

Titre: Optimisation du portefeuille d'événements par l'intelligence artificielle : Création d'un modèle de sélection et planification
Title: Creation of an event portfolio optimization model using artificial intelligence: Selection and planning model

Auteur: Maxime Coulot
Author:

Date: 2024

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Coulot, M. (2024). Optimisation du portefeuille d'événements par l'intelligence artificielle : Création d'un modèle de sélection et planification [Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal]. PolyPublie.
Citation: <https://publications.polymtl.ca/59162/>

Document en libre accès dans PolyPublie Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/59162/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Robert Pellerin, & Esma Yahia
Advisors:

Programme: Maîtrise recherche en génie industriel
Program:

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

**Optimisation du portefeuille d'événements par l'intelligence artificielle :
Création d'un modèle de sélection et planification**

MAXIME COULOT

Département de mathématiques et de génie industriel

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

Génie industriel

Août 2024

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Ce mémoire intitulé :

Optimisation du portefeuille d'événements par l'intelligence artificielle : Création d'un modèle de sélection et planification

présenté par **Maxime COULOT**

en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*
a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

Mario BOURGAULT, président

Robert PELLERIN, membre et directeur de recherche

Esma YAHIA, membre et codirectrice de recherche

Camélia DADOUCHI, membre

DÉDICACE

À Guillaume et Sam

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Robert PELLERIN et ESMA Yahia, qui, en tant que directeur et co-directrice de ma recherche, m'ont prodigué une aide précieuse et des conseils avisés tout au long de ma maîtrise. Leur accueil chaleureux et leur bienveillance ont grandement contribué à ce que mon étude se déroule dans d'excellentes conditions au sein de Polytechnique Montréal.

Je souhaite également exprimer ma gratitude envers Simon Harris pour son accueil chaleureux, sa patience et la confiance qu'il a placée en moi pour mener à bien ce projet. Un grand merci aussi à Gabryël Lessard Lachance pour son expertise et ses conseils précieux face aux diverses problématiques rencontrées durant le projet. Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes que j'ai eu l'opportunité de rencontrer au cours de ce projet pour leur soutien, leur enthousiasme et leur participation active, qui ont grandement enrichi cette expérience.

Enfin, je tiens à remercier chaleureusement mes collègues de bureau et mes amis pour leur soutien indéfectible et leurs encouragements continus, qui ont été une source inestimable de motivation tout au long de mon projet de maîtrise. Je suis infiniment reconnaissant d'avoir eu l'opportunité de partager cette aventure et ces moments précieux avec eux.

Pour conclure, je souhaite exprimer ma profonde gratitude envers ma famille qui m'a soutenu à chaque étape de mon parcours. Leur appui constant a été essentiel et sans eux, rien de tout cela n'aurait été possible.

RÉSUMÉ

Les centres de congrès sont des moteurs économiques significatifs pour les villes et régions où ils sont implantés, engendrant des dépenses importantes de la part des visiteurs en nourriture, logement et transport. Historiquement, la génération de ces revenus pour la communauté a été la principale mission des centres de congrès. Cependant, récemment, ces établissements se voient assigner un nouvel objectif, soit l'atteinte de l'équilibre financier.

La sélection des événements est cruciale pour mettre en œuvre la stratégie visant à atteindre ces objectifs financiers, car tout part de cette phase initiale. Toutefois, la communauté scientifique n'offre pas encore de modèle pleinement adapté aux spécificités des centres de congrès. Un des principaux défis identifiés réside dans l'absence d'informations complètes sur les besoins des clients au moment de la sélection, rendant difficile la planification détaillée des activités nécessaires pour estimer précisément les dépenses et les revenus générés par les événements. De plus, la littérature se concentre souvent sur un nombre limité de ressources disponibles, alors que nous gérons un pool bien plus large, avec plus d'une centaine de salles disponibles, ce qui complexifie la gestion et la planification des événements bien au-delà des modèles existants.

Dans ce contexte, nous proposons un modèle inspiré par la méthode de gestion de portefeuille du PMI, adapté aux contraintes des centres de congrès pour améliorer le processus de sélection et de planification des événements. Notre modèle intègre six activités clés : l'identification des événements, l'évaluation de ces événements, la génération de toutes les combinaisons possibles d'événements, la vérification de la faisabilité des combinaisons, l'évaluation des scénarios réalisables, et enfin, la sélection du scénario optimal.

Pour déployer notre modèle chez notre partenaire, nous avons conçu un outil automatisé. Ce système gère l'intégralité du traitement des données, de la préparation des données pour l'utilisation des modèles prédictifs et la prédiction des revenus et des dépenses des événements. Il génère également automatiquement toutes les combinaisons possibles, vérifie la faisabilité de ces combinaisons en tentant d'assigner une salle à chaque événement prospect selon leurs besoins en capacité, et réalise le calcul des statistiques globales ainsi que le classement des scénarios.

Pour estimer les revenus et les dépenses des événements, nous avons réalisé une étude afin de déterminer le modèle de prédiction le plus efficace avec nos données. Nous avons utilisé les bases de données de notre partenaire pour entraîner les modèles et les événements de l'année 2023 pour

tester leur efficacité. Cette étude a comparé cinq modèles différents, y compris des modèles d'intelligence artificielle qui impliquent une classification suivie de l'identification de lois de probabilité pour les revenus et les dépenses, des régressions polynomiales de degré 1 à 5 avec variations des caractéristiques d'entrée, des arbres de décision, la méthode Random Forest, et enfin des réseaux de neurones MLP avec 1 à 50 couches cachées et de 5 à 80 neurones par couche. Il s'est avéré que la méthode Random Forest était la plus performante avec ces données, en atteignant une erreur moyenne absolue de 29,16% pour les dépenses et de 24,72% pour les revenus.

Pour l'activité de vérification de la faisabilité des combinaisons, nous avons développé un algorithme basé sur la rétropropagation pour s'assurer d'explorer toutes les possibilités dans l'assignation des salles avant de conclure qu'une combinaison n'est pas réalisable.

Ce modèle a été testé de manière rétrospective, en lançant l'outil une fois pour chaque semaine, sur une période de trois semaines d'événements potentiels reçus chez notre partenaire. Après chaque simulation hebdomadaire, nous avons intégré a posteriori les événements recommandés par l'outil aux événements déjà confirmés, avant de préparer les simulations pour les semaines suivantes. Cette méthode a confirmé la faisabilité du modèle et représente une avancée significative dans la sélection éclairée des événements pour les centres de congrès, fournissant une approche structurée et un outil dédié pour sa mise en application.

ABSTRACT

Convention centers are significant economic engines for the cities and regions in which they are located, generating substantial expenditures by visitors on food, lodging, and transportation. Historically, the generation of these expenditures has been the primary mission of convention centers. However, recently, these establishments have been assigned a new objective: achieving financial balance.

The selection of events is crucial to implementing the strategy aimed at achieving these financial goals, as everything stems from this initial phase. However, the scientific community has not yet provided a model adapted to the specificities of convention centers, particularly due to the lack of complete information about client needs at the time of selection, which makes it impossible to carry out the detailed planning of activities necessary to estimate the expenses and revenues generated by the events accurately.

In this context, we propose a model inspired by the PMI portfolio management method, adapted to the constraints of convention centers to improve the event selection and planning process. Our model incorporates six key activities: identification of events, evaluation of these events, generation of all possible event combinations, verification of combination feasibility, evaluation of feasible scenarios, and finally, the selection of the optimal scenario.

To implement our model with our partner, we developed an automated tool. Some activities, particularly the evaluation of events, required customized solutions. For example, a study was conducted to identify the most effective prediction model for estimating revenues and expenses. We also designed an algorithm to determine the feasibility of a combination by attempting to assign a room to each event in the combination, considering the specific needs of the events and the existing schedule.

This model was tested over three weeks of potential events received from our partner, confirming its feasibility. Thus, it represents a significant advancement in the informed selection of events for convention centers, offering a structured approach and a dedicated tool for its implementation.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE	III
REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ	V
ABSTRACT	VII
LISTE DES TABLEAUX	XI
LISTE DES FIGURES	XII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XIII
LISTE DES ANNEXES	XIV
CHAPITRE 1 INTRODUCTION	1
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE	4
2.1 Définition des concepts de bases.....	4
2.1.1 Retombées économiques	4
2.1.2 Profitabilité d'un événement	4
2.1.3 Projets, programmes et portefeuille de projets	5
2.2 Définition et résultats de la stratégie de recherche	5
2.3 Sélection et planifications de projets dans un environnement multiprojets avec des contraintes de ressources	8
2.3.1 Considération de l'incertitude dans la sélection des projets dans les portefeuilles	10
2.3.2 Considération du risque dans la sélection des projets dans les portefeuilles	11
2.3.3 Autres méthodes de sélections des projets dans les portefeuilles.....	12
2.3.4 Méthode de gestion de portefeuille de projets.....	14
2.3.5 Méthode de sélection et de planification dans les environnements multiprojets (acceptation de commandes et ingénierie à la demande)	15
2.4 Analyse critique.....	16

2.5 Conclusion.....	18
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE	19
3.1 Introduction	19
3.2 Objectifs de recherche	19
3.3 Démarche de recherche proposée.....	19
3.4 Conclusion.....	21
CHAPITRE 4 ANALYSE DE L'EXISTANT	22
4.1 Présentation du partenaire	22
4.1.1 Présentation générale.....	22
4.1.2 Présentation de l'organisation	22
4.2 Processus en place au PCM.....	24
4.2.1 Processus global	24
4.2.2 Processus de sélection et de planification	25
4.3 Sélection et préparation des données.....	26
4.4 Données manquantes et mitigations.....	28
4.5 Conclusion.....	29
CHAPITRE 5 MODÈLE PROPOSÉ.....	30
5.1 Présentation du modèle de gestion de portefeuille du PMI.....	30
5.2 Présentation globale du modèle développé	31
5.3 Description détaillée des activités du modèle proposé.....	32
5.3.1 Activité 1 : Identification des événements à considérer.....	34
5.3.2 Activité 2 : Évaluation des événements	34
5.3.3 Activité 3 : Génération des scénarios	42
5.3.4 Activité 4 : Vérification de la faisabilité des scénarios	43

5.3.5	Activité 5 : Évaluation et tri des scénarios	45
5.3.6	Activité 6 : Sélection du scénario à appliquer	47
5.4	Intégration et conséquences de ce modèle sur les processus du PCM	50
5.5	Conclusion.....	51
	CHAPITRE 6 EXPÉRIMENTATIONS	52
6.1	Événements utilisés pour l'expérimentation	52
6.2	Utilisation de l'outil sur les événements de la première semaine	54
6.3	Utilisation de l'outil sur les événements de la deuxième semaine	56
6.4	Utilisation de l'outil sur les événements de la troisième semaine.....	58
6.5	Conclusion.....	60
	CHAPITRE 7 CONCLUSION ET PERSPECTIVES	61
	RÉFÉRENCES	64
	ANNEXES	68

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 Mots clés pour la revue de littérature	6
Tableau 2-2 Articles retenus.....	9
Tableau 2-3 Tableau récapitulatif de la revue critique.....	17
Tableau 4-1 Modélisation des événements	28
Tableau 5-1 Activités du modèle proposé.....	33
Tableau 5-2 Résultats des RP	39
Tableau 5-3 Résultats des arbres de décisions et de la méthode RF	39
Tableau 5-4 Résultats des Réseaux de neurones (MLP)	40
Tableau 5-5 Récapitulatif des meilleurs modèles pour chaque méthode	41
Tableau 6-1 Descriptions des groupes de la première semaine.....	54
Tableau 6-2 Extrait des taux d'occupation journaliers	55
Tableau 6-3 Récapitulatif des meilleures combinaisons par groupe de la semaine 1	56
Tableau 6-4 Descriptions des groupes de la deuxième semaine	56
Tableau 6-5 Récapitulatif des meilleures combinaisons par groupe de la semaine 2	58
Tableau 6-6 Descriptions des groupes de la troisième semaine	58
Tableau 6-7 Récapitulatif des meilleures combinaisons par groupe de la semaine 3	60

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 Démarche d'identifications des références pertinentes	7
Figure 3-1 Phases de la méthode DRM	20
Figure 4-1 Organigramme du PCM.....	23
Figure 4-2 Récapitulatif des données	27
Figure 5-1 Principe de fonctionnement du backtracking	45
Figure 5-2 Récapitulatif du modèle proposé	48
Figure 5-3 Processus de sélection et de planification modifié (TO-BE).....	49
Figure 6-1 Schéma de la zone gelée, de l'horizon de planification et des sous-groupes	52
Figure A.1 Processus de sélection et de planification en place.....	68
Figure B.1 Processus de préparation des évènements partie 1	69
Figure C.1 Processus de préparation des évènements partie 2.....	70
Figure D.1 Processus de mise en place des salles partie 1	71
Figure E.1 Processus de mise en place des salles partie 2.....	72

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AHP	Analytic Hierarchy Process
IA	Intelligence Artificielle
MAPE	Mean Absolute Percentage Error
MLP	Multi Layer Perceptron
PCM	Palais de Congrès de Montréal
PMI	Project Management Institute
R&D	Recherche et Développement
RF	Random Forest
RP	Régression Polynomiale
VAN	Valeur Actuelle Nette

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A PROCESSUS DE SÉLECTION ET DE PLANIFICATION (AS-IS)	68
ANNEXE B PROCESSUS DE PRÉPARATION DES ÉVÉNEMENTS PARTIE 1	69
ANNEXE C PROCESSUS DE PRÉPARATION DES ÉVÉNEMENTS PARTIE 2	70
ANNEXE D PROCESSUS DE MISE EN PLACE DES SALLES PARTIE 1	71
ANNEXE E PROCESSUS DE MISE EN PLACE DES SALLES PARTIE 2.....	72

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

Les centres de congrès, par leur capacité à accueillir des événements d'envergure locale, nationale et internationale, constituent un vecteur essentiel de dynamisme économique pour les villes et régions qui les hébergent. Ces institutions contribuent non seulement à attirer un afflux de visiteurs, mais génèrent également d'importantes retombées économiques dans divers secteurs tels que l'hôtellerie, la restauration, les transports et le tourisme. De plus, ils renforcent l'attractivité et le rayonnement international des destinations qui les abritent.

Pour les centres de congrès, chaque événement qui s'y déroule est un projet à part entière. La gestion de ces projets doit faire face à de réelles problématiques de planification, d'utilisation des ressources, mais également des problèmes de cohabitation entre les différents événements. Au-delà des problématiques liées à la planification des différents projets, il faut aussi considérer la partie économique des événements, c'est-à-dire leur profitabilité et les retombées économiques qu'ils peuvent générer. Les superviseurs doivent prendre en compte une quantité très importante d'informations et de contraintes avant d'intégrer ou non au calendrier un événement, principalement en raison du nombre important d'événements qui se déroulent simultanément et de la grande disparité de leurs besoins.

Depuis plus de quarante ans, le Palais des Congrès de Montréal (PCM), notre partenaire de recherche, occupe une position prééminente au cœur du secteur événementiel québécois. En tant que plus grande installation d'accueil pour les événements de la province et l'un des trois plus importants centres de congrès du Canada, il a accueilli en moyenne 300 événements de diverses tailles, portées et catégories au cours de l'année fiscale 2022. Ces événements ont généré des retombées économiques significatives pour la ville de Montréal, s'élevant à plus de 426 millions de dollars, soulignant ainsi son rôle crucial dans l'animation économique et culturelle de la région.

[1]

Il est crucial de souligner que le PCM fonctionne en tant qu'organisme public. Bien qu'il bénéficie d'une certaine autonomie opérationnelle, il est tenu de rendre des comptes au Ministère du Tourisme du Québec et à son conseil d'administration dont les membres sont élus par le Ministère du Tourisme du Québec. Par ailleurs, ce ministère fournit des subventions pour couvrir diverses dépenses et pallier les déficits si cela s'avère nécessaire. Récemment, le Ministère du Tourisme du

Québec a confié au PCM un nouvel objectif : œuvrer vers un équilibre budgétaire, en complément de la réalisation de ses missions et objectifs existants.

L'application d'une méthodologie de gestion de portefeuille de projets semble être une stratégie efficace pour relever les défis rencontrés lors de la sélection et de la planification d'événements dans les centres de congrès. Un portefeuille de projets, tel que défini par le Project Management Institute (PMI), est un ensemble stratégique de projets considérés collectivement, chacun étant évalué et sélectionné en fonction de sa capacité à contribuer aux objectifs globaux de l'organisation [2]. Cette approche permet d'optimiser les résultats financiers et de renforcer l'impact économique tout en respectant les caractéristiques uniques inhérentes aux centres de congrès.

Pour optimiser les résultats financiers et les retombées économiques, il est essentiel d'affiner la sélection et la planification des événements potentiels. Cette démarche ne nécessite pas de s'immiscer dans les détails de planification de chaque activité spécifique du projet, mais elle doit impérativement prendre en compte les capacités et les contraintes inhérentes à la gestion d'un centre de congrès. Dans ce contexte, **l'objectif principal de cette recherche est d'améliorer le processus de sélection des événements d'un centre de congrès.** Pour y arriver, nous proposons un modèle qui offre aux gestionnaires de centres de congrès les outils nécessaires pour construire un portefeuille d'événements aligné sur la stratégie globale de l'organisation et en tenant compte des capacités opérationnelles du centre des congrès. Ce modèle vise à établir une approche plus stratégique et éclairée dans la sélection et de la planification des événements, assurant ainsi une contribution accrue en termes de rentabilité et de bénéfices économiques indirects générés pour la communauté environnante. Le modèle intègre une phase d'évaluation des événements réalisée à travers un modèle de prédiction fondé sur l'intelligence artificielle, lequel a été entraîné sur les données historiques du PCM. Cette évaluation est suivie d'une analyse exhaustive de tous les scénarios envisageables, dans le but de déterminer la combinaison optimale et réalisable opérationnellement qui permettra d'atteindre les objectifs fixés par le centre de congrès.

La contribution principale de ce mémoire réside dans le développement d'un modèle de sélection et de planification d'événements spécifiquement conçu pour les centres de congrès. Ce modèle, articulé autour de plusieurs activités, intègre notamment un système basé sur l'intelligence artificielle (IA) pour prédire les revenus et les dépenses des événements à partir de données de base. Cette méthode fournit des estimations fiables, systématiques et non biaisées, éliminant ainsi

la nécessité d'une intervention experte. De plus, notre approche simplifie le processus de gestion en éliminant le besoin de planification détaillée pour l'estimation des revenus, des dépenses et du temps opérationnel nécessaire.

Dans le but de mener à bien ce projet de recherche, le présent mémoire est structuré de la façon suivante. Premièrement, le Chapitre 2 présentera une revue de la littérature qui recense les principaux documents utiles à cette recherche. Un regard objectif sera évidemment apporté sur les travaux scientifiques antérieurs au travers d'une analyse critique. En se basant sur les conclusions de la revue de littérature et notamment les lacunes, le Chapitre 3 présentera les objectifs spécifiques de ce mémoire et la méthodologie de recherche employée pour les atteindre. Une analyse de l'existant chez le partenaire sera présentée dans le Chapitre 4 qui présente le processus et le fonctionnement actuel du PCM. La présentation du modèle proposé sera réalisée au Chapitre 5 en couvrant de manière détaillée les améliorations développées et destinées à optimiser le processus de sélection et de planification des événements. Le chapitre 6 présentera l'expérimentation et les résultats obtenus lors de cette expérimentation. Ultimement, le Chapitre 7 dévoilera les conclusions en discutant de l'apport de ce projet de recherche en termes de contributions scientifique et en proposant des opportunités de recherche ultérieures.

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE

Dans ce chapitre, nous allons présenter un état de l'art de la littérature sur les modèles de sélection et de planification des projets dans un environnement possédant des contraintes capacitaires et dans un environnement multiprojets. Ce chapitre commencera par définir les termes et concepts fondamentaux au cœur de ce travail. Ensuite, nous présentons notre stratégie de recherche littéraire avant d'exposer ses résultats. Pour clore ce chapitre, une analyse critique de la littérature mettra en évidence les faiblesses, manquements et limites des contributions existantes sur le sujet.

2.1 Définition des concepts de bases

Cette section présente les termes et concepts clés au sujet de ce mémoire. La compréhension et familiarisation de ces termes permettra une meilleure appréhension de la démarche présentée dans la suite.

2.1.1 Retombées économiques

Les retombées économiques d'un événement constituent une estimation de la valeur des dépenses engagées dans la ville où se déroule ledit événement par les différents acteurs impliqués. Cela englobe les dépenses des participants, des exposants et des organisateurs, que ce soit pour l'hébergement, la restauration, les souvenirs et autres services. De plus, cela inclut également les frais facturés par le centre de congrès pour l'organisation de l'événement. Il est important de noter que beaucoup de dépenses faites par les visiteurs "locaux" ne sont pas prises en compte dans cette estimation, car elles auraient été effectuées de toute façon, comme leurs dépenses alimentaires habituelles, par exemple. En général, le calcul des retombées économiques se base sur des statistiques issues de réponses à des sondages pour évaluer les dépenses effectuées par certains types de visiteurs, exposants ou organisateurs.

2.1.2 Profitabilité d'un événement

Dans ce mémoire, la profitabilité d'un événement est définie comme les revenus générés par ledit événement pour le centre de congrès, en enlevant les dépenses directes engendrées par cet événement pour le centre de congrès lui-même. En d'autres termes, il s'agit de la mesure de la rentabilité financière d'un événement spécifique pour l'établissement qui l'accueille. Il est important de souligner que dans ce calcul, seuls les coûts variables sont pris en compte, tandis que les coûts fixes, donc les coûts administratifs associés à l'événement, sont exclus.

