Utilisation d'un modèle d'aide à la décision multicritère base sur la méthode AHP pour la sélection de projets d'infrastructures sanitaires

Use of a multi-criteria decision support model based on the AHP method for the selection of health infrastructure projects

Akhrouf Mohamed [1*], Derghoum Mahfoudh [2]
[1] Ecole Supérieure de Commerce, Laboratoire MAGIPO (Algérie), m_akhrouf@esc-alger.dz
[2] Ecole Supérieure de Commerce, Laboratoire MAGIPO (Algérie), m_derghoum@esc-alger.dz

Date de réception : 25/06/2022 ; **Date d'acceptation:** 11/12/2022 ; **Date de publication :** 31/12/2022

Résumé : La sélection de projets d'investissement est un problème complexe et intrinsèquement multicritère. Pour sa résolution, nous nous sommes tournés naturellement vers une vision « aide à la décision ». Dans cet article, nous expliquons comment ce biais d'aide à la décision, nous a servi pour la conception d'un modèle d'aide à la décision multicritère basé sur la méthode de hiérarchie multicritère AHP. Le modèle AHP est appliqué à la sélection de projets d'infrastructure de santé. Grâce à une modélisation du problème à l'aide du logiciel ExpertChoice, le modèle développé permet une bonne « intégration du décideur » dans le processus décisionnel et lui permet d'intervenir réellement dans la recherche et dans les actes de choix afin d'identifier les projets de santé les plus efficaces et potentiellement utiles pour la communauté.

Mots-clés : Sélection de projets ; Projets d'infrastructure de santé ; aide à la décision multicritère ; méthode de hiérarchie multicritère ; AHP

Classification JEL: O22; H54; I18; C63; C65

Abstract:The selection of investment projects is a complex and inherently multi-criteria problem. For its resolution, we naturally turned to a "decision support" vision. In this article, we explain how this decision support bias was used to design a multi-criteria decision support model based on the analytical hierarchy process AHP. The AHP model is applied to the selection of health infrastructure projects. Thanks to a modeling of the problem using the ExpertChoice software, the model developed allows a good "integration of the decision-maker" in the decision-making process and allows him to really intervene in the research and in the acts of choice in order to identify the most effective and potentially useful health projects for the community.

Keywords: Selection of projects; Health infrastructure projects; multi-criteria decision support; Analytical hierarchy process; AHP

JEL Classification: O22; H54; I18; C63; C65

[*] **Auteur correspondant**: Akhrouf Mohamed, **email**: m_akhrouf@esc-alger.dz

Introduction

La sélection de projets est considérée comme la première partie essentielle de la gestion du portefeuille de projets. Les gestionnaires de projets ont le même problème, ils ont plus de projets à réaliser qu'ils ont des ressources pour les concrétiser. La sélection des projets est apriori un problème de décision complexe et intrinsèquement multicritère.

Le but de cette étude est de développer une méthodologie dans laquelle des projets alternatifs sont priorisés et sélectionnés en utilisant des méthodes appropriées de prise de décision multicritère dans les organisations chargées de la gestion des infrastructures da la santé. Cette étude aborde une lacune particulière dans la mise en œuvre d'une méthodologie systématique pour la hiérarchisation et la sélection des projets dans le secteur de la santé.

Cette étude est organisée comme suit. La section 2 est consacrée à une revue de la littérature sur la sélection de projets utilisant les méthodes d'aide à la décision multicritère. La section 3 explique la méthodologie de hiérarchie multicritère AHP. La section 4 présente une application de la méthode pour la sélection de projets d'infrastructures de santé. La section 5 traite des résultats de la recherche et, enfin, les conclusions sont discutées dans la dernière section.

I. Revue de littérature

La sélection de projets est apriori un problème de décision complexe et difficile à appréhender. Pour le solutionner il faut faire une analyse multicritère en utilisant des méthodes appropriées. La première constatation qui doit être faite, lorsqu'on aborde un tel problème, est qu'il n'existe pas, en général, une alternative qui soit la meilleure simultanément pour tous les points de vue. Le mot "optimisation" n'a donc plus de sens dans un tel contexte. L'évolution des méthodes multicritères illustre d'ailleurs parfaitement ce point de vue : l'agrégation en un critère unique a été remise en cause et progressivement remplacée par des méthodes plus souples, moins mathématisées ; de même, l'interactivité a occupé une place de plus en plus importante dans les méthodes proposées. Plusieurs méthodes d'aide à la décision multicritère MADMC ont été développées (exemples : AHP, ELECTRE, MACBETH, SMART, PROMETHEE, UTA, … etc.), voir (Ishizaka & Labib, 2011) et (Ishizaka & Nemery, 2013).

