0,5,0,0,0,0,0,2,5,0,10];
A=[33,100,88,93,97,100,75,85,70,50,97,77,100,70,70,87,0,5,0,5,5,5,5,2,
5,5,4,10,5,5,5,5,5,5,0,2,4,0,3,0,4,0,5,10,4,0,4,4,10];
Q=[89,75,85,88,58,92,82,57,69,50,72,77,68,68,67,71,5,10,0,2,0,0,4,0,10
,5,4,4,5,0,5,2,5,4,2,5,2,0,0,2,0,2,2,3,10,5,0,2,0,10];
GR=[80,72,91,36,80,52,88,70,74,71,72,88,41,87,30,36,0,0,0,0,0,0,3,0,5,5,
0,0,0,7,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,10,0,0,5,3,0,4,0,0];

```

```

% MIDACO objectives
f(2)=0;
for i=1:50
f(2)=f(2)-x(i)*P(i);
end
f(3)=0;
for i=1:50
f(3)=f(3)-x(i)*A(i);
end
f(4)=0;
for i=1:50
f(4)=f(4)-x(i)*Q(i);
end
f(5)=0;
for i=1:50
f(5)=f(5)-x(i)*GR(i);
end
f(1)=f(2)+f(3)+f(4)+f(5);
% Equality constraints G(X)=0
%Équation 2.1
g(1)=x(17)-x(1)*x(3);
g(2)=x(18)-x(1)*x(12);
g(3)=x(19)-x(1)*x(15);
g(4)=x(20)-x(2)*x(3);
g(5)=x(21)-x(2)*x(4);
g(6)=x(22)-x(2)*x(5);
g(7)=x(23)-x(2)*x(8);
g(8)=x(24)-x(2)*x(11);
g(9)=x(25)-x(2)*x(12);
g(10)=x(26)-x(2)*x(14);

```


ANNEXE IV : LES SOLUTIONS DE PARETO

MIDACO 5.0 (www.midaco-solver.com)

```

-----
| OBJECTIVES      5 | PARALLEL          1 |
|-----|-----|
| N               50 | MAXEVAL          300000 |
| NI              50 | MAXTIME          86400 |
| M               36 | PRINTEVAL        10000 |
| ME              34 | SAVE2FILE         1 |
|-----|-----|
| PARAMETER:      All by default (0) |
-----

```

BEST SOLUTION FOUND BY MIDACO

```

-----
EVAL:      300000,  TIME:      17,  IFLAG:      1
-----
f(  1) =                -2901.0000000000000000
-----
NUMBER OF PARETO POINTS                                10
-----
f(  2) =                -325.0000000000000000
f(  3) =                -1012.0000000000000000
f(  4) =                -838.0000000000000000
f(  5) =                -726.0000000000000000
-----
VIOLATION OF G(X)                                0.000000000000
-----

```

```

#####
### This file contains the pareto front approximation ###
#####
### Solution format:      F(1:O)      G(1:M)      X(1:N)      ###
#####
#
#      O      M      N      PSIZE
#
#      5      36      50      10
#
#      MIDACO solution
#
-2901.0      -325.0      -1012.0      -838.0      -726.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0

```


0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0
0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0
0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0
0.0	0.0				
	-2901.0	-325.0	-1012.0	-838.0	-726.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1560.0	5800.0
0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0
1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0
1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0				
	-2717.0	-461.0	-875.0	-730.0	-651.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1420.0	1400.0
0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0
0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1.0	1.0				
	-2734.0	-380.0	-897.0	-765.0	-692.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	980.0	1900.0
0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0
1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0

1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0
1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0				
	-2728.0	-426.0	-909.0	-759.0	-634.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1030.0	36500.0
0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0
1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0
0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0
1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0
1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0				
	-2870.0	-419.0	-960.0	-815.0	-676.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1310.0	40500.0