2.1.3 Projets, programmes et portefeuille de projets

Selon le Project Management Institute (PMI), comme le souligne le PMBOK dans sa 6e édition [3], une distinction claire est établie entre les concepts de projets, de programmes et de portefeuilles de projets. Cette distinction est essentielle pour la compréhension approfondie abordée dans ce mémoire. Un projet est caractérisé par un effort temporaire visant à produire un produit, service, ou résultat spécifique. Dans notre cas, chaque événement, de sa conception à sa réalisation, peut être considéré comme un projet distinct. Le PMI précise que la gestion des projets peut s'effectuer de trois manières différentes : de manière indépendante, au sein d'un programme, ou intégrés dans un portefeuille.

Un programme est défini par l'agglomération coordonnée de projets interdépendants qui, ensemble, visent à générer des bénéfices supérieurs à ceux qu'une gestion indépendante pourrait apporter.

Quant aux portefeuilles, ils représentent un ensemble de projets et de programmes sélectionnés pour aligner les efforts sur les objectifs stratégiques de l'organisation. La gestion de portefeuilles souligne donc une perspective stratégique plus large, non présente dans la gestion de programmes seuls.

2.2 Définition et résultats de la stratégie de recherche

Cette section présente la stratégie de recherche, ses résultats, la sélection des contributions en lien avec le sujet de ce mémoire et une analyse critique des contributions retenues.

Afin d'effectuer la revue de littérature, nous utilisons la base de données scientifique Scopus. Cette base de données possède plus de 80 millions d'enregistrements sur des domaines allant de la technologie à l'art. Elle est la base de données interdisciplinaire balayant le plus de domaines scientifiques, ainsi son utilisation nous permettra de couvrir toutes les contributions en lien avec notre problème et d'identifier les lacunes dans celles-ci.

La première étape pour élaborer notre stratégie de recherche est d'identifier les grands concepts en lien avec notre problème dans l'objectif d'élaborer un plan de concepts. Il a pour but d'identifier des mots clés et leurs synonymes pour simplifier la mise au point de la requête dans Scopus.

Bien que l'utilisation du concept de portefeuille de projets semble tout à fait adaptée au problème, son utilisation peut être restrictive. Nous avons décidé d'élargir notre domaine de recherche à la

sélection et la planification de projet dans un environnement multiprojet en tenant compte des contraintes capacitaires. Volontairement, nous ne parlons pas d'événement ni de centre de congrès, puisque lors d'une première recherche incluant ces termes, nous n'avons obtenu aucune référence à des travaux sur notre sujet ou même qui s'en approchent.

Dans un premier temps, nous avons identifié les mots clés de la revue de littérature présentés dans le Tableau 2-1.

Tableau 2-1 Mots clés pour la revue de littérature

Planification et sélection	Environnement multiprojet	Ressources
Planning	Project portfolio	Resource
Scheduling	Multi-project	Resources
Selection		Capacity
Rejection		Capacities

En nous basant sur ce plan de concept, la requête utilisée est : (plan* OR schedul* OR select* OR reject* O) AND ("project portfolio" OR multiproject*) AND (capacit* OR ressource*).

Comme illustré dans la Figure 2-1, des filtres ont ensuite été appliqués dans un premier temps pour ne garder uniquement les articles et les papiers de conférence rédigés en français ou en anglais. À la lecture des titres, résumés et mots clés des 83 résultats, nous avons identifié plusieurs résultats comme non pertinents, principalement parce qu'ils n'abordaient pas le thème de cette recherche. En effet, parmi les résultats, 32 articles traitent de méthodes de planification de l'ensemble des activités des projets ou de méthodes d'allocation de ressources à des projets déjà planifiés. Ces résultats ne sont pas pertinents pour notre étude. L'absence d'une demande client entièrement définie à ce stade, ainsi que la probabilité élevée de modifications ultérieures une fois le calendrier établi, limite leur pertinence. Nous avons fait cette exclusion à partir de la lecture des titres et des résumés.

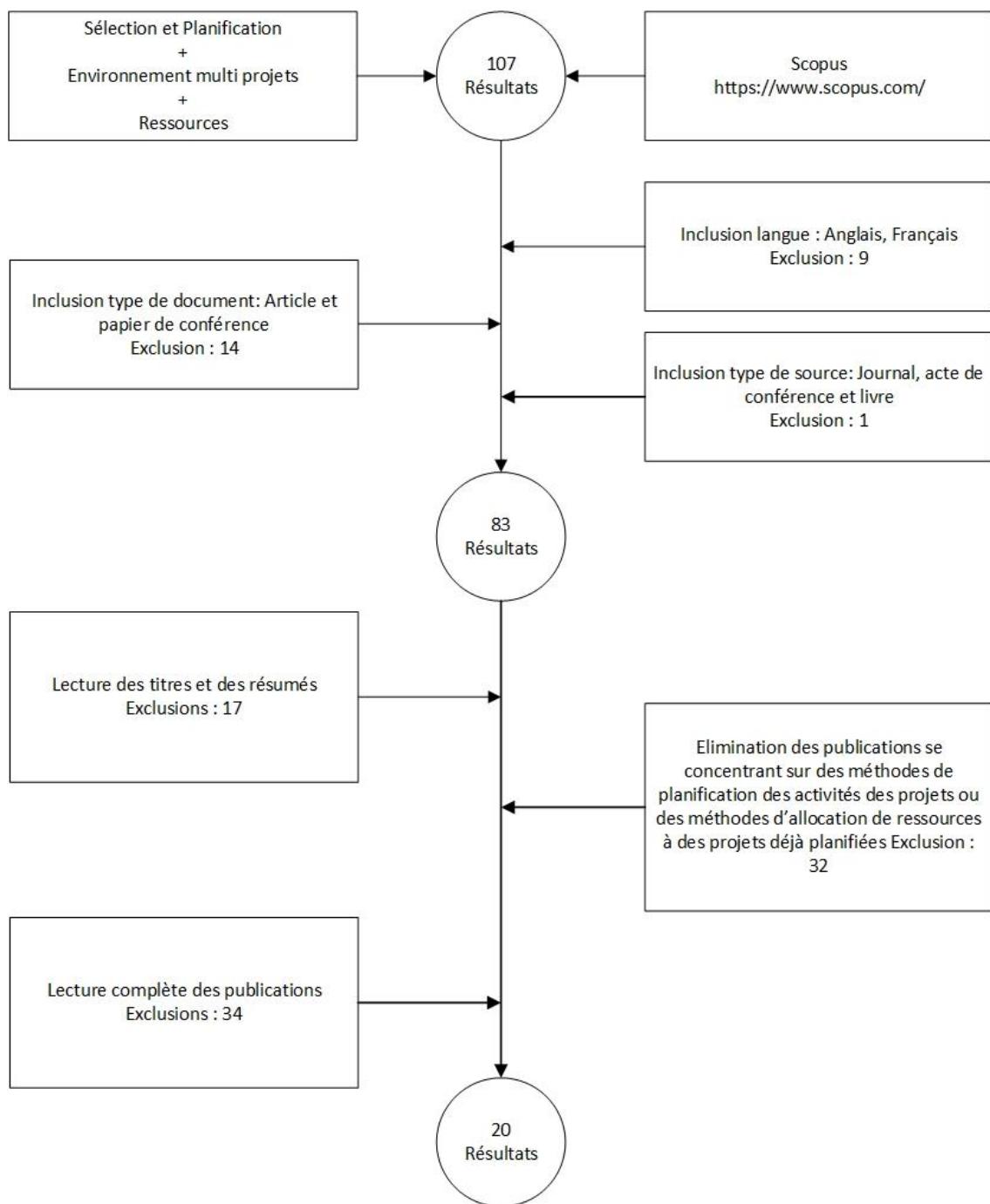


Figure 2-1 Démarche d'identifications des références pertinentes

En plus de ceux-ci, nous avons éliminé 17 articles qui ne traitent pas directement de sélection ou de planification ni de gestion de portefeuilles de projets, mais du comportement humain à avoir pour une bonne gestion, ou encore par ce qu'ils présentent uniquement l'intérêt d'utiliser une approche par portefeuille de projets, mais n'explique pas comment ils effectuent la sélection ou la planification des projets.

Après une lecture exhaustive des publications restantes, nous en avons exclu 34, soit parce qu'elles ne correspondent pas au sujet de cette recherche, soit parce qu'elles n'explicitent pas leurs méthodologies, ou encore parce qu'elles abordent superficiellement les avantages de l'utilisation de la gestion de portefeuille de projets sans fournir de directives sur sa mise en œuvre ou son automatisation.

Au terme de notre analyse approfondie, nous avons identifié 20 publications significativement pertinentes pour notre problématique. Dans la section suivante, nous nous attacherons à examiner en détail ces publications, en évaluant leur contribution spécifique à la résolution de notre problème.

2.3 Sélection et planifications de projets dans un environnement multiprojets avec des contraintes de ressources

Bien qu'il existe une abondance de littérature sur la gestion de projet, que ce soit dans le cadre de projets individuels ou dans un contexte multiprojets, une part relativement restreinte de ces travaux s'attache spécifiquement à l'évaluation, la sélection et la planification de projets au sein d'un portefeuille. En effet, la majorité des publications tend à se focaliser sur des stratégies de création de plans et sur l'optimisation de l'allocation des ressources. Toutefois, pour ceux qui s'intéressent à l'évaluation, à la sélection et/ou à la planification initiale de projets dans le cadre d'un portefeuille de projets, des études pertinentes seront mises en lumière dans cette section et répertoriées dans le Tableau 2-2.

Tableau 2-2 Articles retenus

N° de référence	Auteurs	Année	Titre
[4]	Wu et al.	2023	Project Portfolio Selection Considering the Fuzzy Chance Constraint of Water Environmental Restoration
[5]	Wu et al.	2018	An intuitionistic fuzzy multi-criteria framework for large-scale rooftop PV project portfolio selection: Case study in Zhejiang, China
[6]	Gutjahr and Froeschl	2013	Project portfolio selection under uncertainty with outsourcing opportunities
[7]	Bai et al.	2024	Optimal Project Portfolio Selection Considering Cascading Failure Among Projects
[8]	Tang et al.	2017	Selection of overseas oil and gas projects under low oil price
[9]	Wang and Guo	2015	The robustness risk and selection optimization of R&D project portfolio under uncertainty
[10]	Gemici-Ozkan et al.	2010	R&D project portfolio analysis for the semiconductor industry
[11]	Mokhtari and Imamzadeh	2021	Balancing the portfolio of urban and public projects with distance-dependent coverage facilities
[12]	Linhart, et al.	2015	Roadmap to flexible service processes - A project portfolio selection and scheduling approach
[13]	Gerstl	2019	Applying auctions to bank holding company software project portfolio selection
[14]	Li et al.	2021	A projects portfolio selection for water security addressing future increasing water demand and salinity intrusion in Zhuhai City, coastal China
[15]	Wu et al.	2019	Distribution Network Project Portfolio Optimization Decision Model Based on Power Demand Matching
[16]	Hashemizadeh and Ju	2019	Project portfolio selection for construction contractors by MCDM–GIS approach
[17]	Kleersnijder and Berghout	2009	Portfolio management in non-profit organizations: The case of Groningen's municipality
[18]	Keynezhad and Goharshenasan	2022	A multi-purpose model for optimising project selection and activities scheduling by balancing resource allocation
[19]	Safiullin and Ildarkhanova	2018	Optimization modeling of innovation project portfolio resource efficiency for engineering enterprises
[20]	Wang et al.	2013	Research of project portfolio management and flow optimizing based on space enterprise strategy guiding
[21]	Melchiors et al.	2018	Dynamic order acceptance and capacity planning in a stochastic multi-project environment with a bottleneck resource
[22]	Carvalho et al.	2015	Tactical capacity planning in a real-world ETO industry case: An action research
[23]	Herbots et al.	2010	Single-pass and approximate dynamic-programming algorithms for order acceptance and capacity planning

2.3.1 Considération de l'incertitude dans la sélection des projets dans les portefeuilles

Pour aborder l'incertitude dans la sélection de projets au sein des portefeuilles, notre revue bibliographique met en avant deux approches principales : l'application de la théorie des ensembles flous et le recours aux méthodes stochastiques. Ces approches sont mises en avant dans les trois publications suivantes. La publication la plus récente considérant l'incertitude est celle de Wu et al. [24] qui explore la sélection de portefeuilles de projets de restauration de l'environnement aquatique. Cet article se distingue par une approche qui combine l'analyse des coûts d'investissement durant la phase de construction et l'évaluation des revenus potentiels durant la période de concession, tout en intégrant l'incertitude liée à ces estimations. Pour ce faire, ils adoptent les mathématiques floues afin de modéliser cette incertitude et emploient une version améliorée du modèle de Zimmerman [24], pour optimiser deux objectifs principaux : maximiser les revenus et minimiser les coûts d'investissement.

Une autre publication ayant adopté une approche similaire en utilisant les mathématiques floues est celle de Wu et al. [5] qui propose une résolution différente pour la sélection de portefeuilles de projets de panneaux photovoltaïques destinés à être installés sur de grands toits. Utilisant un cadre d'évaluation multicritères fondé sur des nombres flous intuitionnistes triangulaires, cette méthode permet une prise en compte plus nuancée de l'incertitude. L'évaluation débute par une analyse des projets individuels grâce à la méthode AHP [25], établissant un système de pondération pour juger de l'importance relative de chaque critère d'évaluation. Le classement des projets est ensuite effectué via la méthode PROMÉTHÉE II [26], utilisant les poids dérivés de l'AHP, avant que l'optimisation finale de la sélection des projets ne soit réalisée à l'aide de l'algorithme NSGA-II [27].

En contraste avec les approches antérieures, Gutjahr et Froeschl [6] introduisent une méthode stochastique pour la sélection de portefeuilles de projets dans un contexte d'incertitude, abordant spécifiquement la question de l'externalisation des projets. Ce modèle vise à optimiser la sélection de projets et l'allocation des ressources en tenant compte des compétences diversifiées des équipes et des efforts nécessaires, envisagés comme des variables aléatoires. Pour résoudre ce problème complexe de sélection de portefeuilles, une adaptation de l'algorithme de recherche de voisinage

variable est utilisée, tandis que les questions d'assignation de tâches et de planification sont abordées par l'intermédiaire de l'algorithme de Frank-Wolfe [28].

2.3.2 Considération du risque dans la sélection des projets dans les portefeuilles

Dans cette sous-section, nous examinerons les différentes approches qui émergent de la recherche bibliographique pour prendre en compte le risque dans la sélection des événements au sein d'un portefeuille de projets. Notre revue bibliographique met en lumière quatre approches distinctes dans quatre publications.

En premier lieu, Bai et al. [7] proposent une approche pour optimiser la sélection de portefeuilles de projets en prenant en compte le risque de défaillance en cascade dû aux relations interdépendantes entre les projets. Ce modèle débute par la construction d'un réseau de portefeuille de projets, suivi d'une simulation des défaillances en cascade en "attaquant" un ou plusieurs projets. Cela permet de redistribuer les ressources libérées aux projets survivants. La sélection finale du portefeuille tient compte non seulement du potentiel de chaque projet, mais aussi de la robustesse globale du portefeuille face aux risques de défaillance en cascade, offrant ainsi une perspective unique sur la gestion de la résilience des portefeuilles de projets.

Tang et al. [8] adoptent une approche distincte en proposant un modèle d'optimisation qui repose sur la programmation quadratique et la théorie des préférences, visant à équilibrer le risque et le retour pour les entreprises, notamment dans le secteur pétrolier. Ce modèle cherche à minimiser le risque, défini comme la variance de la Valeur Actuelle Nette (VAN), tout en maximisant la VAN globale du portefeuille, en imposant des contraintes budgétaires et de capacité. Cette méthode fournit un cadre décisionnel efficace pour parvenir au portefeuille optimal, mettant en lumière l'importance de balancer le potentiel de gain et le risque inhérent.

Une autre approche pour considérer le risque dans la sélection des projets est proposée par Wang et Guo [9]. Ils exposent un modèle pour la sélection de portefeuilles de projets de Recherche & Développement (R&D), mettant en avant les interactions entre projets et leur impact sur le risque global. L'objectif est de maximiser le profit tout en gérant le risque de défaillance en cascade résultant des interactions et de l'incertitude des projets. Pour ce faire, un algorithme génétique quantique amélioré est utilisé pour résoudre le modèle de programmation non linéaire floue, illustrant la fusion entre techniques d'optimisation avancées et gestion du risque dans la sélection de portefeuilles.

Enfin, Gemici-Ozkan et al. [10] ont développé un système de soutien à la décision en trois phases pour la sélection de portefeuilles de projets R&D dans l'industrie des semi-conducteurs. Ce système intègre la prise en compte du risque dans le processus de sélection des projets. La première phase transforme les évaluations qualitatives et les prévisions de marché en scénarios quantitatifs de revenus potentiels. La phase d'optimisation résout un problème stochastique multiétage pour maximiser le revenu opérationnel attendu en prenant en compte les contraintes de risque et d'interdépendance des produits. La troisième phase apporte des perspectives managériales à partir des résultats de l'optimisation, évaluant la robustesse et l'efficacité du portefeuille sélectionné, offrant ainsi un cadre complet pour la prise de décision stratégique dans le contexte de l'innovation en R&D.

2.3.3 Autres méthodes de sélections des projets dans les portefeuilles

Plusieurs autres publications se distinguent par leur traitement de la sélection de projets, mais en ne portant pas spécifiquement sur des éléments tels que l'incertitude ou le risque.

Parmi elles, on trouve la publication de Mokhtari et Imamzadeh [11] qui présente un modèle destiné à harmoniser le portefeuille de projets urbains et publics en alignant les délais d'achèvement, la distribution géographique et les objectifs stratégiques. Ce modèle s'attaque à la tâche de minimiser les écarts quadratiques entre les indicateurs de développement urbain et leurs objectifs définis, en se servant d'un algorithme génétique. L'efficacité de cette méthode est ensuite évaluée en la comparant au solveur GAMS [29], dans le but de déterminer le portefeuille le plus optimal.

Linhart et al. [12] se concentrent sur la flexibilité dans le secteur des services en s'interrogeant sur les projets à implanter et leur ordre pour atteindre un niveau de flexibilité adéquat. Il développe un modèle décisionnel évaluant les feuilles de route de flexibilité, c'est-à-dire des ensembles de projets programmés pour améliorer différents aspects des processus de service. Ce modèle aide à choisir la feuille de route offrant la plus grande valeur ajoutée sur un horizon de planification spécifique, mesurant cette contribution en termes de la valeur attendue de la valeur actuelle nette stochastique, ajustée au risque.

De son côté, Gerstl [13] propose un modèle dédié à la sélection de projets au sein des portefeuilles de développement logiciel pour les holdings bancaires, en se basant sur la VAN pour l'évaluation et la comparaison des projets. Cette approche formule le dilemme sous la forme d'un programme

linéaire en nombres entiers, visant à maximiser la somme des VAN des projets choisis tout en prenant en compte les contraintes en lien avec les ressources disponibles.

En complément des publications déjà citées, on trouve quatre études adoptant une approche d'analyse multicritères pour l'évaluation et la sélection des projets les plus pertinents, en s'appuyant entre autres sur la méthode Analytic Hierarchy Process (AHP).

Li et al. [14] proposent une méthode d'évaluation pour les projets d'ingénierie aquatique, répondant ainsi aux défis posés par l'augmentation de la demande en eau et la salinité croissante. Cette approche combine le veto à une voix et la méthode AHP pour examiner chaque portefeuille selon des critères variés, incluant la satisfaction de la demande, l'utilisation des capacités, les coûts de construction et d'exploitation, l'impact écologique et la complexité de l'approbation.

Wu et al. [15] avancent une stratégie pour optimiser le portefeuille d'investissement des projets de réseaux de distribution, centrée sur l'équilibre entre la demande énergétique et les capacités des projets. L'amélioration notable de cette méthode réside dans l'application de la méthode AHP, complétée par ce qu'il nomme la méthode de l'entropie pour affiner le calcul des poids des différents critères, basé sur la quantité d'information que chaque critère fournit.

Hashemizadeh et Ju [16] combinent plutôt des approches décisionnelles multicritères avec un système d'information géographique pour guider les entrepreneurs en construction dans la sélection de portefeuilles de projets. Leur processus triphasé commence par une évaluation AHP pour identifier les projets stratégiquement alignés, suivis d'un triage technique via la méthode TOPSIS et se conclut par une évaluation communautaire à l'aide d'un système d'informations géographiques, visant à déterminer les portefeuilles optimaux.

Enfin, Kleersnijder et Berghout [17] introduisent quant à eux le modèle "Hourglass", une structure visant à optimiser le processus décisionnel lié à la sélection et la priorisation des projets. Fondé sur une évaluation multicritères, ce modèle scrute chaque projet sous l'angle de critères de nécessité et commerciaux, intégrant des aspects légaux, politiques, publics, organisationnels, techniques, ainsi que des considérations communautaires, temporelles, de retour sur investissement et de financement. De plus, ils approfondissent l'analyse en pondérant ces divers critères, afin de classer les projets de manière efficace selon leur importance et leur urgence.

2.3.4 Méthode de gestion de portefeuille de projets

Parmi les 20 publications pertinentes retenues, certaines traitent plus globalement la gestion de portefeuille de projets en intégrant la partie planification ou en proposant un modèle pour optimiser l'efficience des ressources, ou un modèle organisationnel pour la gestion de portefeuille de projets.