La littérature présente un certain nombre d'études portant sur la sélection de projets à l'aide de l'analyse multicritère. Par exemple, (Chatterjee, Hossain, & Kar, Prioritization of project proposals in portfolio management using fuzzy AHP, 2018) ont appliqué AHP dans un environnement flou pour aider toute entreprise à établir des priorités en termes d'investissement. L'étude réalisée par (Saracoğlu, 2015), décrit une application de la méthode AHP dans le problème de sélection des investissements des petites centrales hydroélectriques en Turquie. (Ciptomulyono, 2000) a proposé un modèle intégrant AHP et la programmation multi-objectifs pour la sélection de projets électriques. Une application basée sur AHP pour la sélection d'un projet de production selon les critères du développement durable a été développée par (Jurı´k, Horňáková, Šantavá, Cagáňová, & Sablik, 2022). L'étude sur la sélection de projets utilisant les techniques d'aide à la décision multicritère réalisée par (Sadi-Nezhad, 2017) a indiqué que parmi de nombreuses techniques existantes, AHP, ANP et TOPSIS ont été les méthodes les plus populaires. L'étude réalisée par (Khan & Ali, 2020) a conclu que la méthode AHP est plus largement préférée par les chercheurs dans presque tous les domaines et applications. D'après un examen de la littérature existante concernant la sélection de projets d'infrastructures sanitaires, il existe peu de recherches utilisant l'AHP ou ses formes étendues dans ce domaine.

II. Conception, méthodologie et approche

La sélection d'une méthode multicritère pour traiter un problème particulier est elle-même un problème de décision multicritère qui n'a pas de solution évidente (Al-Shemmeri, 1997). Opter pour une méthode plutôt que pour une autre est souvent fait de façon arbitraire, faute de présence de règles standards.

Dans le but de prioriser et sélectionner les projets d'infrastructures sanitaires, la méthode de hiérarchie multicritère (AHP) a été utilisée. AHP est recommandée pour ce genre de problèmes de classement avec scores (Ishizaka & Nemery, 2013).

La méthode AHP a suscitée l'intérêt de nombreux chercheurs principalement en raison des bonnes propriétés mathématiques de la méthode et du fait que les données d'entrée requises sont plutôt faciles à obtenir (Triantaphyllou & Mann, 1995). Sa simplicité, se caractérise par la comparaison par paires des alternatives selon des critères spécifiques (Vargas, 2010). De plus, la méthode a été vulgarisée et rendue facile à utiliser par le développement de plusieurs logiciels. Les logiciels SuperDécsions (Thomas L. Saaty & Rozann W. Saaty, 2022) (Mu & Pereyra-Rojas, 2018) et ExpertChoice (Saaty & Forman, ExpertChoice, 2021) sont les plus connus. Dans cette étude nous avons utilisé le logiciel ExpertChoice.

II.1. Présentation de la méthode AHP

Le problème fondamental de la prise de décision est de choisir la meilleure alternative parmi un ensemble d'alternatives concurrentes qui sont évaluées selon des critères contradictoires. Le processus de hiérarchie analytique (AHP) nous fournit un cadre complet pour résoudre de tels problèmes. C'est une procédure systématique pour représenter les éléments de tout problème. Il organise la rationalité de base en décomposant un problème en ses parties constitutives plus petites et n'appelle ensuite que de simples jugements de comparaison par paires pour développer des priorités dans chaque hiérarchie (Saaty T. , Axiomatic fondation of the Analytic Hierarchy process, 1986).

La méthode AHP, est un outil à la disposition des décideurs et des chercheurs ; et c'est l'un des outils de prise de décision à critères multiples les plus largement utilisés (Kumar & Vaidya, 2006). De nombreux travaux remarquables ont été publiés sur la base d'AHP : ils incluent des applications d'AHP dans différents domaines tels que la planification, la sélection d'une meilleure alternative, les allocations de ressources, la résolution de conflits, l'optimisation, etc. (Kumar & Vaidya, 2006) ont prédit que AHP va être largement utilisée pour la prise de décision et que l'utilisation d'applications logicielles ad-hoc, permettra davantage de résoudre le problème de la complexité découlant des applications intégrées de l'AHP et d'autres techniques pour représenter des situations réelles.

Cette généralisation est certainement due à sa facilité d'application et à la structure d'AHP qui suit la manière intuitive dont les managers résolvent les problèmes. La modélisation hiérarchique du problème, la possibilité d'adopter des jugements verbaux et la vérification de la cohérence sont ses atouts majeurs (Ishizaka & Labib, 2011).