0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0
0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0
1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0				
	-2893.0	-357.0	-967.0	-822.0	-747.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1910.0	20500.0
0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0
0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0
1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0

1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	1.0				
	-2886.0	-375.0	-952.0	-825.0	-734.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1260.0	23000.0
0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0
1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0				

ANNEXE V: LES RÉSULTATS DEA

Input orientated DEA

Scale assumption: CRS

Single-stage DEA - residual slacks presented

EFFICIENCY SUMMARY:

firm te

Dmu1 0.987

Dmu2 1.000

Dmu3 1.000

Dmu4 1.000

Dmu5 1.000

Dmu6 0.956

Dmu7 0.983

Dmu8 1.000

Dmu9 1.000

Dmu10 1.000

mean 0.993

SUMMARY OF OUTPUT SLACKS:

firm output:	PP	Acces	Qual	GRH
Dmu1	79.873	25.406	37.023	0.000
Dmu2	0.000	0.000	0.000	0.000

Dmu3	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu4	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu5	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu6	0.000	1.193	0.000	0.000
Dmu7	0.000	0.000	7.954	18.980
Dmu8	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu9	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu10	0.000	0.000	0.000	0.000
mean	7.987	2.660	4.498	1.898

SUMMARY OF INPUT SLACKS:

firm input:	Jourspro	Couts
Dmu1	0.000	0.000
Dmu2	0.000	0.000
Dmu3	0.000	0.000
Dmu4	0.000	0.000
Dmu5	0.000	0.000
Dmu6	377.152	0.000
Dmu7	326.883	0.000
Dmu8	0.000	0.000
Dmu9	0.000	0.000
Dmu10	0.000	0.000
mean	70.403	0.000

SUMMARY OF PEERS:

firm peers:

Dmu1 Dmu3 Dmu2

Dmu2 Dmu2

Dmu3 Dmu3

Dmu4 Dmu4

Dmu5 Dmu5

Dmu6 Dmu2 Dmu5 Dmu8

Dmu7 Dmu5 Dmu8

Dmu8 Dmu8

Dmu9 Dmu9

Dmu10 Dmu10

SUMMARY OF PEER WEIGHTS:

(in same order as above)

firm peer weights:

Dmu1 0.053 1.005

Dmu2 1.000

Dmu3 1.000

Dmu4 1.000

Dmu5 1.000

Dmu6 0.336 0.177 0.483

Dmu7 0.370 0.610

Dmu8 1.000

Dmu9 1.000

Dmu10 1.000

PEER COUNT SUMMARY:

(i.e., no. times each firm is a peer for another)

firm peer count:

Dmu1 0

Dmu2 2

Dmu3 1

Dmu4 0

Dmu5 2

Dmu6 0

Dmu7 0

Dmu8 2

Dmu9 0

Dmu10 0

SUMMARY OF OUTPUT TARGETS:

firm output:	PP	Acces	Qual	GRH
Dmu1	296.873	886.406	766.023	791.000
Dmu2	287.000	835.000	723.000	747.000
Dmu3	157.000	886.000	739.000	755.000

Dmu4	325.000	1012.000	838.000	726.000
Dmu5	461.000	875.000	730.000	651.000
Dmu6	380.000	898.193	765.000	692.000
Dmu7	426.000	909.000	766.954	652.980
Dmu8	419.000	960.000	815.000	676.000
Dmu9	357.000	967.000	822.000	747.000
Dmu10	375.000	952.000	825.000	734.000

SUMMARY OF INPUT TARGETS:

firm input:	Jourspro	Couts
Dmu1	3288.286	1882618.069
Dmu2	3130.000	1776500.000
Dmu3	2670.000	1823500.000
Dmu4	3440.000	1942000.000
Dmu5	3580.000	1986000.000
Dmu6	3464.003	1892867.757
Dmu7	3574.135	1929382.294
Dmu8	3690.000	1959500.000
Dmu9	3090.000	1979500.000
Dmu10	3740.000	1977000.000

FIRM BY FIRM RESULTS:

Results for Dmu1:

Technical efficiency = 0.987

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	PP	217.000	0.000	79.873	296.873
output	Acces	861.000	0.000	25.406	886.406
output	Qual	729.000	0.000	37.023	766.023
output	GRH	791.000	0.000	0.000	791.000
input	Jourspro	3330.000	-41.714	0.000	3288.286
input	Couts	1906500.000	-23881.931	0.000	1882618.069

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight

Dmu3 0.053

Dmu2 1.005

Results for Dmu2:

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	PP	287.000	0.000	0.000	287.000

output	Acces	835.000	0.000	0.000	835.000