Keynezhad et Goharshenasan [18] introduisent un modèle multiobjectif conçu pour optimiser simultanément la sélection de portefeuilles de projets et la planification des activités, avec une attention particulière portée aux contraintes de ressources. Il ambitionne d'améliorer à la fois la valeur actuelle nette (VAN) et l'équilibrage de l'utilisation des ressources au fil du temps. Pour y parvenir, il explore l'efficacité de divers algorithmes génétiques, concluant que l'algorithme NSGA-II surpassé les autres en termes de performance pour la résolution de ces problématiques complexes.

Safiullin et Ildarkhanova [19] proposent un modèle focalisé sur l'optimisation de l'efficience des ressources dans un portefeuille de projets spécifiques. Leur approche se concentre sur la minimisation du nombre de documents nécessaires à la réalisation du portefeuille tout en optimisant l'utilisation des ressources humaines. Ils visent ainsi à réduire les coûts et le temps de développement des nouveaux produits, en tenant compte de la charge de travail des membres de l'équipe sur plusieurs projets, dans le cadre d'une structure de gestion matricielle. Pour aborder ce défi, ils suggèrent l'utilisation du solveur de Microsoft Excel, offrant une méthode accessible pour la gestion des ressources.

Wang et al. [20] présentent un modèle organisationnel spécialement conçu pour les entreprises opérant dans le secteur spatial. Ce modèle a pour objectif d'accroître l'efficacité de gestion, la capacité à mener à bien des projets, le développement de l'innovation, ainsi que les bénéfices économiques, en optimisant les processus de gestion de projet. Il préconise une gestion centralisée comme solution aux conflits de ressources et aux divergences d'objectifs, soulignant l'importance d'une approche unifiée dans la gestion de portefeuilles complexes.

2.3.5 Méthode de sélection et de planification dans les environnements multiprojets (acceptation de commandes et ingénierie à la demande)

En outre, certaines publications se concentrent sur la gestion de projets dans des environnements multiprojets, sans aborder spécifiquement la gestion de portefeuille de projets, comme cela est courant dans les entreprises d'ingénierie sur commande.

Melchior et al. [21] abordent ainsi la gestion des commandes et l'allocation des capacités comme un processus de décision markovien en temps continu, visant à optimiser simultanément l'acceptation des commandes et l'affectation des ressources sur un point critique, en prenant en compte la stochastique des arrivées et des durées de projets. L'approche repose sur l'utilisation d'une politique de seuil pour l'acceptation des commandes, qui est déterminée par l'état actuel du système, y compris le nombre de projets en attente et en cours. Ils s'interrogent sur le moment optimal pour effectuer la planification macro-processuelle, soit avant soit après l'acceptation des commandes, afin d'optimiser l'efficacité du système.

Dans une veine similaire, Carvalho et al. [22] présentent un modèle de programmation linéaire en nombres entiers mixtes conçu pour aligner de manière optimale la capacité disponible avec la demande, tout en facilitant la préparation d'offres dans un environnement d'ingénierie à la demande. Ce modèle privilégie la minimisation des coûts variables de production en exploitant des flexibilités de capacité à travers des options, comme le recours aux heures supplémentaires, la sous-traitance, ou l'embauche de personnel supplémentaire. L'objectif est de maximiser l'efficience coût-capacité et de garantir que la capacité de production soit en adéquation avec les exigences des projets.

Herbots et al. [23], quant à eux, étudient les stratégies d'acceptation de commandes et de planification des capacités dans un cadre dynamique, avec un accent sur la maximisation des profits des projets acceptés en dépit des ressources limitées. Ils introduisent des algorithmes de programmation dynamique approximative et de passage unique, spécialement adaptés aux contextes où les spécificités des projets ne sont révélées qu'à leur réception. L'ambition est de dépasser la politique traditionnelle du "premier arrivé, premier servi" par des heuristiques conçues pour naviguer efficacement à travers la complexité et l'incertitude des situations réelles.

2.4 Analyse critique

Le Tableau 2-3 met en évidence les limitations des modèles recensés dans la littérature en regard de notre problématique spécifique. La critique de ces modèles repose sur la présence ou l'absence de caractéristiques pertinentes pour notre problématique, à savoir l'approche par portefeuille, la sélection, la macro-planification et l'estimation automatique intégrée.

En effet, il apparaît qu'aucun ne couvre intégralement la problématique posée, avec les exigences attendues. Une première lacune notable concerne la nécessité d'effectuer des estimations préalables à l'évaluation et la sélection des projets. Parmi toutes les publications examinées, soit elles omettent de détailler le processus d'estimation des coûts, des revenus, de la charge de travail ou d'autres critères d'évaluation des projets, soit elles mentionnent brièvement que ces estimations sont supposées être réalisées par un expert. En outre, même pour les études recourant à des lois stochastiques afin d'estimer certaines caractéristiques des projets, il est notable qu'elles ne dévoilent ni la méthode d'obtention de ces lois ni les spécificités des lois utilisées. Cette omission souligne une lacune importante dans la littérature existante, limitant la compréhension et la reproductibilité des estimations réalisées. Pour qu'une méthode soit réellement applicable au quotidien, il est crucial que les gestionnaires puissent directement mener l'évaluation et la sélection des projets sans dépendre d'intermédiaires ou d'experts extérieurs. Cela nécessite l'intégration de modèles capables de fournir des estimations précises et rapides des critères d'évaluation. De plus, l'adoption d'un modèle pour ces estimations pourrait se révéler plus efficace qu'une évaluation humaine ou experte, en raison de sa capacité à réduire les biais et à standardiser le processus d'évaluation, offrant ainsi une approche plus objective et fiable pour la prise de décision.

Une autre carence notable réside dans le désintérêt manifeste pour la planification, et plus spécifiquement, pour la macro-planification. Mis à part les contributions de Melchiors et al. [21] et de Keynezhad et Goharshenasan [16], la majorité des études se focalisent uniquement sur le processus de sélection des projets, négligeant ainsi l'importance de la planification. Parmi les études qui se penchent sur cette question, une seule étude [16] examine la planification globale de toutes les activités pour les projets sélectionnés, tandis que l'étude [21] ne précise pas la méthodologie employée pour la macro-planification, se limitant à discuter de son impact lorsqu'elle est réalisée avant ou après la sélection des projets. Ces approches se révèlent inadéquates et non suffisamment développées pour notre contexte spécifique, où l'incertitude demeure quant aux

exigences précises du client, ce qui empêche d'identifier avec précision les tâches nécessaires. D'où l'importance de recourir à une macro-planification, consistant à allouer des ressources telles que des plages de dates et des salles pour les projets, sans pour autant descendre au niveau détaillé des activités.

Tableau 2-3 Tableau récapitulatif de la revue critique

Auteurs	Caractéristiques des modèles			
	Approche par portefeuille	Sélection	Macro-planification	Estimation automatique intégrée
Wu, et al. [4]	✓	✓	✗	✗
Wu, et al. [5]	✓	✓	✗	✗
Gutjahr et Froeschl [6]	✓	✓	✗	✗
Bai, et al. [7]	✓	✓	✗	✗
Tang, et al. [8]	✓	✓	✗	✗
Wang et Guo [9]	✓	✓	✗	✗
Gemici-Ozkan, et al. [10]	✓	✓	✗	✗
Mokhtari et Imamzadeh [11]	✓	✓	✗	✗
Linhart, et al. [12]	✓	✓	✗	✗
Gerstl [13]	✓	✓	✗	✗
Li, et al. [14]	✓	✓	✗	✗
Wu, et al. [15]	✓	✓	✗	✗
Hashemizadeh et Ju [16]	✓	✓	✗	✗
Kleersnijder et Berghout [17]	✓	✓	✗	✗
Keynezhad et Goharshenasan [18]	✓	✓	✗	✗
Safiullin et Ildarkhanova [19]	✓	✗	✗	✗
Wang, et al. [20]	✓	✗	✗	✗
Melchiors, et al. [21]	✗	✓	✓	✗
Carvalho, et al. [22]	✗	✓	✗	✗
Herbots, et al. [23]	✗	✓	✗	✗

La plus grande lacune identifiée concerne l'absence d'études ciblant spécifiquement le secteur des centres de congrès et plus généralement le secteur de l'événementiel. Ces domaines affichent des particularités distinctives, tant au niveau des objectifs et des critères de sélection, qu'en termes de quantité de projets menés chaque année. Les retombées économiques, notamment, jouent un rôle crucial dans la sélection des événements pour les centres de congrès, une caractéristique qui leur est exclusive et qui reste ainsi ignorée par les publications actuelles. De plus, la gestion des calendriers dans ces centres implique une double planification, temporelle et spatiale. Il ne s'agit

pas seulement de programmer les différents projets en tenant compte de la disponibilité des ressources humaines, mais aussi de les affecter à des espaces adéquats, en harmonie avec la nature de l'événement et les exigences des clients, ajoutant une couche supplémentaire de complexité non abordée dans les recherches existantes.

2.5 Conclusion

Après une analyse approfondie de la littérature existante et à la lumière de nos connaissances actuelles, nous observons une absence notable de modèles spécifiquement conçus pour l'évaluation, la sélection et la planification d'événements afin de constituer les portefeuilles d'un centre de congrès. Toutefois, les recherches existantes autour des méthodologies de sélection, d'organisation et de gestion de portefeuilles de projets offrent une base pour l'élaboration d'un nouveau modèle. Ce modèle devra fournir aux gestionnaires un outil efficace pour évaluer, sélectionner et planifier les événements constituant leur portefeuille, tout en prenant en compte les contraintes uniques inhérentes à l'exploitation d'un centre de congrès. L'objectif est de doter ces derniers d'un avantage concurrentiel tout en évitant le surmenage des équipes opérationnelles. La méthodologie de recherche adoptée pour explorer cette question sera exposée dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

3.1 Introduction

Le troisième chapitre décrit la démarche de recherche pour cette étude. Initialement, il précise nos objectifs spécifiques. Ensuite, il expose l'approche méthodologique choisie pour mener à bien l'analyse.

3.2 Objectifs de recherche

L'analyse critique de la revue de littérature a permis de mettre en évidence les lacunes de la littérature actuelle. En effet, les centres de congrès ont besoin d'une méthode de gestion de portefeuilles adaptée à leurs besoins et leurs contraintes. Par conséquent, l'objectif principal de cette recherche est *d'améliorer le processus de sélection des événements d'un centre de congrès*.

De cet objectif général découlent quatre objectifs spécifiques, soit :

- Identifier les modèles existants permettant de structurer le développement d'un nouveau modèle, tout en considérant leurs forces et faiblesses ;
- Cerner précisément les contraintes des centres de congrès pour collecter toutes les informations et données nécessaires au développement du nouveau modèle et des outils adéquats pour son déploiement ;
- Proposer un modèle et les outils nécessaires à sa mise en place permettant au centre de congrès de créer et gérer leur portefeuille d'événements ; et
- Valider la faisabilité du modèle et de ses outils associés en les appliquant au sein du centre partenaire de l'étude, afin de démontrer leur efficacité et leur applicabilité dans un contexte réel.

3.3 Démarche de recherche proposée

Ce projet de recherche a pour objectif de développer un cadre et les outils requis pour faciliter la constitution et la gestion des portefeuilles d'événements par les centres de congrès. Nous envisageons de concevoir un modèle qui soutiendra les gestionnaires tout au long des étapes d'évaluation, de sélection et de planification à grande échelle des événements. Ce modèle prendra en considération les contraintes spécifiques, les indicateurs de performance et les critères

d'évaluation propres à l'univers des centres de congrès, afin d'optimiser leur fonctionnement et de maximiser leur revenu et les retombées économiques.

Dans le cadre de ce projet de maîtrise, qui doit être achevé dans un délai limité, et compte tenu du potentiel impact significatif de nos recommandations sur notre partenaire, il n'est pas envisageable d'attendre la mise en œuvre de notre solution avant d'en évaluer les avantages. Par conséquent, nous optons pour l'approche Design Research Methodology (DRM), telle que décrite par Blessing et Chakrabarti [30]. Cette méthode permet de structurer et évaluer une méthodologie en réponse à la problématique industrielle sans nécessiter sa mise en place intégrale. La méthodologie DRM, illustrée dans la Figure 3-1, s'articule autour de quatre phases principales : l'examen approfondi de la littérature pour définir clairement les objectifs de recherche, l'analyse du cas d'étude et de ses données pour identifier ses limites, l'élaboration d'une stratégie, et enfin, l'évaluation de cette stratégie à travers le cas d'étude. L'approche se caractérise par son processus itératif, où l'exploration d'une phase peut nécessiter un retour à la phase précédente. Cette dynamique itérative assure l'alignement continu entre les besoins identifiés dans le cas d'étude et les connaissances existantes tout au long de la recherche.

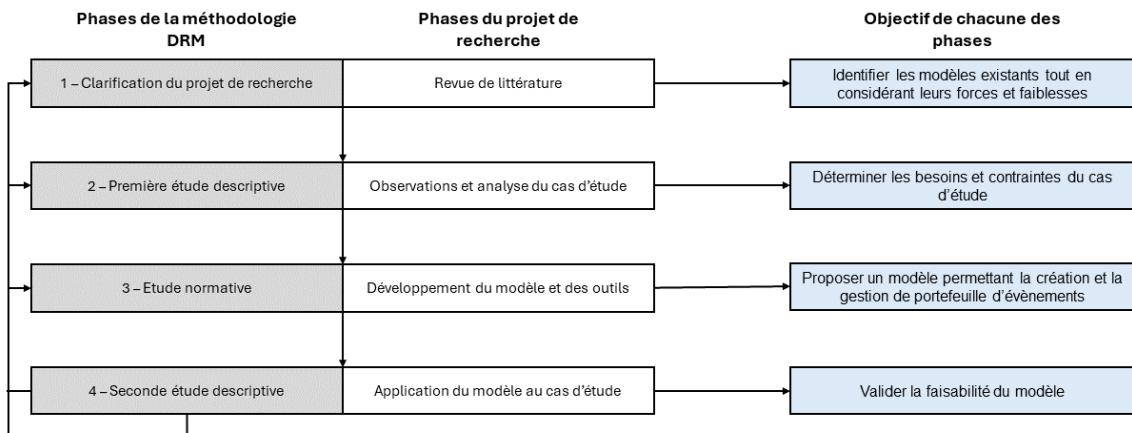


Figure 3-1 Phases de la méthode DRM

La phase de clarification du projet de recherche a été réalisée avec les chapitres 1 et 2. L'analyse du processus existant en place chez le partenaire ainsi que les données disponibles est présentée dans le chapitre 4. Le modèle proposé est exposé dans le chapitre 5. Enfin l'application du modèle proposé est exposée au chapitre 6.

Pour évaluer l'efficacité de notre modèle et des outils développés, nous avons demandé à notre partenaire de nous fournir le calendrier des événements futurs à une date spécifique, puis de collecter et de nous transmettre toutes les opportunités et demandes entrantes sur une période de trois semaines. À la fin de cette période de collecte, nous avons obtenu à nouveau le calendrier des événements futurs.

Nous appliquerons ensuite notre méthode et nos outils en prenant en compte le calendrier des événements déjà réservés ainsi que les événements potentiels sur une période de trois semaines. Nous prévoyons de simuler l'utilisation de notre outil à trois reprises, une fois à la fin de chaque semaine de collecte, en utilisant les données des événements survenus durant cette semaine. Nous veillerons à intégrer dans le calendrier les événements recommandés par notre outil pour les semaines précédentes avant de procéder à la simulation pour la semaine suivante. Enfin, nous réaliserons une analyse comparative entre le nombre d'événements acceptés par notre modèle et le nombre d'événements effectivement acceptés par le centre. Cette démarche nous permettra de mesurer la précision et la pertinence de notre modèle en conditions réelles.

3.4 Conclusion

Dans le cadre de notre étude, nous mettrons en œuvre la méthodologie DRM pour développer un modèle de gestion de portefeuille de projets adapté aux exigences et contraintes d'un centre des congrès. Nous élaborerons une approche intégrée couvrant toutes les phases nécessaires pour effectuer une sélection et une planification globale, depuis l'évaluation des projets jusqu'à l'évaluation de la faisabilité du portefeuille d'événements. Le chapitre suivant sera dédié à l'examen du cas d'étude, afin d'approfondir notre compréhension des particularités des centres de congrès, d'explorer leur processus et de présenter les données disponibles.

CHAPITRE 4 ANALYSE DE L'EXISTANT

L'objectif de ce chapitre est de présenter le cas d'étude, le fonctionnement de l'entreprise partenaire, ainsi que les données avec lesquelles nous avons développé notre modèle.

Pour cela, nous commencerons par une présentation générale de notre partenaire, en mettant en évidence les contraintes qui lui sont propres. Ensuite, nous aborderons en détail le processus de sélection et de planification des événements actuellement en place chez notre partenaire et ses faiblesses. Enfin, nous présenterons les données disponibles et utilisables qui nous a permis de créer le modèle.

4.1 Présentation du partenaire

4.1.1 Présentation générale

Le Palais des Congrès de Montréal, notre partenaire pour cette étude, joue un rôle central dans l'industrie événementielle du Québec depuis plus de quatre décennies. Étant le plus vaste espace d'accueil pour les événements dans la province, il a hébergé plus de 300 événements variés en termes de taille, d'envergure et de thème durant l'exercice fiscal de 2022, contribuant à plus de 426 millions de dollars de retombées économiques pour Montréal. [1]

4.1.2 Présentation de l'organisation

Le PCM comprend plusieurs divisions, qui interviennent directement ou non sur les événements, comme on peut le voir dans la Figure 4-1. Ceux qui interviennent dans notre étude sont, la division du développement des affaires, la division des événements et de l'expérience client ainsi que la division innovation et intelligence.

La division du Développement des Affaires (DDA) a la charge de réceptionner et d'étudier les demandes entrantes des clients ou les événements récurrents, mais aussi de travailler pour obtenir de nouvelles opportunités commerciales en analysant le marché. Ce département a également la charge d'accepter ou non les événements, de leur trouver des salles à des dates qui conviennent au client et de faire le premier devis au client.

La Division des Événements et de l'Expérience Client (DEEC) est dédiée à fournir un accompagnement complet au client, depuis la signature du contrat jusqu'à la conclusion de l'événement. Au sein de cette division, les gestionnaires d'événements travaillent en étroite

collaboration avec les clients pour planifier et organiser leur événement selon leurs exigences spécifiques. En parallèle, les équipes opérationnelles, sous la direction de leur coordinateur, se chargent de la préparation et de l'aménagement des espaces, assurant ainsi une mise en place irréprochable des salles.

La Division de l'Intelligence d'Affaires et de l'Innovation (DIAI), tout nouvellement créé, joue un rôle crucial en pilotant l'amélioration continue, l'analyse approfondie et la veille stratégique. Cette équipe est responsable d'optimiser les processus en exploitant les données historiques, fournissant ainsi aux autres départements des indicateurs clés, leur tendance sur le temps et une interprétation pertinente. Son objectif est de guider efficacement les autres divisions dans l'accomplissement de leurs missions, en s'appuyant sur une base de connaissances solide et sur des analyses précises pour faciliter la prise de décision et renforcer la performance globale. Pour cette étude nous avons travaillé en étroite collaboration avec cette division même si nous avons également rencontré à de nombreuses occasions des membres du DDA et du DEEC.

Les autres divisions présentées dans la Figure 4-1, bien qu'elles ne soient pas directement affectées par notre étude, jouent un rôle indispensable dans l'efficacité opérationnelle du PCM. Néanmoins, certaines d'entre elles ont participé à notre projet, notamment la Direction des Finances et de l'Approvisionnement, avec laquelle nous avons collaboré pour évaluer les coûts fixes associés au PCM.

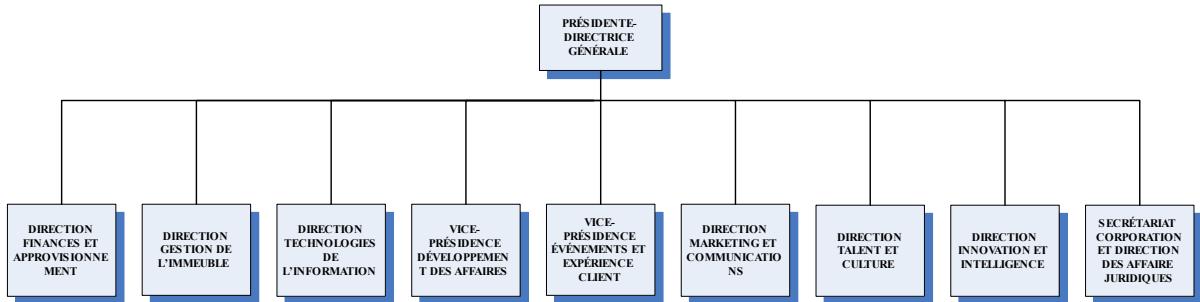


Figure 4-1 Organigramme du PCM

4.2 Processus en place au PCM

4.2.1 Processus global

Les divisions présentées ci-dessus interviennent dans le processus global du PCM présenté en annexes A,B,C,D,E représenté selon le formalisme BPMN 2.0.[31]. Nous avons choisi ce formalisme, qui est une référence internationale pour la modélisation de processus d'affaires, pour faciliter la communication et l'interprétation des pratiques du PCM.

Le processus, décrit en Annexe A, débute avec la réception d'une nouvelle demande ou d'un client désireux de réorganiser un événement précédemment tenu au PCM. Dès cette étape, la DDA procède à une évaluation du projet. Si la demande est considérée comme sérieuse et viable, et qu'il existe une disponibilité adéquate dans l'agenda tant sur le plan des dates que des espaces, la DDA élaborera une offre sur mesure. À la suite de l'acceptation de cette offre par le client, un contrat est rédigé, marquant ainsi le transfert du dossier à la DEEC pour la suite des opérations.