output	Qual	723.000	0.000	0.000	723.000
output	GRH	747.000	0.000	0.000	747.000
input	Jourspro	3130.000	0.000	0.000	3130.000
input	Couts	1776500.000	0.000	0.000	1776500.000

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight

Dmu2 1.000

Results for Dmu3:

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	PP	157.000	0.000	0.000	157.000
output	Acces	886.000	0.000	0.000	886.000
output	Qual	739.000	0.000	0.000	739.000
output	GRH	755.000	0.000	0.000	755.000
input	Jourspro	2670.000	0.000	0.000	2670.000
input	Couts	1823500.000	0.000	0.000	1823500.000

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight

Dmu3 1.000

Results for Dmu4:

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	PP	325.000	0.000	0.000	325.000
output	Acces	1012.000	0.000	0.000	1012.000
output	Qual	838.000	0.000	0.000	838.000
output	GRH	726.000	0.000	0.000	726.000
input	Jourspro	3440.000	0.000	0.000	3440.000
input	Couts	1942000.000	0.000	0.000	1942000.000

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight

Dmu4 1.000

Results for Dmu5:

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	PP	461.000	0.000	0.000	461.000
output	Acces	875.000	0.000	0.000	875.000

output	Qual	730.000	0.000	0.000	730.000
output	GRH	651.000	0.000	0.000	651.000
input	Jourspro	3580.000	0.000	0.000	3580.000
input	Couts	1986000.000	0.000	0.000	1986000.000

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight

Dmu5 1.000

Results for Dmu6:

Technical efficiency = 0.956

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	PP	380.000	0.000	0.000	380.000
output	Acces	897.000	0.000	1.193	898.193
output	Qual	765.000	0.000	0.000	765.000
output	GRH	692.000	0.000	0.000	692.000
input	Jourspro	4020.000	-178.845	-377.152	3464.003
input	Couts	1981000.000	-88132.243	0.000	1892867.757

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight

Dmu2 0.336

Dmu5 0.177

Dmu8 0.483

Results for Dmu7:

Technical efficiency = 0.983

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	PP	426.000	0.000	0.000	426.000
output	Acces	909.000	0.000	0.000	909.000
output	Qual	759.000	0.000	7.954	766.954
output	GRH	634.000	0.000	18.980	652.980
input	Jourspro	3970.000	-68.983	-326.883	3574.135
input	Couts	1963500.000	-34117.706	0.000	1929382.294

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight

Dmu5 0.370

Dmu8 0.610

Results for Dmu8:

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value

output	PP	419.000	0.000	0.000	419.000
output	Acces	960.000	0.000	0.000	960.000
output	Qual	815.000	0.000	0.000	815.000
output	GRH	676.000	0.000	0.000	676.000
input	Jourspro	3690.000	0.000	0.000	3690.000
input	Couts	1959500.000	0.000	0.000	1959500.000

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight

Dmu8 1.000

Results for Dmu9:

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	PP	357.000	0.000	0.000	357.000
output	Acces	967.000	0.000	0.000	967.000
output	Qual	822.000	0.000	0.000	822.000
output	GRH	747.000	0.000	0.000	747.000
input	Jourspro	3090.000	0.000	0.000	3090.000
input	Couts	1979500.000	0.000	0.000	1979500.000

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight

Dmu9 1.000

Results for Dmu10:

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	PP	375.000	0.000	0.000	375.000
output	Acces	952.000	0.000	0.000	952.000
output	Qual	825.000	0.000	0.000	825.000
output	GRH	734.000	0.000	0.000	734.000
input	Jourspro	3740.000	0.000	0.000	3740.000
input	Couts	1977000.000	0.000	0.000	1977000.000

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight

Dmu10 1.000

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aaker DA et Tyebjee TT. 1978. A model for the selection of interdependent R&D projects. IEEE Transactions on Engineering Management, EM-25 : 30-36.