La DEEC est chargée d'accompagner le client dès la signature du contrat jusqu'à la conclusion de son événement. Le chargé de l'événement doit collecter toutes les informations nécessaires, y compris un plan détaillé et les besoins spécifiques en services (tels que l'audiovisuel, l'électricité, l'internet, la restauration, etc.), pour élaborer les plans d'aménagement des salles et rédiger un document de synthèse. Ce document, désigné par le terme "scénario" en interne, récapitule tous les services requis, les dispositions spatiales, les demandes spéciales, etc., et est distribué à toutes les équipes opérationnelles impliquées. Il est crucial de souligner que la majorité des événements subissent de nombreuses modifications. Par conséquent, le processus de planification et d'ajustement décrit ci-dessus est en constante évolution et se poursuit jusqu'à la veille de l'événement (Annexe B et C).

À l'approche de l'événement, les équipes opérationnelles s'affairent à aménager les salles conformément aux directives du scénario établi, en veillant à l'exactitude des divers services commandés. Cette phase cruciale est placée sous l'égide d'un coordinateur spécifiquement désigné pour cet événement. Outre le chargé d'événement initialement responsable, ce coordinateur joue un rôle pivot dans la fluidité de l'événement à partir du moment où la mise en place de l'événement commence : il supervise le bon déroulement de chaque étape, répond aux besoins émergents avec diligence et communique toute modification majeure au chargé d'événement. Disponible et réactif,

le coordinateur est le point de contact privilégié, garantissant une réactivité optimale tout au long de l'événement (Annexe D et E).

4.2.2 Processus de sélection et de planification

Le processus de sélection et de planification des événements au PCM, actuellement supervisé par le département des affaires, est illustré par le processus actuel (As-Is) présenté dans l'Annexe A. Ce processus débute par une évaluation primaire des demandes d'événements par les délégués commerciaux, basée sur une appréciation subjective de leur sérieux, sans suivre de critères objectifs clairement définis. L'analyse est réalisée de manière isolée, sans prise en compte des revenus, des dépenses, des retombées économiques ou des autres événements déjà planifiés. À la suite de cette première évaluation, les délégués commerciaux soumettent une demande d'attribution de date et de salle au calendrier en fournissant des dates et des salles préférentielles. Ensuite, le gestionnaire du calendrier intervient pour trouver des créneaux adaptés ou pour reprogrammer des événements déjà établis afin d'accueillir de nouvelles demandes. Il tente d'intégrer les nouveaux événements en ajustant, si nécessaire, les attributions de salles des événements confirmés en raison de limitations de disponibilité. Cette phase constitue un second filtre, où l'impossibilité de trouver une solution conduit au rejet de la demande. Pour les événements bénéficiant d'une affectation, le dossier est renvoyé aux délégués commerciaux qui préparent la proposition commerciale en faisant valider au préalable le tableau récapitulatif des réservations des salles avant de l'envoyer au client.

Ce processus de sélection et de planification des événements possède trois faiblesses majeures, qui sont :

- **Faiblesse 1** : Les capacités réelles de mise en œuvre du calendrier ne sont pas prises en compte. Les gestionnaires du calendrier et les délégués commerciaux se focalisent exclusivement sur la disponibilité sans évaluer la faisabilité pratique des événements planifiés ni les besoins opérationnels spécifiques entre ces événements.
- **Faiblesse 2** : Un manque de communication persistant entre les services commerciaux et les équipes opérationnelles entraîne fréquemment l'acceptation d'événements sans prise en compte adéquate des capacités opérationnelles. Cette situation peut conduire à des calendriers irréalisables, où le temps alloué pour l'aménagement des salles et l'installation électrique est insuffisant. En conséquence, les équipes chargées de l'opérationnel se retrouvent souvent contraintes à effectuer des heures supplémentaires

pour assurer la préparation des événements. Cela non seulement augmente la fatigue parmi le personnel, mais diminue également leur efficacité à long terme. De plus, les services responsables de l'installation sont généralement informés des détails des événements et des tâches à accomplir seulement une semaine à l'avance, exacerbant davantage les défis logistiques et augmentant la pression sur ces équipes.

- **Faiblesse 3** : La sélection des événements est effectuée sans prise en compte d'estimations solides sur les revenus, des dépenses et des retombées économiques des événements potentiels. De plus lors de cette sélection, l'évaluation est faite de manière individuelle. Conséquemment, des combinaisons d'événements plus profitables qu'un seul événement peuvent être ignorées.

Nous nous attachons à pallier ces faiblesses en utilisant les données issues d'un système ERP, détaillées dans les sections suivantes, dans le modèle que nous avons élaboré et qui est présenté dans le chapitre 5.

4.3 Sélection et préparation des données

Dans la construction de nos modèles, nous avons réalisé une analyse approfondie des bases de données de notre partenaire, en exploitant les données d'événements couvrant la période de 2015 à 2022, en excluant les années 2020 et 2021. Notre décision d'omettre ces années de notre base de données découle de leur caractère exceptionnel, principalement dû aux bouleversements engendrés par la pandémie sur le secteur événementiel. Pendant cette période, le PCM a été presque inactif en termes d'accueil d'événements. Cette inactivité s'explique d'abord par les restrictions sanitaires interdisant les rassemblements en espace clos, puis par sa réquisition en tant que centre de vaccination. Les rares événements organisés se distinguaient radicalement de ceux habituellement tenus, se limitant souvent à des formats sans public, avec une équipe réduite et un studio pour les conférences en ligne. Ces événements étant atypiques et non représentatifs des activités normales du PCM, leur inclusion pourrait fausser nos analyses et compliquer les modèles prédictifs. Nous avons donc choisi de les exclure pour préserver l'intégrité et la pertinence de nos données.

Par conséquent, notre base de données initiale d'entraînement comprend 2 014 événements ainsi que leurs revenus et dépenses réels. Nous avons ajusté ces montants en tenant compte du taux

d'inflation canadien afin d'aligner ces informations avec l'année de référence 2023. Après avoir supprimé les données comportant des erreurs de saisie ou des informations manquantes, nous disposons d'un ensemble de données de 1 989 événements pour l'entraînement.

Pour la validation et la comparaison des modèles, nous avons utilisé les données de l'exercice 2023, comprenant 215 événements. Ces données ont été utilisées sans ajustements préalables, garantissant une évaluation directe et pertinente de la performance des modèles. Un récapitulatif des données utilisées pour entraîner et valider les modèles est présenté dans la Figure 4-2.

Le processus de sélection et de planification des événements intervient relativement tôt dans le processus global du partenaire. À ce stade, les informations sur l'événement se limitent à la date souhaitée de l'événement, à sa durée, au nombre attendu de visiteurs, à la catégorie, à l'envergure, au nombre attendu d'exposants, au thème et à la surface approximative requise.

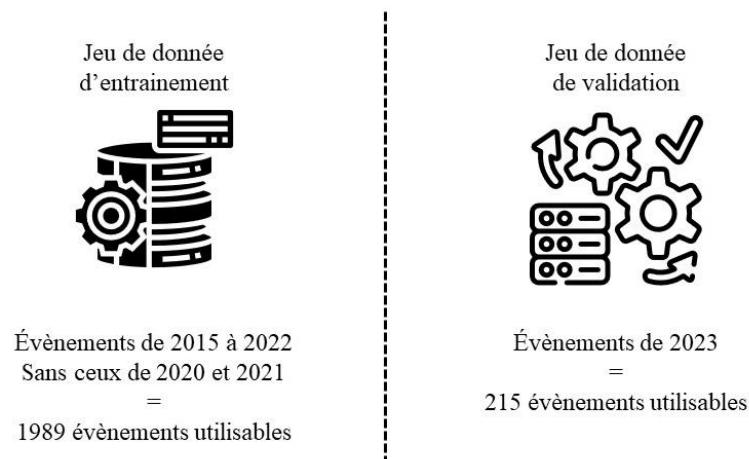


Figure 4-2 Récapitulatif des données

Les événements sont classés en trois catégories principales : événements locaux, congrès et expositions. Chacune de ces catégories comprend trois sous-catégories distinctes. L'envergure d'un événement, indiquant l'origine géographique de ses participants, est classée selon cinq niveaux. De plus, chaque événement est associé à l'un des 38 thèmes généraux prédéfinis reflétant le secteur d'activité de l'événement. Une nouvelle variable pertinente, le mois d'occurrence, a été générée à partir de la date de l'événement sur la base de l'hypothèse que les revenus et les coûts peuvent présenter des variations en fonction de la saisonnalité, mettant en évidence l'impact des

facteurs temporels sur les finances des événements. L'ensemble de ces informations sur les événements ont été collectées à partir d'extraction de l'ERP du partenaire.

Les données des événements sont modélisées comme présenté dans le Tableau 4-1.

Tableau 4-1 Modélisation des événements

ID	Date	Mois	Durée (Jour)	Catégorie	Envergure	Thème	Visiteurs	Exposants	Superficie (pi ²)
1	01/01/24	01	1	11	CA	WM	500	0	3 000
2	25/04/24	04	4	71	MT	TR	10 000	80	300 000

Certaines caractéristiques, comme les données catégorielles, nécessitent une préparation spécifique pour être intégrées dans nos modèles prédictifs. Ainsi, nous appliquons un encodage One-Hot [32] sur plusieurs attributs des événements : le mois, la catégorie, l'envergure et le thème, pour les rendre exploitables par nos modèles. Ainsi, chaque événement possède finalement 62 caractéristiques qui sont soit des données numériques, soit des données binaires.

4.4 Données manquantes et mitigations

Un vide notable dans la base de données du PCM concerne les événements écartés par les délégués commerciaux pour manque d'intérêt. Actuellement, l'ERP ne répertorie que les événements approuvés par le département des ventes. Les motifs de refus peuvent être des conflits d'horaire à des évaluations de la demande jugée comme non intéressante par les délégués commerciaux. Les événements considérés comme non pertinents, de par leur taille réduite ou d'autres critères, ne sont pas enregistrés, créant ainsi un trou dans notre jeu de données.

En effet, nous ne pourrons pas tester le modèle et l'outil sur une période du passé en analysant l'ensemble des événements qui étaient arrivés pour cette période et générer des scénarios. Pour pallier cette limitation et valider notre nouveau modèle ainsi que l'outil développé, nous avons initié une période de test de trois semaines durant laquelle le département des ventes s'est engagé à saisir toutes les demandes reçues, qu'elles concernent de nouvelles sollicitations ou des événements récurrents souhaitant se renouveler. Ainsi, nous pourrons générer les scénarios de sélections des événements, calculer leurs statistiques (rentabilités, retombées économiques, taux d'occupation,

etc.) et comparer avec ce qu'a réellement accepté le PCM. Durant cette période de récolte, nous avons récupéré 112 événements qui nous permettront de tester l'outil et le comparer aux décisions prises par la DDA.

Un autre manquement dans les données réside dans le suivi insuffisant du temps consacré aux opérations liées aux événements. Pour intégrer efficacement les capacités des ressources humaines dans notre planification, il est essentiel d'évaluer la durée des tâches critiques nécessaire à chaque événement. Cependant, à ce jour, ni estimations ni relevés de temps ne sont effectués. Nous avons donc sollicité le responsable des équipes opérationnelles pour qu'il fournisse des estimations de durée - minimum, maximum et moyenne - pour les tâches considérées comme critiques. Pour chaque salle du PCM, nous appliquons deux lois triangulaires distinctes pour estimer le temps nécessaire aux opérations de manutention et à l'installation électrique. Cette méthode présente des limites, notamment en raison de la variabilité significative du temps opérationnel requis pour une même salle, une variabilité due en partie à la configuration de l'espace, un paramètre absent de nos données. Par conséquent, nos estimations, bien qu'utiles, demeurent approximatives et nécessiteront des ajustements pour être pleinement opérationnelles au quotidien.

4.5 Conclusion

Comme exposé dans ce chapitre, le processus actuel de sélection et de planification présente plusieurs opportunités d'amélioration. En nous appuyant sur les données extraites de l'ERP et sur les estimations fournies par des experts du partenaire, nous introduisons un modèle basé sur les données, complété par un outil de sélection et de planification éclairée. Cette approche est décrite en profondeur dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 5 MODÈLE PROPOSÉ

Ce chapitre a pour but de présenter le modèle développé pour effectuer la sélection et la planification des événements d'un portefeuille d'un centre de congrès. Le modèle proposé est accompagné d'un outil qui est adapté au besoin du partenaire de cette étude.

5.1 Présentation du modèle de gestion de portefeuille du PMI

Le modèle présenté ici est celui du PMI de 2008. La méthode de gestion de portefeuille selon le PMI comprend sept étapes clés : l'identification, la catégorisation, l'évaluation, la sélection, la priorisation, l'équilibrage et l'autorisation [2].

- Identification : Cette activité vise à créer une liste mise à jour des projets en cours et potentiels, en collectant toutes les informations pertinentes pour leur gestion future;
- Classification : Les projets identifiés sont regroupés en catégories pertinentes, facilitant l'application de critères de décision et de filtres communs adaptés aux besoins spécifiques de chaque catégorie;
- Évaluation : Cette activité consiste à rassembler et synthétiser les informations nécessaires, qu'elles soient qualitatives ou quantitatives, pour évaluer et comparer les projets. Ces données proviennent de différentes sources internes à l'organisation;
- Sélection : basée sur les résultats de l'évaluation et les critères de sélection de l'organisation, cette étape permet d'établir une liste restreinte de projets, identifiant ceux qui offrent le plus de valeur et sont prêts pour une priorisation;
- Priorisation : À la suite de l'évaluation, les projets sont classifiés et un score est attribué à chaque projet selon des critères prédéfinis. Ce score aide à déterminer les projets prioritaires dans le portefeuille;
- Équilibrage : Le but est de développer un ensemble de projets qui maximise le potentiel du portefeuille en supportant les initiatives stratégiques de l'organisation et en atteignant les objectifs définis. Cela implique de réexaminer et d'ajuster les projets sélectionnés et priorisés pour assurer qu'ils répondent aux objectifs stratégiques, au profil de risque, aux indicateurs de performance et aux capacités de l'organisation; et

- Autorisation : Cette dernière étape consiste à allouer formellement les ressources nécessaires, tant financières qu'humaines, pour mener à bien les projets sélectionnés et à communiquer officiellement les décisions relatives à l'équilibrage du portefeuille.

5.2 Présentation globale du modèle développé

Notre modèle s'inspire de la gestion de portefeuille de projets du PMI de 2008 [2] et des travaux de Richard [32]. Nous l'exprimons sous la forme d'un processus d'affaires qui comporte plusieurs étapes clés pour la sélection et la planification des événements.

Le modèle proposé présente plusieurs différences par rapport à celui du PMI, présenté à la section précédente. Tout d'abord, nous avons enlevé l'activité de classification, car dans notre cas, les événements sont déjà regroupés en différents groupes définis par leur catégorie et l'envergure, ainsi cette activité n'a plus de raison d'exister dans notre contexte.

En plus de ce changement, nous avons ajouté deux activités essentielles : une première qui consiste à générer toutes les combinaisons possibles d'événements potentiels et une seconde qui permet d'identifier les combinaisons d'événements potentiels qui sont opérationnellement réalisables, c'est-à-dire que l'on vérifie que l'on peut assigner une salle libre à chaque événement potentiel. L'ajout de ces activités est essentiel pour s'assurer de présenter la meilleure combinaison réalisable au comité de sélection.

Nous avons fusionné les activités de sélection et de priorisation en une seule dans laquelle nous évaluons la combinaison dans son ensemble et nous trions les combinaisons de la plus intéressante à la moins intéressante en fonction des objectifs.

Enfin, nous avons remplacé l'activité d'autorisation par une activité de sélection, qui permet à un comité de sélection de choisir la combinaison à appliquer en prenant en compte l'expérience des gestionnaires et des critères de sélection qui ne seraient pas pris en compte comme des raisons politiques.

Une description de notre modèle est présentée ci-dessous et ses différentes étapes sont présentées dans le Tableau 5-1 et dans le schéma récapitulatif en Figure 5-2.

Dans notre modèle, nous distinguons deux statuts différents pour les événements : le statut potentiel et le statut confirmé. Les événements potentiels correspondent aux demandes entrantes, aux opportunités qui se présentent et qui n'ont pas encore été acceptées ou refusées. Les événements

confirmés, quant à eux, sont ceux qui ont été sélectionnés, ajoutés au calendrier et pour lesquels des salles ont été attribuées.

Le modèle débute par une phase d'identification en récupérant les événements potentiels arrivés depuis le dernier lancement de l'outil et les événements déjà confirmés au calendrier, tout en se limitant à la date maximale de notre horizon de planification. L'étape suivante est l'évaluation économique de chaque événement, incluant une estimation des retombées économiques ainsi que des revenus et dépenses, mais aussi des estimations de temps de travail pour les tâches essentielles effectuées par des ressources clés (Activité 2). La phase suivante implique la génération de différents scénarios pour la période choisie, chacun incluant tous les événements confirmés et des événements potentiels, couvrant toutes les combinaisons possibles d'événements potentiels pour assurer une analyse exhaustive (Activité 3). La faisabilité de ces scénarios est ensuite évaluée, en tentant d'intégrer tous les événements dans le calendrier et en attribuant des salles appropriées. L'objectif est d'identifier les scénarios non réalisables par manque de place (Activité 4). Pour les scénarios réalisables, les taux d'occupation quotidiens (tant pour les salles que pour les ressources humaines) et les statistiques globales (comme le bénéfice net et les retombées économiques) sont calculés.

Pour finir, nous classons tous les scénarios réalisables selon leur bénéfice net et leurs retombées économiques en ordre décroissant (Activité 5). Cette démarche permet de présenter aux décideurs les options les plus prometteuses, en leur laissant la responsabilité de choisir le scénario final (Activité 6). Le comité considère des facteurs additionnels essentiels, tels que les enjeux de cohabitation entre les événements, qui, bien que non intégrés directement dans notre modèle, sont cruciaux pour le choix final.

5.3 Description détaillée des activités du modèle proposé

Dans cette section, nous explorerons en détail les objectifs, les données d'entrée et de sortie de chaque activité, ainsi que leur mise en œuvre au sein de l'outil que nous développons. L'outil est développé en Python. Ainsi, nous utilisons les librairies classiques de ce langage pour simplifier le développement de ce dernier.

Tableau 5-1 Activités du modèle proposé

Activité	Brève description	Entrées et Sorties	Méthodes utilisables
1 – Identification des événements à considérer	Récupération des événements à considérer avec leurs caractéristiques	Entrées : Date du dernier lancement de l'outil, horizon de planification Sorties : Liste d'événements à considérer	N/A
2 - Évaluation des événements	Estimation des revenus, dépenses, retombées économiques des événements	Entrées : Liste d'événements à considérer Sorties : Estimations pour chaque événement des revenus, dépenses et retombées économiques	Régression polynomiale, Réseaux de neurones, Arbre de décisions Random Forest
3 - Génération des scénarios	Générer toutes les combinaisons d'événements potentiels pour générer les scénarios	Entrées : Liste des événements potentiels Sorties : Listes des combinaisons d'événements	N/A
4 - Vérification de la faisabilité des scénarios	Vérification de la faisabilité des scénarios en essayant de faire une assignation de salles et de dates aux événements du scénario	Entrées : Listes des événements à considérer dans le scénario Sorties : Liste des scénarios réalisables avec leurs calendriers	Méthode heuristique
5 - Évaluation et tri des scénarios faisables	Estimation les taux d'occupation quotidiens et moyens des ressources, la marge après coûts fixes et les retombées économiques globales de chaque scénario et les triés par ordre d'intérêt croissant	Entrées : Scénarios réalisables et leurs calendriers Sorties : les 20 meilleurs scénarios triés par ordre d'intérêt croissant	Méthode de tri multicritères : AHP
6 - Sélection du scénario à appliquer	Sélection du scénario choisi par le comité de sélection des événements	Entrées : les 20 meilleurs scénarios triés par ordre d'intérêt croissant Sorties : Liste des événements sélectionnés avec les dates et les salles qui leur sont assignées	N/A

5.3.1 Activité 1 : Identification des événements à considérer

La première activité consiste à collecter les données relatives aux événements qui se situent dans l'horizon de planification, incluant les caractéristiques des événements potentiels reçus depuis le dernier usage de l'outil ainsi que celles des événements déjà confirmés dans le calendrier pour cette même période. Nous ne prenons pas en compte les événements potentiels dont la date de début est à moins d'un mois de la date de lancement de l'outil. Cette période d'un mois, que nous appellerons par la suite la 'zone gelée', correspond à un délai durant lequel le calendrier est figé et ne peut plus être modifié. En effet, les événements potentiels ne disposent pas du temps nécessaire pour suivre le processus d'organisation décrit au chapitre 4.

Pour ce faire, nous réalisons deux extractions distinctes à partir de l'ERP. La première extraction vise à recueillir les informations sur tous les événements survenus après la date du dernier lancement de l'outil. La seconde extraction cible les événements confirmés, couvrant la période allant de la date de début du premier événement potentiel jusqu'à celle du dernier, avec une marge de 15 jours avant et après cette période, afin d'éviter des omissions d'événements en cours aux limites de cette plage.

À l'issue de cette activité, nous obtenons deux ensembles de données : une table contenant les événements potentiels avec leurs caractéristiques spécifiques et une autre table listant les événements confirmés, également avec leurs caractéristiques détaillées et les salles qui leur sont attribuées.