Abbasianjahromi HR et Rajaie H. 2013. APPLICATION OF FUZZY CBR AND MODM APPROACHES IN THE PROJECT PORTFOLIO SELECTION IN CONSTRUCTION COMPANIES*. Iranian Journal of Science and Technology Transactions of Civil Engineering, 37 : 143-155.

Aissanou F. 2012. Décisions multicritères dans les réseaux de télécommunications autonomes. Institut National des Télécommunications.

Almeida-Dias J, Figueira JR et Roy B. 2012. A multiple criteria sorting method where each category is characterized by several reference actions: The Electre Tri-nC method. European Journal of Operational Research, 217 : 567-579.

Almeida ATd et Duarte MDO. 2011. A multi-criteria decision model for selecting project portfolio with consideration being given to a new concept for synergies. Pesquisa Operacional, 31 : 301-318.

Amaral AM et Araújo M. 2017. Project Portfolio Selection Using a DEA Approach. Dans : Project Portfolio Management Strategies for Effective Organizational Operations. IGI Global, p. 220-244.

Aragonés-Beltrán P, Chaparro-González F, Pastor-Ferrando J-P et Pla-Rubio A. 2014. An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-based multi-criteria decision approach for the selection of solar-thermal power plant investment projects. Energy, 66 : 222-238.

Archer NP et Ghasemzadeh F. 1999. An integrated framework for project portfolio selection. International Journal of Project Management, 17 : 207-216.

Arratia M NM, López I F, Schaeffer SE et Cruz-Reyes L. 2016. Static R&D project portfolio selection in public organizations. Decision Support Systems, 84 : 53-63.

Baker N et Freeland J. 1975. Recent advances in R&D benefit measurement and project selection methods. Management Science, 21 : 1164-1175.

Bard JF, Balachandra R et Kaufmann PE. 1988. An Interactive Approach to R&D Project Selection and Termination. IEEE Transactions on Engineering Management, 35 : 139.

Beaujon GJ, Marin SP et McDonald GC. 2001. Balancing and optimizing a portfolio of R&D projects. *Naval Research Logistics (NRL)*, 48 : 18-40.

Boisson J-C. 2008. Modélisation et résolution par métaheuristiques coopératives: de l'atome à la séquence protéique. Université Lille 1.

Bouchon-Meunier B. 2007. *La logique floue*. Presses Universitaires de France, Paris cedex 14, 128 p.

Brans JP, Vincke P et Mareschal B. 1986. How to Select and How to Rank Projects: The PROMETHEE Method. *European Journal of Operational Research*, 24 : 228.

Çalar M et Gürel S. 2017. Public R&D project portfolio selection problem with cancellations. *OR Spectrum*, 39 : 659-687.

Carazo AF, Gómez T, Molina J, Hernández-Díaz AG, Guerrero FM et Caballero R. 2010. Solving a comprehensive model for multiobjective project portfolio selection. *Computers & Operations Research*, 37 : 630-639.

Carlsson C, Fullér R, Heikkilä M et Majlender P. 2007. A fuzzy approach to R&D project portfolio selection. *International Journal of Approximate Reasoning*, 44 : 93-105.

Chang P-T et Lee J-H. 2012. A fuzzy DEA and knapsack formulation integrated model for project selection. *Computers & Operations Research*, 39 : 112-125.

Charnes A, Cooper WW et Rhodes E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2 : 429-444.

Chiang IR et Nunez MA. 2013. Strategic alignment and value maximization for IT project portfolios. *Information Technology and Management*, 14 : 143-157.

Cooper R, Edgett S et Kleinschmidt E. 2001. Portfolio management for new product development: results of an industry practices study. *R&D Management*, 31 : 361-380.

Cooper RG. 1990. Stage-Gate Systems: A New Tool for Managing New Products. *Business Horizons*, 33 : 44.

Cooper RG et Kleinschmidt EJ. 1995. Benchmarking the firm's critical success factors in new product development. *Journal of product innovation management*, 12 : 374-391.

Cooper RG, Edgett, S. J. & al. . 1997. Portfolio management in new product development: lessons from the leaders. *Research Technology Management* : 40: 43-52.

Cooper W. 2007. Seiford. LM and Tone, K.(2000) *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

Costantino F, Di Gravio G et Nonino F. 2015. Project selection in project portfolio management: An artificial neural network model based on critical success factors. *International Journal of Project Management*, 33 : 1744.

Czajkowski AF et Jones S. 1986. Selecting interrelated R & D projects in space technology planning. *IEEE Transactions on Engineering Management* : 17-24.

Danila N. 1989. Strategic evaluation and selection of R&D projects. *R&D Management*, 19 : 47-62.

Dickinson MW, Thornton AC et Graves S. 2001. Technology portfolio management: optimizing interdependent projects over multiple time periods. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 48 : 518-527.

Doerner K, Gutjahr WJ, Hartl RF, Strauss C et Stummer C. 2004. Pareto Ant Colony Optimization: A Metaheuristic Approach to Multiobjective Portfolio Selection. *Annals of Operations Research*, 131 : 79-99.

Doerner KF, Gutjahr WJ, Hartl RF, Strauss C et Stummer C. 2006. Pareto ant colony optimization with ILP preprocessing in multiobjective project portfolio selection. *European Journal of Operational Research*, 171 : 830-841.

Dorigo M. 1992. *Optimization, learning and natural algorithms*. PhD Thesis, Politecnico di Milano.

Dréo J, Pétrowski A, Taillard E et Siarry P. 2006. *Metaheuristics for hard optimization*. Springer.

Durieux-Nguyen Tan F. 2005. Les interactions entre projets dans la sélection de projets. *Revue française de gestion*, 154 : 172.

E Kleinmuntz C et N Kleinmuntz D. 1999. A strategic approach to allocating capital in healthcare organizations. 52-58 p.

Eilat H, Golany B et Shtub A. 2006. Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: A DEA based methodology. *European Journal of Operational Research*, 172 : 1018-1039.

Elonen S et Artto K. 2003. Problems in managing internal development projects in multi-project environments. *International Journal of Project Management* 21(6), 395-402. 395-402 p.

Émond C. 2013. Management par projets, Gestion de portefeuille. Adapté EI CESI école d'ingénieurs Nantes.

FAEZY RF. 2015. A grey-based fuzzy ELECTRE model for project selection.

Farell M. 1957. The measurement of productive efficiency, *Techniques and Applications*, England. Oxford, Oxford University Press.

Fernez-Walch S. 2000. Management de nouveaux projets, *Panorama des outils et des pratiques*. AFNOR.

Fernez-Walch S et Garel G. 2004. La problématique de portefeuilles de projets: finalités et mise en œuvre. *Faire de la recherche en management de projet* : 209-224.

Fiala P, Arlt J et Arltova M. 2014. Management of Dynamic Project Portfolio. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 5 : 455-459.

Fliedner T et Liesiö J. 2016. Adjustable robustness for multi-attribute project portfolio selection. *European Journal of Operational Research*, 252 : 931-946.

Focke A et Stummer C. 2003. Strategic technology planning in hospital management*. *OR Spectrum*, 25 : 161-182.

Fouladgar MM, Yazdani-Chamzini A, Zavadskas EK, Yakhchali SH et Ghasempourabadi MH. 2012. PROJECT PORTFOLIO SELECTION USING FUZZY AHP AND VIKOR TECHNIQUES. *Transformations in Business & Economics*, 11 : 213.

Fox GE, Baker NR et Bryant JL. 1984. Economic Models for R and D Project Selection in the Presence of Project Interactions. *Management Science*, 30 : 890-902.

Garcia-Bernabeu A, Mayor-Vitoria F et Mas-Verdu F. 2015. A MCDM APPROACH FOR PROJECT FINANCE SELECTION: AN APPLICATION IN THE RENEWABLE ENERGY SECTOR. *Rect@*, 16 : 13-26.