5.3.2 Activité 2 : Évaluation des événements

CHAPITRE 1

CHAPITRE 2

CHAPITRE 3

CHAPITRE 4

CHAPITRE 5

5.1

5.2

5.3

5.3.1

5.3.2

5.3.2.1 Présentation de l'activité

La deuxième activité vise à évaluer les événements en fonction de trois critères clés : les revenus, les dépenses et les retombées économiques qui seront générés par chaque événement. Ces critères sont essentiels pour déterminer la contribution potentielle de chaque événement à l'objectif du PCM, qui est d'atteindre l'équilibre financier tout en générant des bénéfices économiques significatifs.

5.3.2.2 Estimation des retombées économiques

Pour estimer les retombées économiques, le PCM s'appuie sur un modèle fondé sur des enquêtes qui fournissent des statistiques détaillées sur les dépenses des visiteurs, des exposants et des organisateurs. Ces données sont classées selon le type et la taille de l'événement. Ce modèle a été développé par un économiste engagé par le gouvernement du Québec dans le but d'harmoniser le calcul des retombées économiques entre les centres de congrès de Québec et de Montréal. Cet économiste, en collaboration avec une agence de sondage, révise et actualise annuellement ces statistiques, garantissant ainsi une évaluation précise et à jour des retombées économiques des événements. Nous avons intégré ce modèle de calcul dans notre outil, en veillant particulièrement à simplifier la mise à jour des statistiques. Pour ce faire, les modifications peuvent être effectuées directement dans un fichier Excel. Ce fichier est ensuite intégré au code que l'on a développé, ce qui permet aux utilisateurs de mettre à jour les données sur lesquelles se base le modèle sans avoir à modifier le code lui-même. Cette approche garantit une facilité d'actualisation et d'adaptation du modèle aux évolutions des données économiques.

5.3.2.3 Estimation des revenus et des dépenses des événements

En ce qui concerne les revenus et les dépenses, le PCM ne dispose pas de modèle pour effectuer les estimations. Par conséquent, nous avons entrepris une recherche dans la littérature afin d'identifier les modèles existants permettant d'estimer les revenus et les dépenses d'un centre de congrès. Nous n'avons trouvé aucun modèle développé pour ce contexte. Néanmoins, en élargissant notre recherche, nous avons trouvé trois types de modèles qui sont utilisés dans un

contexte relativement similaire qui est le box-office. Ces modèles sont les régressions polynomiales (RP), les arbres de décisions et les réseaux de neurones.

En premier lieu, la RP, englobant la régression linéaire comme cas particulier, permet de modéliser avec efficacité les dynamiques linéaires et non linéaires entre variables. Par l'ajout de termes polynomiaux, elle adapte une courbe pour mieux correspondre aux données observées, permettant une analyse fine des interactions et tendances non linéaires. La RP a notamment été employée pour prédire les revenus générés par un film en fonction de caractéristiques basiques comme : le genre du film, de sa durée, de la date à laquelle il sort [33]. Cette recherche a d'ailleurs comparé divers modèles de prédiction et conclue que la régression était la plus efficace dans son cas.

Les autres modèles reposent sur des techniques d'intelligence artificielle, dont les arbres de décision. Par leur structure binaire, ils facilitent la prédiction à partir des caractéristiques des données. Cependant, leur simplicité peut mener à un surajustement sur des données complexes [34]. La technique Random Forest (RF) améliore cette méthode en combinant les prédictions de multiples arbres, chacun basé sur des échantillons différents, pour réduire les risques de surajustement [35]. La nature même de la méthode RF, par son processus d'agrégation des prédictions de divers arbres, le rend moins sujet au surajustement, renforçant ainsi la fiabilité et la précision des prédictions pour des ensembles de données variés et complexes. Plusieurs recherches ont exploré l'utilisation des arbres de décision et de la méthode RF pour analyser la profitabilité des films basée sur des caractéristiques fondamentales. Parmi ces recherches, Abidi et al. [33] et Burgos et al. [36] se distinguent par leur accent sur l'estimation de la rentabilité des films, démontrant l'efficacité de cette méthode pour prédire les performances financières à partir d'éléments de base tels que le genre, le budget et la durée.

On note aussi les réseaux de neurones qui traitent les données via des couches connectées par des liens ajustables, améliorant la précision des prédictions. Capables de gérer des données complexes, ils sont efficaces en analyse prédictive. Leur apprentissage, basé sur la correction des erreurs via la rétropropagation, assure une amélioration continue [37]. Un exemple notable est une étude qui emploie un réseau de neurones pour estimer les recettes au box-office des films en les classant en différentes catégories[38]. Cette recherche met en lumière la comparaison entre deux architectures spécifiques: le MLP (Perceptron Multi-Couches) et le MLBP (Multi-Layer Back Propagation),

soulignant l'efficacité de ces systèmes dans la prédition des performances financières au box-office de films.

Malgré l'existence de ces études, l'efficacité de ces méthodes dans la prévision des revenus et des dépenses des événements dans le contexte des centres de congrès reste inexplorée. En effet, nous n'avons pas de comparaison de ces méthodes dans le contexte des centres de congrès. Par le manque de comparaison, nous ne pouvons pas connaître non plus quelles sont les caractéristiques les plus intéressantes à considérer en entrée. Ainsi, nous allons les comparer pour trouver le modèle le plus fiable avec nos données.

À première vue, il ne semble pas y avoir de raison pour que le modèle le plus performant pour prédire les dépenses et les revenus ait les mêmes caractéristiques d'entrée et les mêmes paramètres. C'est pourquoi nous allons entraîner à chaque fois un modèle pour les revenus et un autre pour les dépenses afin de nous assurer d'avoir le meilleur modèle pour toutes nos estimations.

Pour développer les modèles de prédition les plus efficaces, nous exploiterons les ensembles de données d'entraînement et de validation décrits dans le chapitre 4. Nous ajusterons les caractéristiques d'entrée pour chaque modèle afin d'identifier celles qui maximisent la performance. Pour ce faire, nous testerons toutes les combinaisons possibles de caractéristiques pour chaque modèle, en accordant une attention particulière à inclure l'ensemble des colonnes résultant de l'encodage One-Hot lorsque nous sélectionnons une caractéristique ayant été encodée de cette manière. Cela représente un total de 255 combinaisons de caractéristiques à évaluer pour chaque approche.

En plus de modifier les caractéristiques en entrée, nous avons aussi ajusté les paramètres des méthodes utilisées. Pour la RP, nous avons varié le degré du polynôme d'un à cinq en combinant cela avec diverses combinaisons de caractéristiques, ce qui nous a permis de développer 1 275 modèles distincts pour l'analyse des revenus et autant pour celle des dépenses.

En ce qui concerne les arbres de décision, nous avons testé deux variantes : l'utilisation isolée des arbres de décision et l'emploi du RF. Pour les arbres de décision individuels, nous nous sommes limités à varier les combinaisons de caractéristiques. Cependant, pour le RF, nous avons en plus varié le nombre d'arbres dans la forêt, de deux à cent, afin d'explorer plus largement les capacités du modèle.

Pour les réseaux de neurones de type MLP (Perceptron multicouche), en plus de tester différentes combinaisons de caractéristiques, nous avons également varié le nombre de couches cachées, d'une à cinquante, ainsi que la taille de ces couches, en ajustant le nombre de perceptrons de cinq à quatre-vingts.

Enfin, nous avons exploré une autre méthode consistant à regrouper nos événements d'entraînement en fonction de leur superficie, afin d'identifier une loi de probabilité des revenus et des dépenses pour chaque groupe. Pour cette classification, nous avons utilisé l'algorithme d'intelligence artificielle K-means [39], en faisant varier le nombre de groupes de 2 à 100. Nous nous sommes assurés que chaque groupe contenait au moins 25 événements, afin de pouvoir établir des lois de probabilité fiables. À la suite de quoi, nous avons identifié la meilleure loi de probabilité avec un test de Kolmogorov [40]. Pour comparer et évaluer les performances des modèles, parmi les mesures d'erreur usuelles [41], nous avons utilisé la mesure d'erreur MAPE (Eq 5.1) qui a l'avantage d'être facilement compréhensible et interprétable. C'est important pour nous d'avoir une mesure d'erreur facilement compréhensible pour pouvoir présenter nos résultats aux gestionnaires du PCM qui n'ont pas forcément de compétences poussées en analyse de données. Cette mesure d'erreur correspond physiquement à une mesure de l'erreur moyenne en pourcentage entre les valeurs observées et les valeurs prédites par un modèle. Elle quantifie la précision d'une prévision en indiquant en moyenne de combien de pour cent les prédictions s'écartent des résultats réels.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \quad (5.1)$$

Avec n le nombre de prédictions, A_i la valeur réelle et F_i la valeur prédite

Pour les RP, les performances des meilleurs modèles pour chaque degré de polynôme sont résumées dans le Tableau 5-2. Nous observons que les modèles de degré 3 se distinguent par leur efficacité, tant pour les estimations des dépenses que des revenus. Il est intéressant de noter que si certains facteurs en entrée sont communs aux deux modèles les plus performants, des différences persistent. De plus, les modèles de RP de degrés supérieurs affichent des performances moindres, probablement en raison de surapprentissage sur l'ensemble des données d'entraînement.

Tableau 5-2 Résultats des RP

Degré du polynôme	Type d'Estimation	MAPE	Caractéristiques
1	Dépenses	89.14 %	Envergure, Visiteurs
	Revenus	77.11 %	Envergure, Visiteurs
2	Dépenses	38.62 %	Mois, Envergure, Exposants, Visiteurs, Superficie
	Revenus	47.03 %	Catégorie, Exposants, Durée, Visiteurs, Superficie
3	Dépenses	33.94 %	Catégorie, Mois, Envergure, Superficie
	Revenus	34.54 %	Catégorie, Envergure, Exposants, Durée, Superficie
4	Dépenses	77.89 %	Superficie
	Revenus	125.68 %	Mois, Envergure, Thème, Exposants, Superficie
5	Dépenses	133.46 %	Catégorie, Visiteurs totaux
	Revenus	208.43 %	Catégorie, Exposants

Concernant les arbres de décision, les performances les plus élevées pour les deux variantes étudiées sont compilées dans le Tableau 5-3. Nos analyses démontrent clairement l'avantage des modèles RF sur les arbres de décision isolés. Nous constatons aussi que les forêts comportant un nombre réduit d'arbres surpassent celles constituées de nombreux arbres. Cette tendance pourrait s'expliquer par la taille limitée de notre jeu de données, où augmenter le nombre d'arbres peut diminuer la quantité de données disponibles pour l'apprentissage de chaque arbre, impactant ainsi négativement la performance globale.

Tableau 5-3 Résultats des arbres de décisions et de la méthode RF

Méthode	Type d'estimation	Nombre d'arbres	MAPE	Caractéristiques
Arbre de décision	Dépenses	1	34,85 %	Thème, Exposants, Superficie
	Revenus	1	31,60 %	Thème, Exposants, Superficie
RF	Dépenses	22	29,16 %	Mois, Durée, Visiteurs, Superficie
	Revenus	6	24,72 %	Catégorie, Envergure, Thème, Exposants, Durée, Visiteurs, Superficie

Pour les réseaux de neurones, les modèles les plus performants sont récapitulés dans le Tableau 5-4. Il est intéressant de noter que les modèles dotés d'un nombre restreint de couches cachées affichent une meilleure performance, ce qui pourrait s'expliquer par un phénomène de surapprentissage rencontré avec les architectures les plus complexes.

Tableau 5-4 Résultats des Réseaux de neurones (MLP)

Type d'estimation	Nombre de couches cachées	Nombre de neurones par couche	MAPE	Caractéristiques
Dépenses	6	70	31,91 %	Durée, Visiteurs, Exposants, Superficie
Revenus	10	25	32,19 %	Durée, Visiteurs, Exposants, Superficie

En ce qui concerne la méthode de classification suivie de l'identification d'une loi de probabilité dans chaque groupe, nous avons obtenu au mieux une erreur de 37,39 % pour les revenus et de 32,52 % pour les dépenses, avec 13 groupes. La répartition des événements dans les groupes n'est pas du tout homogène : plus de 80 % des événements se trouvent dans les deux premiers groupes, tandis que les derniers groupes contiennent seulement 25 événements chacun. De plus, il existe une grande disparité entre les superficies des événements, même au sein du groupe des 'grands' événements, où l'écart peut atteindre plusieurs millions de pieds carrés. Ces facteurs expliquent selon nous la performance mitigée de cette méthode.

Un récapitulatif des meilleurs modèles par méthode est disponible dans le Tableau 5-5. L'analyse des résultats souligne l'absence d'une combinaison universelle de caractéristiques garantissant les meilleures performances pour chaque méthode et chaque type de prédiction. Cependant, il est intéressant de noter la présence systématique de la caractéristique "Superficie" parmi les configurations les plus efficaces, tandis que le nombre d'exposants figure dans cinq des six meilleures configurations. Ce constat suggère leur importance significative dans la prédiction des performances. À l'opposé, la caractéristique "Thème" semble apporter peu de valeur ajoutée, ne figurant qu'une seule fois sur six parmi les combinaisons optimales. Cette observation pourrait indiquer que certains attributs, malgré leur disponibilité, n'influencent pas de manière significative

la précision des prédictions, soulignant l'importance de sélectionner judicieusement les variables à intégrer dans les modèles de prédiction.

Nos résultats indiquent que la méthode RF surpassé les autres approches en termes d'efficacité, particulièrement pour les prévisions de revenus où l'écart de performance est notablement plus marqué. Bien que pour les dépenses, l'avantage de performance soit relativement modeste, l'impact sur les revenus justifie son utilisation. Nous constatons également que, de manière générale, les méthodes d'intelligence artificielle surpassent les méthodes de prévision plus classiques pour les estimations des dépenses des événements de notre partenaire. Cependant, la méthode de classification par IA suivie de l'identification d'une loi de probabilité s'avère moins efficace, probablement parce qu'elle ne prend en compte que la superficie.

Tableau 5-5 Récapitulatif des meilleurs modèles pour chaque méthode

Méthode	Type d'estimation	MAPE	Caractéristiques
RP	Dépenses	33.94 %	Catégorie, Mois, Envergure, Superficie
	Revenus	34.54 %	Catégorie, Envergure, Exposants, Durée, Superficie
RF	Dépenses	29,16 %	Mois, Durée, Visiteurs, Superficie
	Revenus	24,72 %	Catégorie, Envergure, Thème, Exposants, Durée, Visiteurs, Superficie
MLP	Dépenses	31,91 %	Durée, Visiteurs, Exposants, Superficie
	Revenus	32,19 %	Durée, Visiteurs, Exposants, Superficie
Classification et Identification Loi de probabilité	Dépenses	37,39 %	Superficie
	Revenus	32,52 %	Superficie

Comme ce n'est pas la problématique majeure de cette mémoire, nous nous satisferons de ces deux modèles d'estimations de dépenses et de revenus. Néanmoins, voici des pistes qui pourraient être développées pour améliorer les prédictions. Tout d'abord augmenter la taille des jeux de données devrait améliorer les performances. Pour augmenter la taille des données, on pourrait soit attendre d'avoir plus d'événements, soit ajouter de nouvelles informations. Par exemple, l'intégration de données sur les besoins en équipement audiovisuel, catégorisées selon des niveaux tels que 'aucun', 'faible', 'moyen' ou 'élevé', pourrait directement influencer les estimations de coûts et de revenus. L'ajout de telles caractéristiques, étroitement liées aux aspects financiers des événements, pourrait améliorer la qualité des prédictions. Une autre piste serait d'essayer des architectures de réseaux de neurones plus complexes comme les réseaux neuronaux convolutifs (CNN) pour l'analyse de séries temporelles, ou les réseaux récurrents (RNN) pour capturer les dynamiques temporelles, pourraient offrir des perspectives de prédiction supérieures.

Ici, nous nous concentrerons exclusivement sur l'évaluation des performances des diverses méthodes, sans tenir compte de la complexité de leur mise en œuvre, du temps nécessaire pour effectuer les prédictions sur de nouvelles données, ou encore du temps requis pour l'entraînement des modèles. Cette considération est justifiée par le contexte spécifique de notre utilisation : dans la gestion de portefeuilles pour les centres de congrès, l'outil est destiné à être utilisé bien avant le commencement effectif des événements, typiquement une fois toutes les deux semaines, et les modèles ne sont actualisés qu'annuellement. De ce fait, les enjeux liés au temps de calcul ou à la complexité ne constituent pas une contrainte majeure dans notre cas.

Ainsi, nous sommes en mesure d'obtenir pour chaque événement une estimation des revenus, des dépenses et des retombées économiques qu'il va générer, ce qui correspond à notre phase d'évaluation. À l'issue de cette activité, nous avons trois nouvelles caractéristiques à nos événements qui nous seront utiles plus tard au moment d'évaluer et sélectionner le meilleur scénario.

5.3.3 Activité 3 : Génération des scénarios

Dans cette étape, notre objectif est de générer tous les scénarios possibles en explorant exhaustivement toutes les combinaisons des événements potentiels. Pour y parvenir, nous utilisons

la bibliothèque Python `itertools`¹, en particulier sa fonction de combinaison, qui répond parfaitement à nos besoins. Cette fonction nous permet d'obtenir toutes les combinaisons non vides possibles, à partir d'une liste donnée d'événements potentiels. Nous incluons également une combinaison ne contenant aucun événement pour représenter le scénario où il serait préférable de ne retenir aucun des événements potentiels proposés.

Selon la capacité de calcul disponible et le nombre d'événements potentiels identifiés depuis la dernière utilisation du modèle, il peut être judicieux de diviser ces événements en plusieurs groupes. En effet, générer toutes les combinaisons possibles peut s'avérer très exigeant en ressources. Par exemple, pour vingt événements potentiels, il existe 1 048 576 combinaisons à évaluer. De plus, les événements survenus depuis la dernière mise à jour du modèle peuvent avoir des dates de début variées, certaines dans l'année en cours et d'autres prévues pour plus de trois ans dans le futur. Créer des scénarios incluant des événements si éloignés dans le temps n'est pas nécessaire. Le regroupement qui semble le plus cohérent est celui d'une douzaine d'événements potentiels, ce qui réduit le nombre de combinaisons à tester à environ 4000 pour l'horizon défini par ces événements.

Ainsi, à l'issue de cette activité, nous avons une liste de combinaisons d'événements à tester, c'est-à-dire qu'il nous reste à vérifier la faisabilité de ces scénarios, et de les trier du plus intéressant au moins intéressant.

5.3.4 Activité 4 : Vérification de la faisabilité des scénarios

Pour vérifier la faisabilité des scénarios, nous nous assurons que chaque événement potentiel peut être accueilli dans une salle adaptée à ses besoins de capacité. Nous utilisons pour cela la liste des salles disponibles fournies par le PCM, avec leurs capacités respectives ajustées selon le type de configuration de l'événement (banquet, conférence, etc.). Étant donné que nous ne disposons pas des configurations spécifiques pour chaque événement, nous avons créé une colonne "capacité_minimum_visiteur" qui représente la capacité minimale parmi les configurations non destinées aux expositions. Nous sélectionnons les salles dont la capacité est supérieure au besoin du client, mais n'excède pas 1,50 fois ce besoin afin d'éviter les déséquilibres extrêmes comme une salle trop grande pour un petit groupe.

¹ <https://docs.python.org/fr/3/library/itertools.html>

L'étape suivante consiste à intégrer tous les événements potentiels dans le calendrier contenant déjà les événements confirmés, en attribuant à chaque événement potentiel une salle compatible si possible. Pour ce faire, nous générerons une liste de salles compatibles pour chaque événement en fonction de la capacité requise, sans considérer initialement leur disponibilité. Nous utilisons ensuite une fonction de backtracking pour tester toutes les possibilités d'affectation avant de conclure à la non-faisabilité d'un scénario. Ce processus de backtracking est illustré dans la Figure 5-1.

Dans cette figure, "A=1" indique l'assignation de la salle 1 à l'événement A. Prenons un exemple avec deux salles et deux événements pour illustrer notre processus de vérification de faisabilité. Nous débutons en tentant d'assigner la salle 1 aux événements A et B (étape 1). Cependant, nous rencontrons un problème de disponibilité pour l'assignation de la salle 1 à l'événement B. Nous revenons donc au choix précédent et essayons une autre salle pour l'événement B (étape 2), mais rencontrons à nouveau un problème avec la salle 2 pour l'événement B. Après avoir exploré toutes les possibilités de cette configuration sans succès, nous remontons à un point antérieur de notre arbre de décision pour tester une nouvelle configuration. Cette fois, nous essayons d'assigner la salle 2 à l'événement A et la salle 1 à l'événement B. Cette configuration ne présentant aucun problème de disponibilité, nous concluons que le scénario est faisable et cessons d'explorer d'autres assignations.