García-Melón M, Poveda-Bautista R et Del Valle M JL. 2015. Using the strategic relative alignment index for the selection of portfolio projects application to a public Venezuelan Power Corporation. *International Journal of Production Economics*, 170 : 54.

Gaytán-Iniestra J et Garcia-Gutierrez J. 2009. Multicriteria decisions on interdependent infrastructure transportation projects using an evolutionary-based framework. 512-526 p.

Gear T et C. Cowie G. 1980. A note on modeling project interdependence in Research and Development. 738-748 p.

Gendron-Saulnier C. 2009. Mesurer l'efficacité technique des établissements de soins de santé-Portée et limites de la méthode DEA.

Ghasemzadeh F et Archer NP. 2000. Project portfolio selection through decision support. *Decision Support Systems*, 29 : 73-88.

Ghasemzadeh F, Archer N et Iyogun P. 1999. A zero-one model for project portfolio selection and scheduling. *The Journal of the Operational Research Society*, 50 : 745-755.

Ghorbani S et Rabbani M. 2009. A new multi-objective algorithm for a project selection problem. *Advances in Engineering Software*, 40 : 9-14.

Glover F. 1989. Tabu search—part I. *ORSA Journal on computing*, 1 : 190-206.

Golabi K, Kirkwood CW et Sicherman A. 1981. Selecting a portfolio of solar energy projects using multiattribute preference theory. *Management Science*, 27 : 174-189.

Gutjahr WJ, Katzensteiner S, Reiter P, Stummer C et Denk M. 2010. Multi-objective decision analysis for competence-oriented project portfolio selection. *European Journal of Operational Research*, 205 : 670-679.

Hall DL et Nauda A. 1990. An interactive approach for selecting IR&D projects. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 37 : 126-133.

Hallerbach WG et Spronk J. 2002. The relevance of MCDM for financial decisions. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11 : 187-195.

Hassanzadeh F, Modarres M, Nemati HR et Amoako-Gyampah K. 2014. A robust R&D project portfolio optimization model for pharmaceutical contract research organizations. *International Journal of Production Economics*, 158 : 18-27.

Hu G, Wang L, Fetch S et Bidanda B. 2008. A multi-objective model for project portfolio selection to implement lean and Six Sigma concepts. *International Journal of Production Research*, 46 : 6611-6625.

Iamratanakul S, Patanakul P et Milosevic D. Project portfolio selection: From past to present. Dans : *Management of Innovation and Technology*, 2008 ICMIT 2008 4th IEEE International Conference on, 2008. IEEE, p. 287-292.

Ika LA. 2009. Project success as a topic in project management journals. *Project Management Journal*, 40 : 6-19.

Jeng DJ-F et Huang K-H. 2015. Strategic project portfolio selection for national research institutes. *Journal of Business Research*, 68 : 2305-2311.

Jin XS. 2010. Research on the optimal selection in project portfolio management in it enterprises. Master, Harbin Institute of Technology (People's Republic of China), Ann Arbor.

Kaiser MG, El Arbi F et Ahlemann F. 2015. Successful project portfolio management beyond project selection techniques: Understanding the role of structural alignment. *International Journal of Project Management*, 33 : 126-139.

Khalili-Damghani K, Sadi-Nezhad S, Lotfi FH et Tavana M. 2013. A hybrid fuzzy rule-based multi-criteria framework for sustainable project portfolio selection. *Information Sciences*, 220 : 442-462.

Kirkpatrick S, Gelatt CD et Vecchi MP. 1983. Optimization by simulated annealing. *science*, 220 : 671-680.

Kuchta D. 2001. A fuzzy model for R&D project selection with benefit, outcome and resource interactions. *The Engineering Economist*, 46 : 164-180.

Lahaye L. 2009. Sélection dynamique de portefeuille de projets. Thèse de mémoire en Science de Gestion, Université du Québec à Rimouski.

Lengacher D et Cammarata C. 2012. A Two-Phase Data Envelopment Analysis Model for Portfolio Selection. *Advances in Decision Sciences*.

Leroy D. 2017. Gestion de projets en contexte public, chap2 « des idées... aux livrables des projets publics : phases et méthode de sélection d'un portefeuille de projets » PUQ : 31-54.