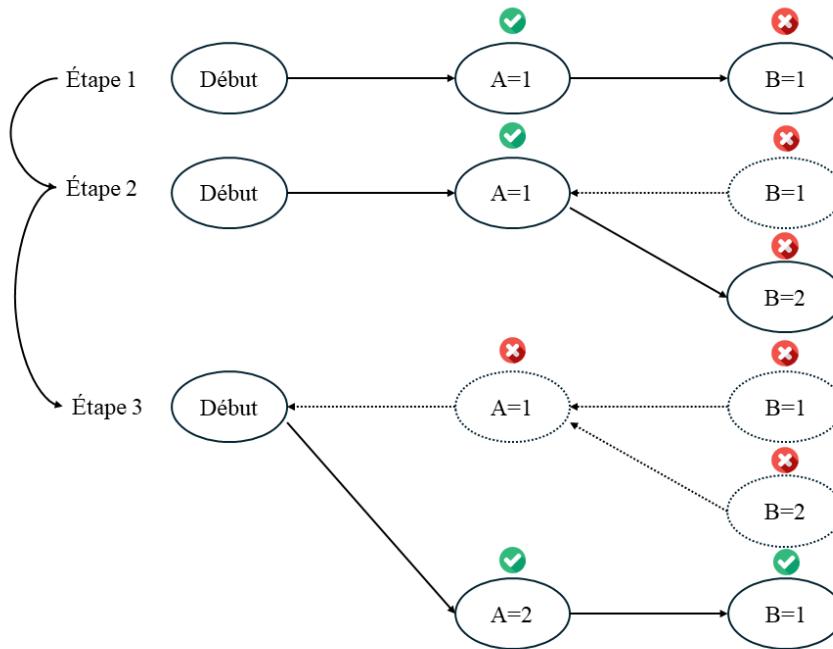


Figure 5-1 Principe de fonctionnement du backtracking

Après avoir évalué la faisabilité des scénarios, nous compilons une liste des scénarios réalisables accompagnée des affectations spécifiques effectuées pour chaque événement. Cette liste nous permet ensuite de classer les scénarios du plus au moins intéressant, facilitant ainsi la prise de décision pour la sélection finale.

5.3.5 Activité 5 : Évaluation et tri des scénarios

L'objectif de cette activité est d'évaluer et de classer les scénarios afin d'identifier les plus prometteurs et de fournir des indicateurs clés aux gestionnaires du PCM, les aidant ainsi à prendre des décisions éclairées.

Après avoir confirmé la faisabilité des scénarios en termes de disponibilité des salles et des dates (décrise dans l'Activité 4), il est nécessaire de calculer les taux d'occupation des ressources responsables des tâches clés. De plus, nous devons additionner les dépenses, les revenus, et évaluer les retombées économiques totales des événements potentiels et confirmés. Ces informations nous permettront de classer les scénarios réalisables, du plus au moins intéressant, afin de guider efficacement les décisions des gestionnaires.

Le PCM ne disposant pas de données précises sur le temps consacré par les opérateurs aux tâches critiques. Nous avons sollicité l'expertise d'un professionnel pour estimer ces durées, en fonction de la salle et du type d'événement. Cet expert, qui œuvre au PCM depuis plus de vingt ans et occupe le poste de superviseur des équipes opérationnelles depuis plus de cinq ans, possède une connaissance approfondie des opérations. Responsables de l'élaboration du calendrier des équipes, son expérience et sa position actuelle le rendaient incontestablement le plus qualifié pour fournir ces estimations précieuses. Sur notre demande, cet expert a identifié les activités les plus critiques entravant la capacité à organiser davantage d'événements : les tâches de manutention et d'électricité. Cet avis est corroboré par d'autres gestionnaires du PCM. Nous l'avons donc sollicité pour qu'il fournit des estimations des durées minimales, moyennes et maximales pour ces deux tâches, pour chaque salle et type d'événement (congrès, expositions et événements locaux). À partir de ces estimations, nous avons élaboré des lois de distribution triangulaire spécifiques à chaque salle et chaque tâche (manutention et installation d'électricité). Ces distributions nous permettent d'estimer les taux d'occupation des équipes opérationnelles en sélectionnant aléatoirement des valeurs dans ces distributions pour le nombre d'heures dédiées à chaque tâche.

Dans cette phase, nous évaluons chaque scénario réalisable en simulant l'ensemble des revenus, des dépenses, des retombées économiques, ainsi que le nombre d'heures dédiées aux tâches clés. Pour les revenus, les dépenses et les retombées économiques, nous additionnons les valeurs estimées à la deuxième activité pour tous les événements potentiels retenus dans le scénario, ainsi que pour les événements déjà confirmés. Concernant les heures consacrées aux tâches clés, nous simulons chaque scénario cent fois et calculons la moyenne des valeurs obtenues.

Pour estimer les taux d'occupation journaliers des espaces locatifs du PCM, nous analysons chaque scénario possible, identifiant les salles attribuées à chaque événement de son calendrier, qu'il soit potentiel ou déjà programmé. Nous calculons ensuite la superficie totale utilisée chaque jour en additionnant les surfaces des salles occupées, puis nous divisons ce total par la superficie globale du PCM pour obtenir le taux d'occupation. Nous calculons enfin la moyenne sur l'ensemble de la période du calendrier pour fournir cette statistique au comité de sélection à l'activité suivante.

Concernant les estimations des temps opérationnels pour les tâches de préparation et d'installation électrique, nous attribuons à chaque événement des heures spécifiques pour ces tâches lors de la première journée d'utilisation de la salle. Ces estimations sont basées sur une distribution

triangulaire dérivée des expertises pour chaque catégorie d'événement et selon la salle utilisée. Nous procémons ensuite à une simulation de Monte-Carlo [42] avec 100 itérations pour chaque scénario, ce qui nous permet d'obtenir les temps opérationnels estimés (moyen, minimal, et maximal) pour les opérations liées à ce scénario et par jour.

Nous concluons cette activité en classant les scénarios du plus au moins intéressant en utilisant la méthode de tri multicritères AHP [25] en nous basant sur la profitabilité globale et les retombées économiques de chaque scénario. Nous avons attribué un poids égal à ces deux critères, conformément à la vision de la direction qui les considère d'importance égale, tout en gardant la possibilité d'ajuster ces poids ou d'ajouter de nouveaux critères si nécessaire.

Finalement, après ce tri, nous sélectionnons les vingt meilleurs scénarios avec leurs statistiques détaillées, prêts à être présentés aux décideurs dans l'activité suivante.

5.3.6 Activité 6 : Sélection du scénario à appliquer

Une fois les vingt meilleurs scénarios réalisables récupérés avec leurs calendriers et leurs statistiques globales, nous réunissons le comité de sélection des événements pour choisir le scénario à appliquer. Ce comité est constitué de salariés dus de plusieurs départements du PCM, notamment des personnes du DDA, du DEEC et du DIAI, pour que la décision soit prise de manière commune et que tous les départements soient impliqués dans la sélection et immédiatement informé des décisions prises. Lors de la sélection du scénario à appliquer, les résultats de l'application du modèle et de l'outil sont présentés, après quoi une discussion est entamée pour considérer des considérations politiques ou d'événements récurrents qui modifieraient la décision.

Un récapitulatif de l'ensemble des activités est illustré en Figure 5-2.

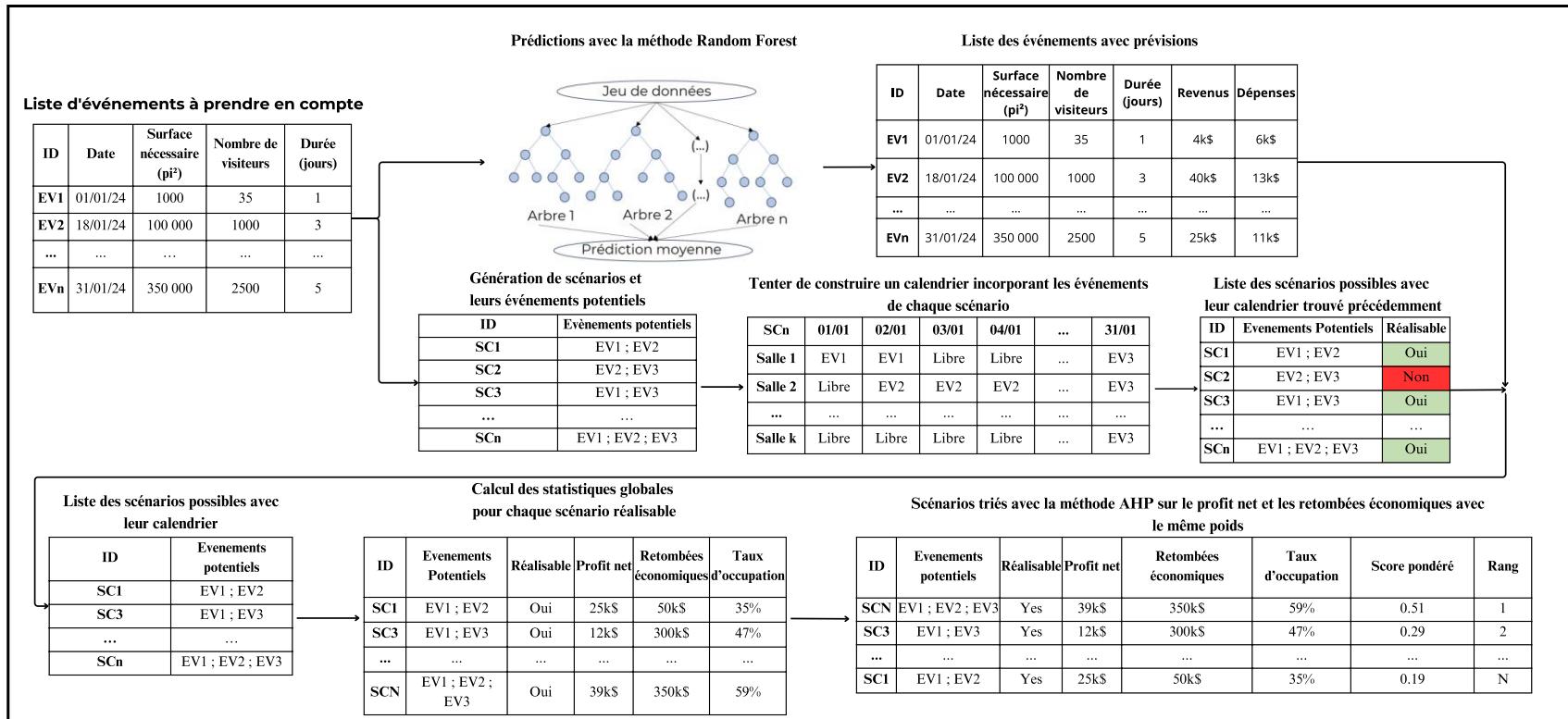


Figure 5-2 Récapitulatif du modèle proposé

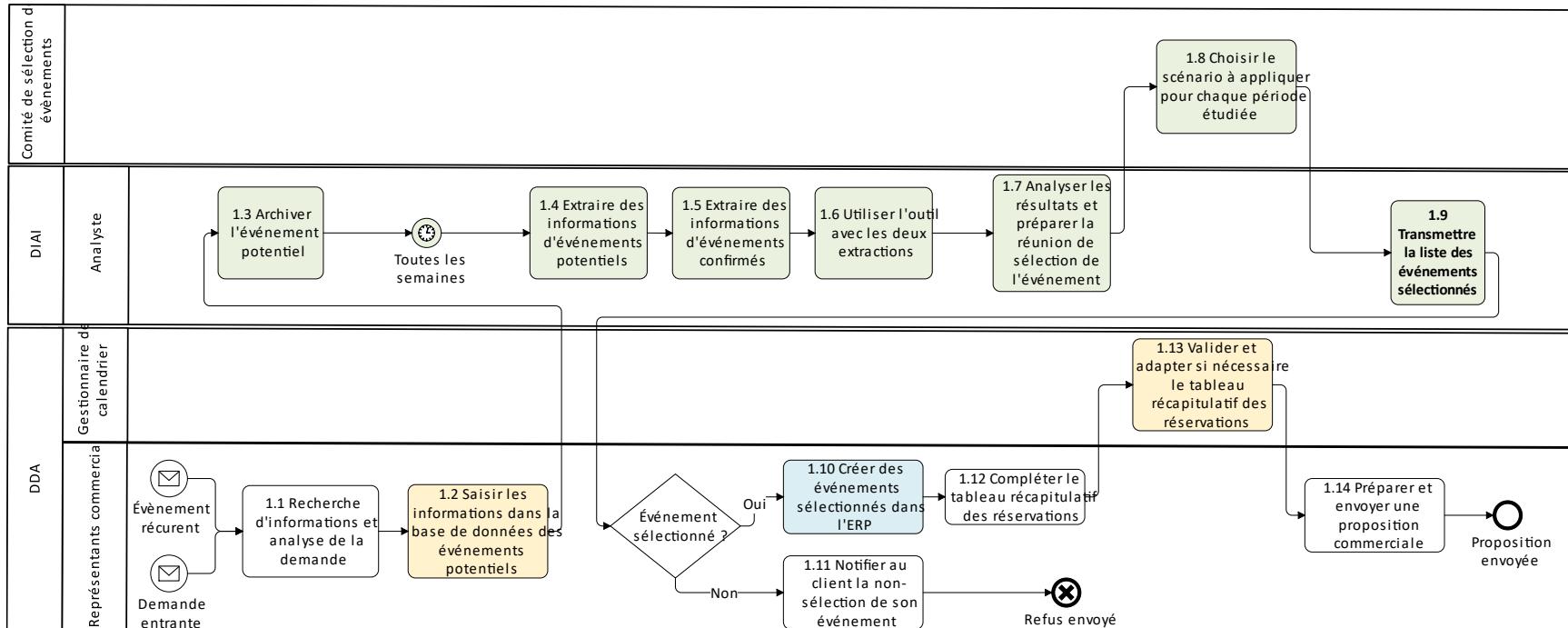


Figure 5-3 Processus de sélection et de planification modifié (TO-BE)

5.4 Intégration et conséquences de ce modèle sur les processus du PCM

L'intégration de notre modèle et de l'outil associé entraîne des modifications significatives dans la structure organisationnelle et les processus de notre partenaire. Le formalisme appliqué pour présenter les modifications est celui du BPMN 2.0 étendu proposé par Mosser [43] qui permet de visualiser rapidement la nature des changements proposés. Ainsi, les activités conservées, mais modifiées sont en jaune, les nouvelles activités sont en verte et celles non modifiées, mais décalées dans le temps en bleu. Comme illustré dans la Figure 5-3, le processus est revu avec l'introduction de deux nouvelles entités : un analyste, chargé de manier l'outil, et un comité de sélection d'événements, responsable de la décision finale sur le scénario à adopter pour la période considérée. Ce comité serait composé de directeurs de différents départements ainsi que d'un analyste, du gestionnaire des opérations et du gestionnaire du calendrier, favorisant ainsi une meilleure communication interdépartementale et une prise de décision collective informée.

Les rôles des délégués commerciaux et du gestionnaire du calendrier sont également redéfinis. Ils n'ont plus la responsabilité de la sélection des événements ni de leur placement dans le calendrier, mais doivent vérifier et ajuster les recommandations de l'outil concernant l'attribution des salles pour les événements sélectionnés par le comité. Pour éviter d'avoir un délai de réponse trop long pour les clients, l'analyste effectue chaque semaine des extractions de données afin d'obtenir les informations sur les événements potentiels et confirmés, en vue de les utiliser dans l'outil.

Il préanalyse les résultats pour préparer les réunions du comité de sélection. Après la sélection d'un scénario pour les périodes étudiées, il est également chargé de communiquer la liste des événements sélectionnés ou non aux délégués du département des affaires.

En plus de l'aspect organisationnel, cette intégration modifiera de manière significative le portefeuille d'événements de notre partenaire, ainsi que l'approche adoptée vis-à-vis de la stratégie et des objectifs de l'entreprise. Désormais, la sélection des événements intégrera des indicateurs financiers en complément de l'évaluation de leur faisabilité dans le calendrier. Ce qui permettra aux gestionnaires de mieux aligner leurs actions avec la stratégie définie par la direction, grâce à une compréhension plus claire de la contribution de chaque événement potentiel aux objectifs globaux de l'entreprise. Ce modèle offre aux gestionnaires une vision continue de la progression

vers ces objectifs et des efforts restants à fournir pour les atteindre, notamment à travers les discussions et analyses effectuées lors des réunions du comité de sélection des événements.

5.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit le modèle que nous proposons pour optimiser la sélection et la planification des événements dans un centre de congrès, structuré autour de six activités clés. Nous avons aussi examiné comment ce modèle pourrait être implémenté chez notre partenaire et l'impact potentiel sur ses processus opérationnels. Dans le chapitre suivant, nous testerons notre modèle en l'appliquant à des événements potentiels recueillis sur une période d'un mois chez notre partenaire. Ceci nous permettra de comparer nos recommandations avec les décisions qui ont été effectivement prises, afin d'évaluer la pertinence de notre approche.

CHAPITRE 6 EXPÉRIMENTATIONS

L'objectif principal de ce chapitre est de procéder à une évaluation approfondie de la pertinence et des performances du modèle que nous proposons en le mettant à l'épreuve dans des conditions réelles. Pour ce faire, nous utiliserons des données réelles récupérées chez notre partenaire. En analysant comment le modèle se comporte avec ces données authentiques, nous pourrons identifier les points forts ainsi que les éventuelles améliorations nécessaires pour renforcer son applicabilité et sa précision dans le contexte réel d'un centre de congrès.

6.1 Événements utilisés pour l'expérimentation

Pour notre expérimentation, nous avons demandé au DDA de nous fournir toutes les demandes entrantes sur une période assez grande pour évaluer la pertinence de notre modèle. Habituellement, le DDA ne consigne dans l'ERP que les événements qu'il juge pertinents. Toutefois, notre modèle requiert l'accès à l'ensemble des opportunités, car il est conçu pour évaluer les différentes combinaisons possibles d'événements. Cette méthode nous permet de vérifier si des événements qui semblent peu intéressants individuellement pourraient s'avérer viables et bénéfiques lorsqu'ils sont associés à d'autres. Cette approche exhaustive est cruciale pour assurer la performance optimale de notre modèle en situation réelle.

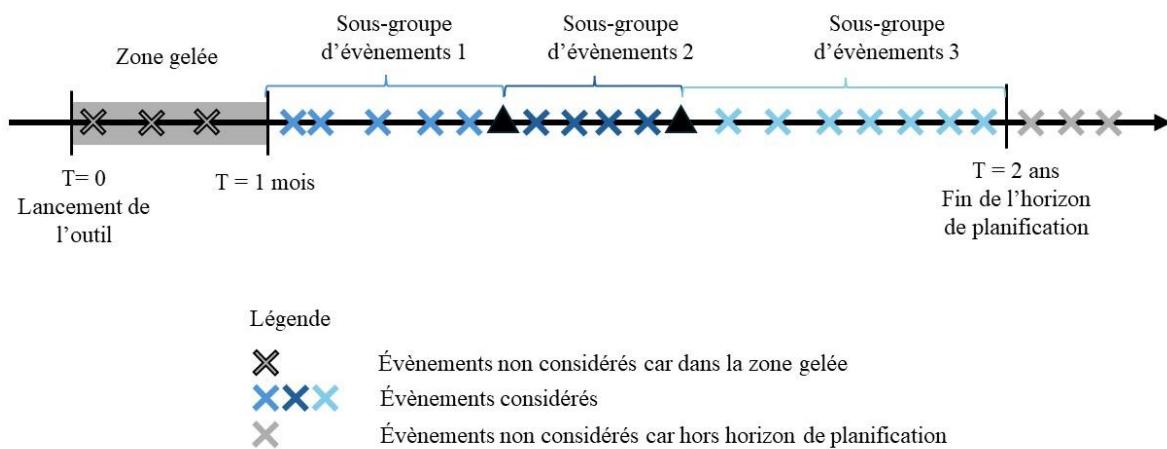


Figure 6-1 Schéma de la zone gelée, de l'horizon de planification et des sous-groupes

Ainsi, la DDA a enregistré toutes les opportunités reçues durant les trois premières semaines de mars 2024. Nous avons extrait de la base de données SQL un total de 90 événements potentiels, avec des dates de début s'étendant du 20/03/2024 à 27/04/2035. Pour cette expérimentation, nous avons défini une période de gel d'un mois et un horizon de planification de deux ans. Nous prévoyons de simuler trois lancements de l'outil, chaque lancement traitant les événements potentiels collectés sur une semaine. Lors de la première semaine, nous avons initialement 38 événements potentiels, 26 pour la deuxième et 26 pour la troisième semaine. Pour chaque semaine, nous définissons également une plage de dates qui tient compte de cette période de gel et de l'horizon de planification : elle commence un mois après la fin de la semaine de collecte des événements et se prolonge sur deux ans. En appliquant ces paramètres, nous obtenons 36 événements potentiels pour la première semaine, 24 pour la seconde et 18 pour la dernière semaine.

Pour les événements déjà confirmés au calendrier, nous procédons à une extraction depuis la base de données pour récupérer tous les événements programmés, totalisant 331 événements. À chaque lancement de l'outil, nous excluons les événements qui ne se situent pas dans la période de travail étudiée, en ajoutant une semaine supplémentaire de chaque côté de cette période. Cette précaution nous permet de prévenir toute complication liée aux événements qui pourraient chevaucher les limites de la période définie.

Pour des besoins opérationnels, nous sommes obligés de séparer les événements potentiels en groupe d'une douzaine d'événements pour des problèmes de calculs et de nombre de combinaisons à tester. Un schéma illustratif de l'horizon de planification, de la période de gel et des sous-groupes est présenté à la Figure 6-1.

La préparation des données extraites, que ce soit pour les événements potentiels ou ceux déjà confirmés au calendrier, suit la même méthodologie que celle décrite au chapitre 4. Nous veillons notamment à appliquer le même encodage pour les données catégorielles afin de garantir l'uniformité des caractéristiques, quelle que soit la nature des données issues des extractions pour rendre les données compatibles avec nos modèles de prédiction, assurant ainsi leur fonctionnement correct.

L'ensemble de ces expérimentations ont été effectuées avec un ordinateur possédant un processeur Intel® Core™ i5-7500 @4.40GHZ (4CPUs). L'ordinateur possède 8 GB de RAM.