Liberatore MJ. A decision support system linking research and development project selection with business strategy. Dans : 1988. Project Management Institute.

Liberatore MJ et Titus GJ. 1983. The practice of management science in R&D project management. *Management Science*, 29 : 962-974.

Liesjö J, Mild P et Salo A. 2007. Preference programming for robust portfolio modeling and project selection. *European Journal of Operational Research*, 181 : 1488-1505.

Lin C, Tan B et Ping-Jung H. 2005. Application of the Fuzzy Weighted Average in Strategic Portfolio Management*. *Decision Sciences*, 36 : 489-511.

Litvinchev I, López F, Escalante HJ et Mata M. 2011. A milp bi-objective model for static portfolio selection of R&D projects with synergies. *Journal of Computer & Systems Sciences International*, 50 : 942-952.

Marasović B et Babić Z. 2011. Two-step multi-criteria model for selecting optimal portfolio. *International Journal of Production Economics*, 134 : 58-66.

Markowitz H. 1952. Portfolio selection. *The journal of finance*, 7 : 77-91.

Martel JM et d'Avignon GR. 1982. Projects ordering with multicriteria analysis. *European Journal of Operational Research*, 10 : 56-69.

Martell DL, Gunn EA et Weintraub A. 1998. Forest management challenges for operational researchers. *European Journal of Operational Research*, 104 : 1-17.

Martikainen J. 2002. Portfolio management of strategic investments in metal products industry. Helsinki University of technology.

Martínez-Vega DA, Cruz-Reyes L, Gomez-Santillan C, Rangel-Valdez N, Rivera G et Santiago A. 2018. Modeling and Project Portfolio Selection Problem Enriched with Dynamic Allocation of Resources. Dans : Castillo O, *et al.* édés. Fuzzy Logic Augmentation of Neural

and Optimization Algorithms: Theoretical Aspects and Real Applications. Springer International Publishing, Cham, p. 365-378.

Martins CL, López HML, de Almeida AT, Almeida JA et Bortoluzzi MBdO. 2017. An MCDM project portfolio web-based DSS for sustainable strategic decision making in an electricity company. *Industrial Management & Data Systems*, 117 : 1362-1375.

Masoumi R. 2015. A framework for project portfolio formation using a hybrid of multicriteria decision-making methods. Ph.D., Northeastern University, Ann Arbor, 354 p.

Mauguin P. 1991. Décider: la sélection des projets de R&D. D Vinck (sous la direction de), *Gestion de la recherche, nouveaux problèmes, nouveaux outils*, Bruxelles: De Boeck : 115-145.

Mavrotas G, Diakoulaki D et Capros P. 2003. Combined MCDA-IP approach for project selection in the electricity market. *Annals of Operations Research*, 120 : 159.

Mavrotas G, Diakoulaki D et Caloghirou Y. 2006. Project prioritization under policy restrictions. A combination of MCDA with 0–1 programming. *European Journal of Operational Research*, 171 : 296-308.

Maystre LY, Pictet J et Simos J. 1994. Méthodes multicritères ELECTRE: description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale. PPUR presses polytechniques.

Meade LM et Presley A. 2002. R&D project selection using the analytic network process. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 49 : 59-66.

Montajabiha M, Arshadi Khamseh A et Afshar-Nadjafi B. 2017. A robust algorithm for project portfolio selection problem using real options valuation. *International Journal of Managing Projects in Business*, 10 : 386-403.

Mousseau V. 2009. Aide multicritères à la décision : Méthodes de surclassement. École centrale Paris.

MSSS mdlSsdQ. 2012. Cadre de référence ministériel d'évaluation de la performance du système public de santé et de services sociaux à des fins de gestion. : 25.

OCDE Odceddé. 2015. Panorama de la santé 2015 : Les indicateurs de l'OCDE.

Osman IH et Laporte G. 1996. *Metaheuristics: A bibliography*. Springer.

Ouellet F et Martel J-M. 1995. Méthode multicritère d'évaluation et de sélection de projets de R & D interdépendants. *Canadian Journal of Administrative Sciences / Revue Canadienne des Sciences de l'Administration*, 12 : 195-209.

Parker DW, Parsons N et Isharyanto F. 2015. Inclusion of strategic management theories to project management. *International Journal of Managing Projects in Business*, 8 : 552-573.

Perez F et Gomez T. 2016. Multiobjective project portfolio selection with fuzzy constraints. *Annals of Operations Research*, 245 : 7-29.

PMI PMI. 2013. *Guide du Corpus des connaissances en management de projet (Guide PMBOK) — Cinquième édition*. Project Management Institute, Inc. : 567.

Ringuest J, B. Graves S et H. Case R. 1999. Formulating R&D Portfolios that Account for Risk. 40-43 p.

Robinson R, Danielson U et Snaith M. 1998. *Road Maintenance Management-Concepts and Systems*.

Roy B. 1968. Classement et choix en présence de points de vue multiples. *Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle*, 2 : 57-75.

Roy B et Bouyssou D. 1993. *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas*. Economica Paris.

Saaty TL. 1986. Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 32 : 841-855.

Salo AA et Bunn DW. 1995. Decomposition in the assessment of judgmental probability forecasts. *Technological Forecasting and Social Change*, 49 : 13-25.

Schlueter M et Munetomo M. 2016. *Midaco-Solver User Manuel Version 5.0*. : 43.

Schmidt RL. 1993. A model for R&D project selection with combined benefit, outcome and resource interactions. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 40 : 403.

Shakhsi-Niaei M, Torabi SA et Iranmanesh SH. 2011. A comprehensive framework for project selection problem under uncertainty and real-world constraints. *Computers & Industrial Engineering*, 61 : 226-237.

Shenhar AJ et Dvir D. 2007. *Reinventing project management: the diamond approach to successful growth and innovation*. Harvard Business Review Press.

Sobrie O, Pirlot M et Joerin F. 2013. Intégration de la méthode d'aide à la décision ELECTRE TRI dans un système d'information géographique open source. *Revue internationale de géomatique*, 23 : 13-38.

Spronk J et Hallerbach W. 1997. Financial modelling: Where to go? With an illustration for portfolio management. *European Journal of Operational Research*, 99 : 113-125.

Steuer RE et Na P. 2003. Multiple criteria decision making combined with finance: A categorized bibliographic study. *European Journal of Operational Research*, 150 : 496-515.

Stewart TJ. 1991. A Multi-Criteria Decision Support System for R&D Project Selection. *The Journal of the Operational Research Society*, 42 : 17-26.

Strauss C et Stummer C. 2002. Multiobjective decision support in IT-risk management. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 1.

Stummer C et Heidenberger K. 2003. Interactive R&D portfolio analysis with project interdependencies and time profiles of multiple objectives. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 50 : 175-183.

Thizy J-M, Pissarides S, Rawat S et Lane DE. 1996. Interactive multiple criteria optimization for capital budgeting in a canadian telecommunications company. *Multi-objective programming and goal programming—theories and applications*, 432 : 128-147.

Urli B, Leroy D et Med Anouar N. 2011. Proposition d'un modèle multicritère de sélection de portefeuille de projets.

Verma D et Sinha K. 2002. Toward a Theory of Project Interdependencies in High-Tech R&D Environments. 451-468 p.

VPSolutions. 2013. *Visual PROMETHEE 1.4 Manual*. : 192.

Weingartner HM. 1966. Capital budgeting of interrelated projects: survey and synthesis. *Management Science*, 12 : 485-516.

Yu L, Wang S, Wen F et Lai KK. 2012. Genetic algorithm-based multi-criteria project portfolio selection. *Annals of Operations Research*, 197 : 71-86.

Yu W. 1992. Aide multicritère à la décision dans le cadre de la problématique du tri: concepts, méthodes et applications. Paris 9.

Zadeh LA. 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 : 338-353.

Zopounidis C. 1999. Multicriteria decision aid in financial management. *European Journal of Operational Research*, 119 : 404-415.

Zopounidis C et Doumpos M. 2002. Multi-criteria decision aid in financial decision making: methodologies and literature review. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11 : 167-186.