6.2 Utilisation de l'outil sur les événements de la première semaine

Pour la première semaine de notre étude, nous avons défini une période allant du 1er avril 2024 au 15 février 2026. Au cours de cette semaine, nous avons recensé 36 événements. Ces événements ont été répartis en trois groupes distincts et les détails de cette segmentation sont présentés dans le Tableau 6-1.

Tableau 6-1 Descriptions des groupes de la première semaine

Groupe	Plage de date du groupe	Nombre d'événements inclus dans le groupe
1	Avril à mai 2024	5 événements potentiels
2	Juin à août 2024	10 événements potentiels
3	Septembre à décembre 2024	10 événements potentiels
4	Janvier 2025 à février 2026	11 événements potentiels

Le détail des résultats est décrit dans les points suivants et un récapitulatif est disponible dans le Tableau 6-3.

- Premier groupe - avril à mai 2024 : Le groupe 1 comprend 5 événements sur la période de deux mois, générant 32 combinaisons possibles à examiner. La meilleure combinaison, composée de 3 événements potentiels, inclut les événements déjà programmés au calendrier et produit une marge brute de 4 951 849 \$. Cette configuration atteint également un taux d'occupation moyen de 28,42% et génère des retombées économiques significatives, estimées à 98 442 517 \$ pour la période concernée. De plus, nous disposons de données supplémentaires telles que les taux d'occupation journaliers comme illustrés dans le Tableau 6-2, ou encore une estimation du nombre d'heures nécessaire pour la manutention et l'installation d'électricité, ce qui devrait aider les gestionnaires du PCM. L'ensemble du calcul a été réalisé en 1.934 minute.

Tableau 6-2 Extrait des taux d'occupation journaliers

	02/04/2024	03/04/2024	04/04/2024	05/04/2024	06/04/2024	07/04/2024
Salles occupées	519 ab ; 520a ; ...	517bc ; 519 ab ; ...	210 abc ; 510 cd ; ...	210 abc ; 220 a ; ...	210 abc ; 220 a ; ...	210 abc ; 220 a ; ...
Superficie utilisée	3425.8 pi^2	33425.8 pi^2	13713.8 pi^2	9856 pi^2	26036 pi^2	24927.9 pi^2
Taux d'occupation journalier	1.1%	9.8%	4.1%	2.9%	7.6%	7.3%

- Deuxième groupe - juin à août 2024 : Le groupe 2 inclut 10 événements potentiels sur la période de trois mois, offrant 1024 combinaisons possibles à analyser. La meilleure combinaison identifiée pour cette période inclut 8 événements potentiels et, en tenant compte des événements déjà confirmés, génère une marge brute de 4 876 487 \$. Elle permet également d'atteindre un taux d'occupation de 19,89 % et produit des retombées économiques de 143 433 775 \$ sur les trois mois concernés. L'ensemble du calcul a pris 4.903 minutes.
- Troisième groupe - septembre à décembre 2024 : Le groupe 3 compte 10 événements potentiels sur la période de quatre mois, avec 1024 combinaisons potentielles à explorer. La meilleure combinaison de cette période comprend 8 événements potentiels et, en incluant les événements déjà confirmés, génère une marge brute de 7 717 777 \$. Cette configuration atteint un taux d'occupation de 20,97 % et produit des retombées économiques de 88 735 390 \$ sur ces quatre mois. Le calcul a pris 36.434 minutes.
- Quatrième groupe - janvier 2025 à février 2026 : Le groupe 4 inclut 11 événements potentiels sur la période de 13 mois, offrant un total de 2048 combinaisons à analyser. La meilleure combinaison identifiée pour cette période inclut 9 événements potentiels et, en tenant compte des événements déjà confirmés, génère une marge brute de 26 345 157 \$. Cette configuration permet également d'atteindre un taux d'occupation de 17,41 % et produit des retombées économiques considérables, estimées à 354 406 190 \$ sur ces 13 mois. Le calcul a été réalisé en 11.393 minutes.

Tableau 6-3 Récapitulatif des meilleures combinaisons par groupe de la semaine 1

Groupe	Nombre d'événements potentiels sélectionnés	Marge brute (\$)	Retombées économiques (\$)	Temps de calcul (min)
1	3	4 951 849 \$	98 442 517 \$	1.934 min
2	8	4 876 487 \$	143 433 775 \$	4.903 min
3	8	7 717 777 \$	88 735 390 \$	36.434 min
4	9	26 345 157 \$	354 406 190 \$	11.393 min
Total	28/36	31 221 644 \$	685 017 872 \$	54.664 min

Nous avons intégré les 28 événements potentiels recommandés par notre outil au calendrier des événements déjà confirmés parmi les 36 potentiels, avant de procéder à l'analyse des événements potentiels survenus durant la deuxième semaine.

En réalité, le PCM a accepté 6 des 36 événements potentiels identifiés avec cette sélection au moment où nous avons fait l'extraction des données (le 1er avril 2024).

6.3 Utilisation de l'outil sur les événements de la deuxième semaine

Pour la deuxième semaine de notre étude, nous avons défini une période allant du 21 mai 2024 au 10 novembre 2025. Au cours de cette semaine, nous avons recensé 24 événements. Ces événements ont été répartis en trois groupes distincts et les détails de cette segmentation sont présentés dans le Tableau 6-4.

Tableau 6-4 Descriptions des groupes de la deuxième semaine

Groupe	Plage de date du groupe	Nombre d'événements inclus dans le groupe
1	Mai à août 2024	6 événements potentiels
2	Septembre 2024 à février 2025	11 événements potentiels
3	Mars 2025 à novembre 2025	7 événements potentiels

Le détail des résultats est décrit dans les points suivants, et un récapitulatif est disponible dans le Tableau 6-5.

- Premier groupe - mai à août 2024 : Le groupe 1 comprend 6 événements sur la période de quatre mois, générant 64 combinaisons possibles à examiner. La meilleure combinaison, composée de 5 événements potentiels, inclut les événements déjà programmés au calendrier et produit une marge brute de 6 611 320 \$. Cette configuration atteint également un taux d'occupation de 24,18 % et génère des retombées économiques significatives, estimées à 203 403 382 \$ pour la période concernée. De plus, nous disposons de données supplémentaires telles que les taux d'occupation journaliers et le nombre d'heures opérationnelles par jour. L'ensemble du calcul a été réalisé en 7.095 minutes.
- Deuxième groupe - septembre 2024 à février 2025 : Le groupe 2 inclut 11 événements potentiels sur la période de six mois, offrant 2 048 combinaisons possibles à analyser. La meilleure combinaison identifiée pour cette période inclut 8 événements potentiels et, en tenant compte des événements déjà confirmés, génère une marge brute de 12 648 306 \$. Elle permet également d'atteindre un taux d'occupation de 16,34 % et produit des retombées économiques de 119 443 060 \$ sur les trois mois concernés. L'ensemble du calcul a pris 26.582 minutes.
- Troisième groupe - mars 2025 à novembre 2025 : Le groupe 3 compte 7 événements potentiels sur la période de neuf mois, avec 1 024 combinaisons potentielles à explorer. La meilleure combinaison de cette période comprend 4 événements potentiels et, en incluant les événements déjà confirmés, génère une marge brute de 15 971 220 \$. Cette configuration atteint un taux d'occupation de 18,54 % et produit des retombées économiques de 290 888 509 \$ sur ces quatre mois. Le calcul a pris 6.898 minutes.

Tableau 6-5 Récapitulatif des meilleures combinaisons par groupe de la semaine 2

Groupe	Nombre d'événements potentiels sélectionnés	Marge brute (\$)	Retombées économiques (\$)	Temps de calcul (min)
1	5	6 534 462.00 \$	203 403 382.00 \$	7.095
2	8	12 670 006.00 \$	119 443 060.00 \$	26.582
3	8	15 633 134.00 \$	279 760 209.00 \$	6.898
Total	21/24	34 837 602.00 \$	602 606 651.00 \$	40.575

Nous avons intégré les 21 événements potentiels recommandés par notre outil au calendrier des événements déjà confirmés parmi les 24 potentiels, avant de procéder à l'analyse des événements potentiels survenus durant la troisième semaine.

En réalité, le PCM a accepté 3 des 24 événements potentiels avec cette sélection au moment où nous avons fait l'extraction des données (le 1er avril 2024).

6.4 Utilisation de l'outil sur les événements de la troisième semaine

Pour la troisième semaine de notre étude, nous avons défini une période allant du 21 avril 2024 au 22 septembre 2025. Au cours de cette semaine, nous avons recensé 18 événements. Ces événements ont été répartis en trois groupes distincts, et les détails de cette segmentation sont présentés dans le Tableau 6-6.

Tableau 6-6 Descriptions des groupes de la troisième semaine

Groupe	Plage de date du groupe	Nombre d'événements inclus dans le groupe
1	Avril à mai 2024	7 événements potentiels
2	Juin à novembre 2024	7 événements potentiels
3	Décembre 2024 à septembre 2025	4 événements potentiels

Le détail des résultats est décrit dans les points suivants, et un récapitulatif est disponible dans le Tableau 6-7.

- Premier groupe - avril à mai 2024 : Le groupe 1 comprend 7 événements sur la période de deux mois, générant 128 combinaisons possibles à examiner. La meilleure combinaison, composée de 6 événements potentiels, inclut les événements déjà programmés au calendrier et produit une marge brute de 4 345 598 \$. Cette configuration atteint également un taux d'occupation de 30,60 % et génère des retombées économiques significatives, estimées à 91 688 143 \$ pour la période concernée. De plus, nous disposons de données supplémentaires telles que les taux d'occupation journaliers et le nombre d'heures opérationnelles par jour. L'ensemble du calcul a été réalisé en 3.645 minutes.
- Deuxième groupe - juin à novembre 2024 : Le groupe 2 inclut 7 événements potentiels sur la période de six mois, offrant 128 combinaisons possibles à analyser. La meilleure combinaison identifiée pour cette période inclut 5 événements potentiels et, en tenant compte des événements déjà confirmés, génère une marge brute de 11 839 344 \$. Elle permet également d'atteindre un taux d'occupation de 21,29% et produit des retombées économiques de 212 652 938 \$ sur les trois mois concernés. L'ensemble du calcul a pris 7.998 minutes.
- Troisième groupe - décembre 2024 à septembre 2025 : Le groupe 3 compte 4 événements potentiels sur la période de neuf mois, avec 16 combinaisons potentielles à explorer. La meilleure combinaison de cette période comprend 4 événements potentiels et, en incluant les événements déjà confirmés, génère une marge brute de 20 150 118 \$. Cette configuration atteint un taux d'occupation de 16,62% et produit des retombées économiques de 312 412 930 \$ sur ces quatre mois. Le calcul a pris 7.057 minutes.

En réalité, le PCM a accepté 1 des 18 événements potentiels avec cette sélection au moment où nous avons fait l'extraction des données (le 1er avril 2024).

Tableau 6-7 Récapitulatif des meilleures combinaisons par groupe de la semaine 3

Groupe	Nombre d'événements potentiels sélectionnés	Marge brute (\$)	Retombées économiques (\$)	Temps de calcul (min)
1	6	4 345 598.00 \$	91 688 143	3.645
2	5	11 839 344.00 \$	212 652 938	7.998
3	4	20 150 118.00 \$	312 412 930	7.057
Total	15/18	36 335 060.00 \$	616 754 011.00 \$	18.7

6.5 Conclusion

Avec notre modèle et notre outil, nous aurions accepté 64 des 78 événements proposés, alors que le PCM n'en a réellement accepté que 10. Cet écart important entre les scénarios optimaux générés par notre outil et les décisions prises par le PCM nécessite une analyse nuancée en raison de plusieurs limitations significatives. Premièrement, même si notre outil peut identifier un événement comme étant potentiellement profitable, les clients peuvent refuser les offres, ce qui exclut ces événements du calendrier final. De plus, certains événements au moment de nos extractions de données étaient peut-être encore en phase de négociation et n'avaient pas été définitivement confirmés, rendant leur acceptation ultérieure possible.

Notre modèle prévoit également l'attribution d'une seule salle par événement, permettant théoriquement d'accueillir plus d'événements que ce qui est pratiquement réalisable, puisque de nombreux événements nécessitent l'utilisation de plusieurs salles.

En outre, il est crucial de considérer que le comité de sélection n'a pas pu se réunir, ce qui signifie que nous n'avons pas pris en compte les potentielles surcharges de travail dans les services administratifs (DDA, DEEC) ou opérationnels, faute de connaître précisément leurs capacités sur l'horizon de planification.

CHAPITRE 7 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce dernier chapitre récapitule le contexte général de notre recherche, l'étendue de notre contribution et explore les perspectives pour ce type de modèles.

Tout d'abord, la contribution scientifique de cette étude réside dans le développement d'un modèle innovant destiné à optimiser la sélection et la planification des événements dans un centre de congrès. Ce modèle exploite des techniques d'intelligence artificielle pour estimer les revenus et les dépenses des événements potentiels, proposant une alternative avancée aux méthodes conventionnelles. Contrairement aux approches classiques évoquées dans la littérature, notre modèle réduit la nécessité d'intervention experte pour l'analyse financière et fonctionne sans exiger une planification détaillée des tâches pour chaque événement, simplifiant le processus de gestion tout en maintenant une estimation précise. En adoptant la méthode de gestion de portefeuille du PMI, nous alignons le portefeuille d'événements avec les objectifs stratégiques du centre de congrès. Cette approche ne se limite pas uniquement aux performances économiques et financières ; elle permet également d'ajuster ou de modifier les critères d'évaluation pour répondre aux besoins spécifiques du centre. Grâce à notre modèle, les gestionnaires peuvent prendre des décisions mieux informées, ce qui renforce la gestion stratégique et opérationnelle du centre. De plus, notre modèle améliore significativement le processus de sélection et de planification du PCM en fournissant des informations clés pour la sélection des scénarios. Il facilite une approche collaborative en impliquant toutes les divisions concernées dès la phase de sélection. Cette intégration assure que toutes les parties prenantes contribuent à la décision finale, permettant ainsi une meilleure coordination et optimisation des ressources à travers le centre. Cette méthode holistique garantit que les décisions prises sont bien informées et alignées avec les capacités et objectifs globaux du centre, améliorant ainsi l'efficacité et l'efficience de la gestion des événements. Sur le plan pratique, notre modèle s'avère être un outil précieux, particulièrement pour les centres de congrès peu expérimentés en gestion de portefeuille. Il facilite et guide les gestionnaires dans la sélection et la planification des événements en leur fournissant des informations détaillées qui améliorent leur capacité de prise de décision.

De plus, l'adoption de ce modèle aide les membres du comité à mieux anticiper la charge de travail à venir. Par exemple, la personne responsable de la planification des activités opérationnelles, qui

avait auparavant une visibilité limitée à une semaine, peut désormais estimer quotidiennement le volume d'heures nécessaires pour les activités critiques. Cette capacité accrue de prévision permet une meilleure gestion des pics de travail, optimisant ainsi l'efficacité opérationnelle du centre. Avant l'intégration complète du modèle chez le partenaire, il est essentiel de mettre en place un accompagnement structuré basé sur les théories de la conduite du changement. Cela facilitera l'adoption du système par tous les utilisateurs concernés et permettra de surmonter les résistances potentielles, assurant ainsi une transition en douceur vers les nouvelles pratiques opérationnelles. Ce soutien doit inclure des formations adaptées, des sessions de sensibilisation aux avantages du nouveau modèle, et un soutien continu pour adapter les processus existants aux nouvelles méthodes. L'objectif de cette étude était de concevoir un modèle permettant au partenaire d'améliorer la sélection d'événements afin de mieux atteindre les objectifs fixés par sa direction. Nous avons développé un modèle et un outil pour son application pratique. Cependant, lors de l'implémentation de cet outil pour les événements survenus en mars 2024, nous avons constaté certaines limitations. Nous avons intentionnellement opté pour des algorithmes relativement simples qui ne couvrent pas toutes les contraintes spécifiques de notre partenaire dans certaines phases, car notre but était de démontrer l'application pratique du modèle et d'illustrer ses bénéfices potentiels.

Nous avons développé des approches spécifiques pour les activités de prédiction des dépenses et des revenus, de vérification de la faisabilité des combinaisons et de calcul des statistiques globales des combinaisons faisables. Toutefois, un approfondissement de ces solutions est crucial pour assurer leur efficacité en vue d'une implémentation quotidienne et durable. Pour l'activité 2, il est nécessaire de diminuer l'erreur de prédictions afin de renforcer la confiance des utilisateurs dans notre outil. Cela pourrait être réalisé en augmentant le volume de données disponibles pour l'apprentissage ou en explorant des modèles à architectures plus complexes capables de saisir des nuances plus subtiles dans les données.

Concernant la vérification de la faisabilité des combinaisons, l'optimisation de l'assignation des salles doit être revue. Actuellement, nous attribuons une seule salle par événement potentiel, alors qu'en pratique, un événement peut occuper plusieurs salles avec des configurations différentes. Un défi supplémentaire réside dans l'absence de données sur le nombre de salles nécessaires et la non prise en compte de l'espace tampon requis entre deux salles utilisées pour éviter les nuisances

sonores. Une solution pourrait être le développement d'un outil basé sur l'intelligence artificielle, tel qu'un algorithme de décision spécifique qui intègre ces contraintes.

Pour le calcul des statistiques globales des combinaisons faisables, la principale limitation réside dans l'estimation des heures nécessaires pour l'aménagement des salles et l'installation électrique. Actuellement, le PCM ne dispose pas de données précises sur les durées opérationnelles, nous nous sommes donc appuyés sur les estimations d'un expert, qui se sont avérées très variables. Pour améliorer la précision de nos estimations, il serait bénéfique d'affiner ces estimations ou de mettre en place un système de suivi des temps opérationnels qui permettrait une analyse plus rigoureuse de l'efficacité des processus et l'amélioration de la planification.

RÉFÉRENCES

- [1] Palais des Congrès de Montréal. (2022) Rapport annuel 2021-2022. [En ligne]. Disponible : <https://congresmtl.com/a-propos/publications/archives-rapports-annuels/>
- [2] Project Management Institute, *The Standard for Portfolio Management*, 3rd ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, Inc. (PMI), 2008.
- [3] Project Management Institute, *The Standard for Project Management and a Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, 7th ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, Inc., 2021.
- [4] K. Wu et al., “Project Portfolio Selection Considering the Fuzzy Chance Constraint of Water Environmental Restoration,” *Water (Switzerland)*, vol. 15, no. 13, 2023.
- [5] Y. Wu et al., “An intuitionistic fuzzy multi-criteria framework for large-scale rooftop PV project portfolio selection: Case study in Zhejiang, China,” *Energy*, vol. 143, pp. 295-309, 2018.
- [6] W. J. Gutjahr et K. A. Froeschl, “Project portfolio selection under uncertainty with outsourcing opportunities,” *Flexible Services and Manufacturing Journal*, vol. 25, no. 1-2, pp. 255-281, 2013.
- [7] L. Bai et al., “Optimal Project Portfolio Selection Considering Cascading Failure Among Projects,” *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 71, pp. 4750-4760, 2024.
- [8] B. J. Tang, H. L. Zhou, et H. Cao, “Selection of overseas oil and gas projects under low oil price,” *Journal of Petroleum Science and Engineering*, vol. 156, pp. 160-166, 2017.
- [9] J. Wang et P. Guo, “The robustness risk and selection optimization of R&D project portfolio under uncertainty,” communication présentée à *Proceedings of IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services (GSIS)*, Leicester, Royaume-Uni, 2015, pp. 622-627.
- [10] B. Gemici-Ozkan et al., “R&D project portfolio analysis for the semiconductor industry,” *Operations Research*, vol. 58, no 6, pp. 1548-1563, 2010.
- [11] G. Mokhtari et E. S. M. Imamzadeh, “Balancing the portfolio of urban and public projects with distance-dependent coverage facilities,” *Scientia Iranica*, vol. 28, no 4, pp. 2374-2385, 2021.

- [12] A. Linhart, J. Manderscheid, et M. Röglinger, “Roadmap to flexible service processes - A project portfolio selection and scheduling approach,” communication présentée à *23rd European Conference on Information Systems (ECIS)*, Münster, Allemagne, 2015.
- [13] D. S. Gerstl, “Applying auctions to bank holding company software project portfolio selection,” communication présentée à *Economics of Grids, Clouds, Systems, and Services: 15th International Conference, GECON 2018*, Pisa, Italie, 18-20 septembre 2018, pp. 9-23.
- [14] S. Li et al., “A projects portfolio selection for water security addressing future increasing water demand and salinity intrusion in Zhuhai City, coastal China,” *Journal of Contaminant Hydrology*, vol. 242, 2021.
- [15] W. Wu et al., “Distribution Network Project Portfolio Optimization Decision Model Based on Power Demand Matching,” communication présentée à *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*, Chengdu, Chine, 2019.
- [16] A. Hashemizadeh et Y. Ju, “Project portfolio selection for construction contractors by MCDM–GIS approach,” *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 16, no 12, pp. 8283-8296, 2019.
- [17] B. Kleersnijder et E. Berghout, “Portfolio management in non-profit organizations: The case of Groningen's municipality,” communication présentée à *4th International Conference on Information Warfare and Security (ICIW 2009)*, Cape Town, Afrique du Sud, 2009, pp. 271-278.
- [18] B. Keynezhad et A. Goharshenasan, “A multi-purpose model for optimising project selection and activities scheduling by balancing resource allocation,” *International Journal of Project Organisation and Management*, vol. 14, p. 20, janvier 2022.
- [19] A. R. Safiullin et A. K. Ildarkhanova, “Optimization modeling of innovation project portfolio resource efficiency for engineering enterprises,” *Journal of Social Sciences Research*, vol. 2018, no Special Issue 5, pp. 205-208, 2018.
- [20] X. Wang, S. Bal, et S. Li, “Research of project portfolio management and flow optimizing based on space enterprise strategy guiding,” communication présentée à *Proceedings of the International Astronautical Congress (IAC)*, Beijing, Chine, 2013, pp. 8068-8075.

- [21] P. Melchiors et al., “Dynamic order acceptance and capacity planning in a stochastic multi-project environment with a bottleneck resource,” *International Journal of Production Research*, vol. 56, no 1-2, pp. 459-475, 2018.
- [22] A. N. Carvalho, F. Oliveira, et L. F. Scavarda, “Tactical capacity planning in a real-world ETO industry case: An action research,” *International Journal of Production Economics*, vol. 167, pp. 187-203, 2015.
- [23] J. Herbots, W. Herroelen, et R. Leus, “Single-pass and approximate dynamic-programming algorithms for order acceptance and capacity planning,” *Journal of Heuristics*, vol. 16, no 2, pp. 189-209, 2010.
- [24] M. Safi, H. Maleki, et E. Zaeimazad, “A note on the Zimmermann method for solving fuzzy linear programming problems,” *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, vol. 4, octobre 2007.
- [25] T. L. Saaty, “Decision making — the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP),” *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, vol. 13, no 1, pp. 1-35, mars 2004.
- [26] H. Kuang, D. M. Kilgour, et K. W. Hipel, “Grey-based PROMETHEE II with application to evaluation of source water protection strategies,” *Information Sciences*, vol. 294, pp. 376-389, 10 février 2015.
- [27] K. Deb et al., “A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II,” *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 6, no 2, pp. 182-197, 2002.
- [28] M. Frank et P. Wolfe, “An algorithm for quadratic programming,” *Naval Research Logistics Quarterly*, vol. 3, no 1-2, pp. 95-110, 1956.
- [29] M. R. Bussieck et A. Meeraus, “General Algebraic Modeling System (GAMS),” dans *Modeling Languages in Mathematical Optimization*, J. Kallrath, édit. Boston, MA : Springer US, 2004, pp. 137-157.
- [30] L. T. M. Blessing et A. Chakrabarti, *DRM, a Design Research Methodology*. 2009.
- [31] Object Management Group, *Business Process Model and Notation (BPMN): Specification Version 2.0.*, 2011. [En ligne]. Disponible : <https://www.omg.org/spec/BPMN/>

- [32] S. Richard, "Gestion de portefeuille de projets d'Industrie 4.0 au sein d'entreprises manufacturières," Mémoire de maîtrise, Département de mathématiques et de génie industriel, Polytechnique Montréal, 2019.
- [33] S. M. R. Abidi et al., "Popularity prediction of movies: from statistical modeling to machine learning techniques," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 79, no 47, pp. 35583-35617, 1 décembre 2020.
- [34] L. Breiman et al., *Classification and Regression Trees*. Taylor & Francis, 1984.
- [35] L. Breiman, "Random Forests," *Machine Learning*, vol. 45, no 1, pp. 5-32, 1 octobre 2001.
- [36] M. Burgos et al., "Using Decision Trees to Characterize and Predict Movie Profitability on the US Market," communication présentée à *IMECS 2015*, Hong Kong, 2015.
- [37] M. H. Hassoun, *Fundamentals of Artificial Neural Networks*. MIT Press, 1995.
- [38] L. Zhang, J. Luo, et S. Yang, "Forecasting box office revenue of movies with BP neural network," *Expert Systems with Applications*, vol. 36, no 3, Part 2, pp. 6580-6587, 1 avril 2009.
- [39] A. M. Iktun et al., "K-means clustering algorithms: A comprehensive review, variants analysis, and advances in the era of big data," *Information Sciences*, vol. 622, pp. 178-210, 2023.
- [40] F. J. Massey, "The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit," *Journal of the American Statistical Association*, vol. 46, no 253, pp. 68-78, 1951.
- [41] P. St-Aubin et B. Agard, "Precision and Reliability of Forecasts Performance Metrics," *Forecasting*, vol. 4, no 4, pp. 882-903, 2022.
- [42] E. Zio, *The Monte Carlo Simulation Method for System Reliability and Risk Analysis*. E. Zio, édit. London : Springer London, 2013, pp. 19-58.
- [43] J. Mosser, "Cartographie 4.0 pour la transformation numérique des processus," Mémoire de maîtrise, Département de mathématiques et de génie industriel, Polytechnique Montréal, 2020.

ANNEXE A PROCESSUS DE SÉLECTION ET DE PLANIFICATION (AS-IS)

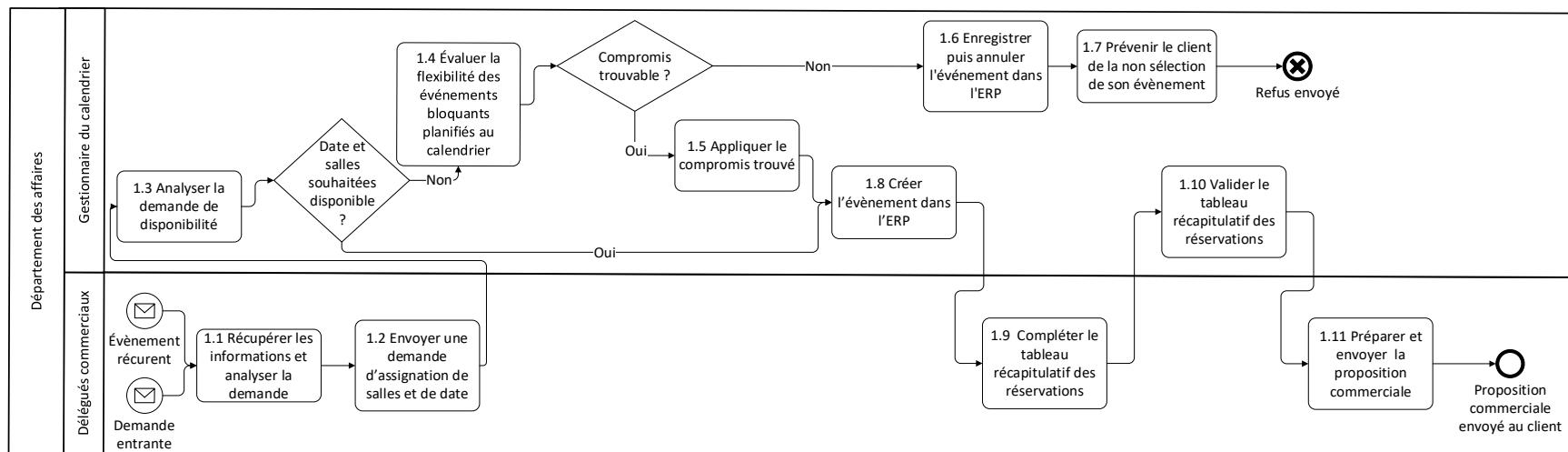


Figure A.1 : Processus de sélection et de planification en place

ANNEXE B PROCESSUS DE PRÉPARATION DES ÉVÉNEMENTS PARTIE 1

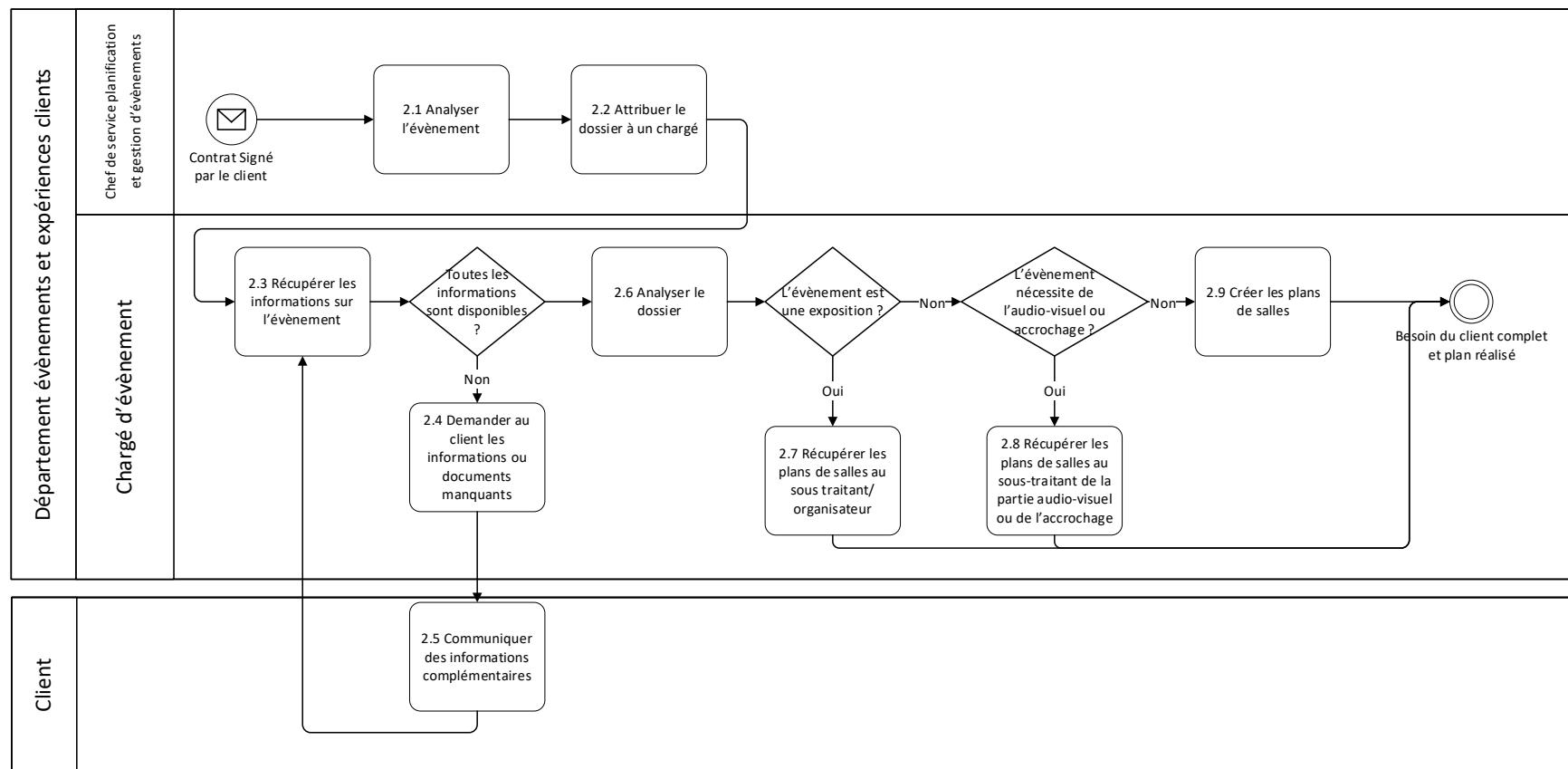


Figure B.1 : Processus de préparation des évènements partie 1

ANNEXE C PROCESSUS DE PRÉPARATION DES ÉVÉNEMENTS PARTIE 2

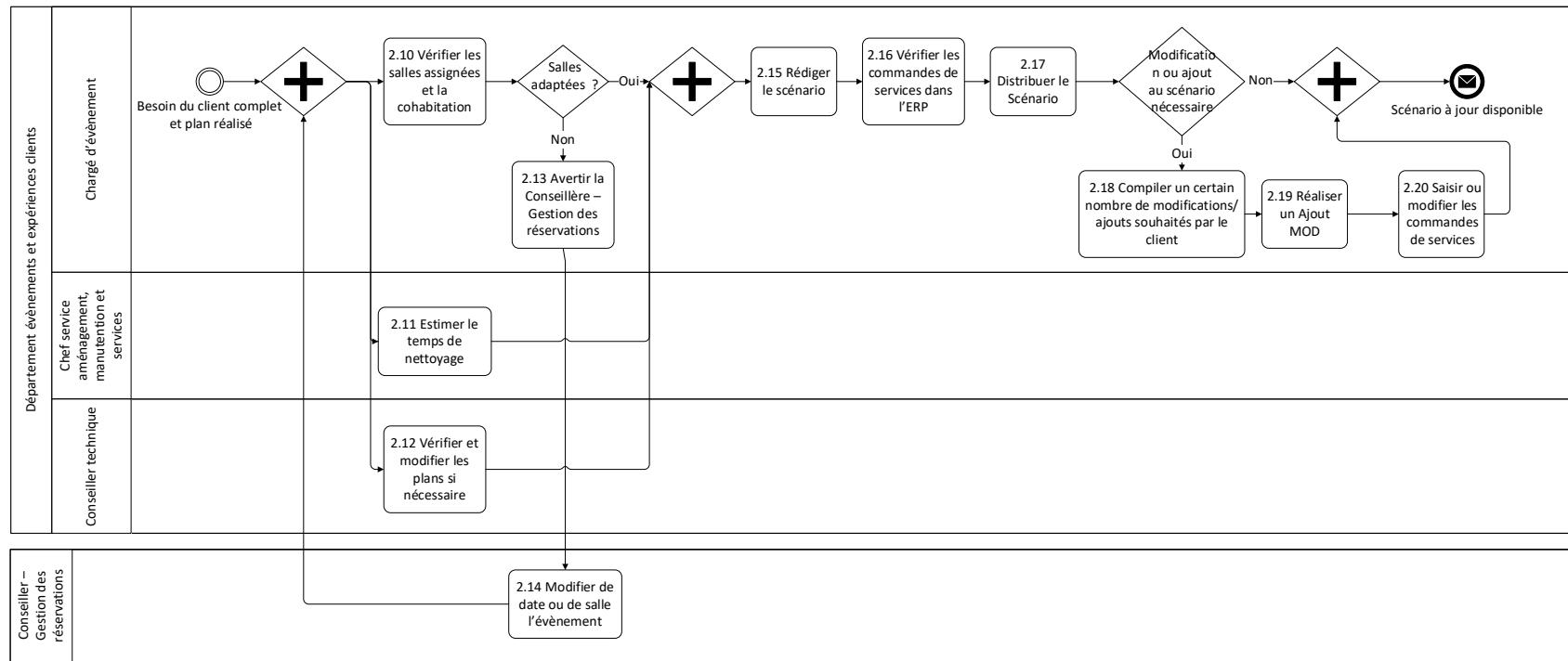


Figure C.1 : Processus de préparation des évènements parties 2

ANNEXE D PROCESSUS DE MISE EN PLACE DES SALLES PARTIE 1

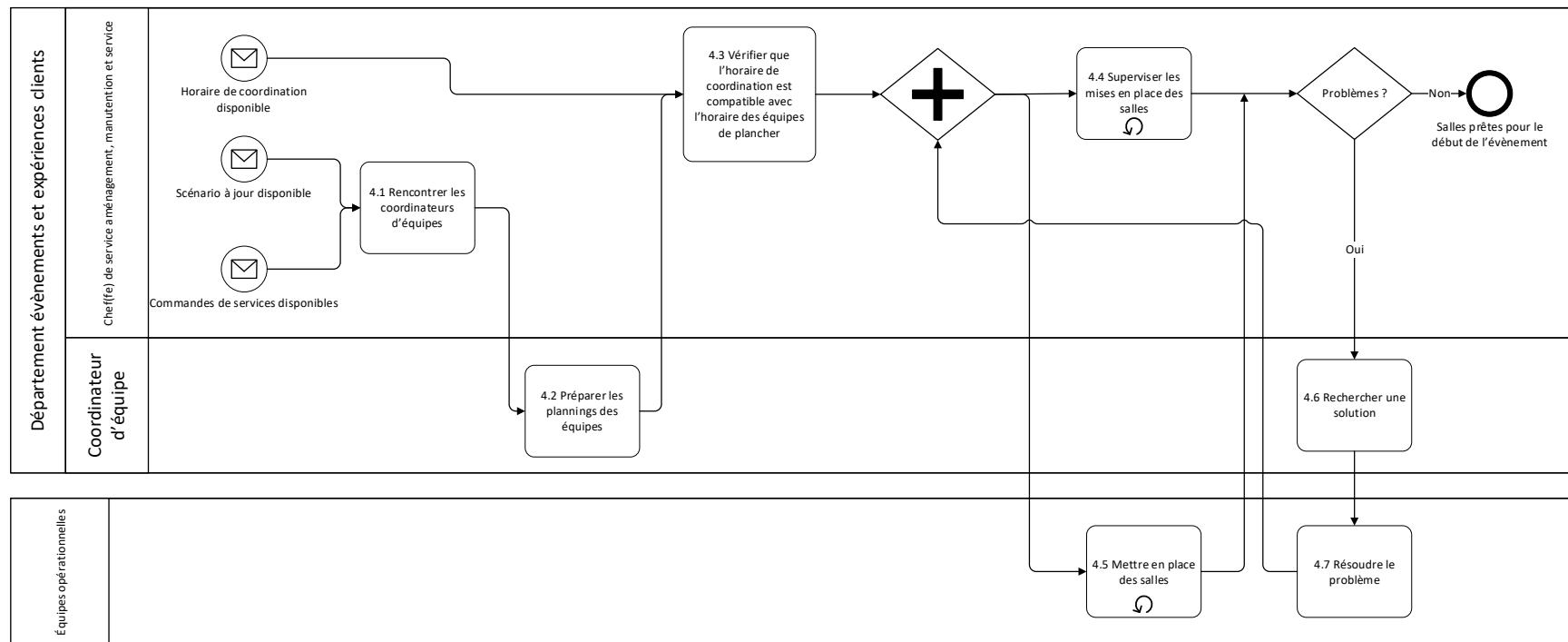


Figure D.1 : Processus de mise en place des salles partie 1

ANNEXE E PROCESSUS DE MISE EN PLACE DES SALLES PARTIE 2

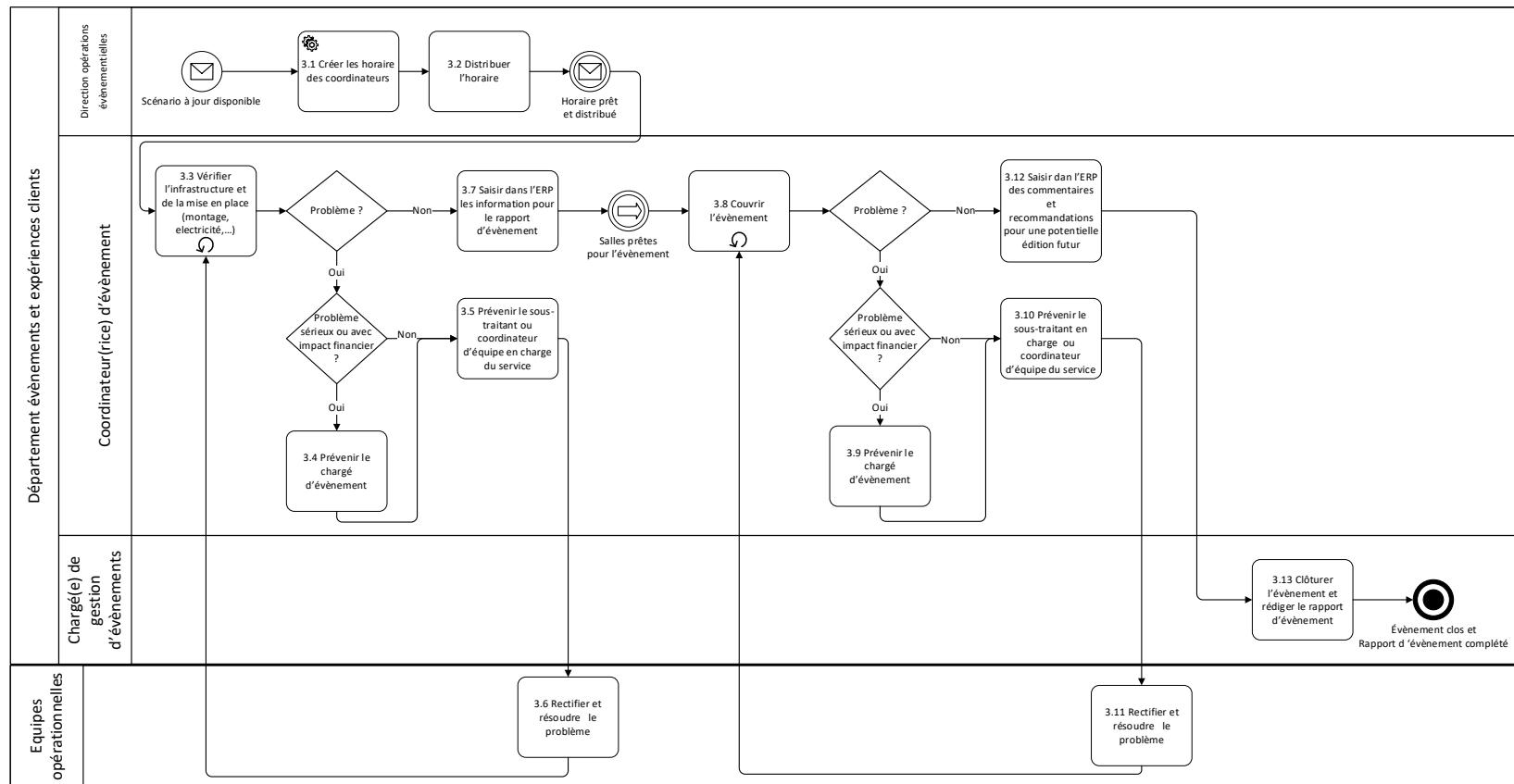


Figure E.1 : Processus de mise en place des salles partie 2