II.2. Principes fondamentaux de l'AHP

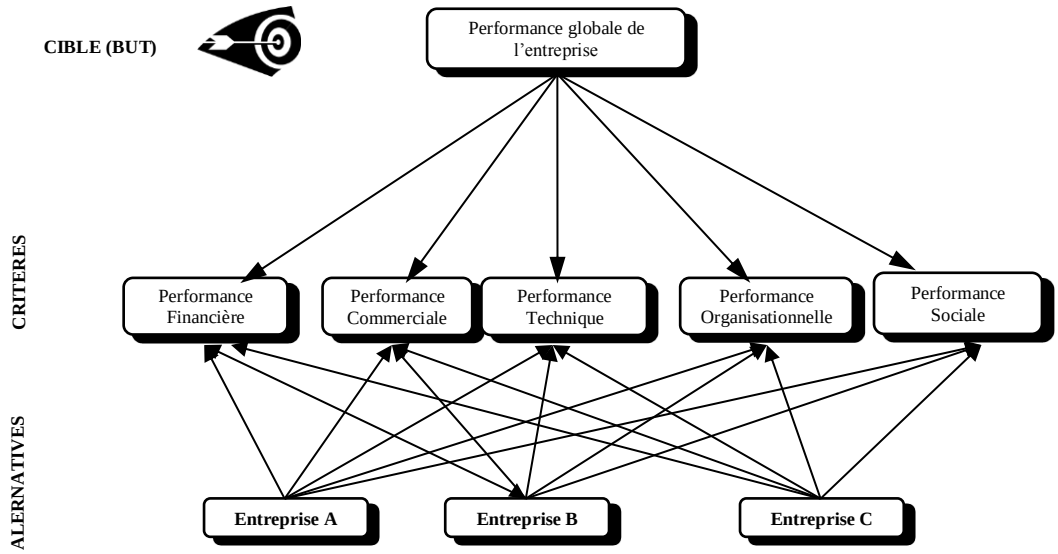
Il y a trois principes que l'on peut reconnaître dans la résolution de problèmes. Ce sont les principes de décomposition, de jugements comparatifs et de synthèse des priorités (Saaty T. , Axiomatic fondation of the Analytic Hierarchy process, 1986).

L'AHP est une méthodologie rigoureuse qui se divise en une série d'étapes importantes, à savoir : la structuration de la hiérarchie, l'établissement des priorités et la vérification de la cohérence logique de l'analyse.

II.2.1. Etablissement de la structure hiérarchique

Comme dans tous les processus de prise de décision, le facilitateur s'assiéra longtemps avec le(s) décideur(s) pour structurer et modéliser le problème. AHP a l'avantage de permettre une structuration hiérarchique des critères (figure 1), ce qui permet aux utilisateurs de mieux se concentrer sur des critères et sous-critères spécifiques lors de l'attribution des pondérations. Le nombre de composantes va en général de cinq (05) à neuf (09) (Saaty T. , Décider face à la compléxité, 1984).

Figure 1 : Hiérarchie modélisant le problème de diagnostic global des entreprises



Source : (Akhrouf, 2007)

II.2.2. Etablissement des priorités

La première étape pour établir les priorités des différents éléments faisant partie d'un problème de décision est d'effectuer des comparaisons binaires des éléments du même niveau de la hiérarchie deux à deux par rapport à un critère donné, tout en alliant la pensée logique à l'expérience. La matrice présente le cadre le plus efficace pour effectuer de telles comparaisons.

Pour aborder le processus de comparaisons binaires, il faut commencer au sommet de la hiérarchie et sélectionner le critère C ou propriété qui sera utilisée pour effectuer la première comparaison. Ensuite à partir du niveau immédiatement inférieur, il faut considérer les éléments à comparer : A1,

A2, A3, etc. Supposons que nous ayons affaire à sept éléments. Nous les disposons sur une matrice comme l'indique la matrice sur la figure 2.

Figure 2 Matrice de comparaisons binaires

C	A_1	A_2	A_3	•	•	•	A_7
A_1	1	C_{12}	C_{13}	•	•	•	C_{17}
A_2	C_{21}	1	C_{23}	•	•	•	C_{27}
A_3	C_{31}	C_{32}	1	•	•	•	C_{37}
•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•
A_7	C_{71}	C_{72}	C_{73}	•	•	•	1

Pour remplir la matrice des comparaisons binaires, on utilise des chiffres pour représenter l'importance relative d'un élément par rapport à un autre en fonction de la propriété. Le tableau 1 décrit l'échelle utilisée pour procéder aux comparaisons binaires.

Tableau 1 : L'échelle de comparaison binaire de la méthode AHP

Degré d'importance	Définition	Explication
1	Importance égale des deux éléments	Deux éléments contribuent autant à la propriété
3	Faible importance d'un élément par rapport à un autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent légèrement un élément par rapport à un autre
5	Importance forte ou déterminante d'un élément par rapport à un autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent fortement un élément par rapport à un autre
7	Importance attestée d'un élément par rapport à un autre	Un élément est fortement favorisé et sa dominance est attestée dans la pratique
9	Importance absolue d'un élément par rapport à un autre	Les preuves favorisant un élément par rapport à un autre, sont aussi convaincantes que possible
2, 4, 6, 8	Valeurs intermédiaires entre deux appréciations voisines	Un compromis est nécessaire entre deux appréciations
Réciproques	Si l'élément i se voit attribuer l'un des chiffres précédents C_{ij} lorsqu'il est comparé à l'élément j, C_{ji} a donc la valeur réciproque1/C_{ij} lorsqu'on le compare à i (l'inverse du chiffre).	

Source : (Saaty T. , 1984)

L'échelle définit et explique les valeurs de 1 à 9 attribuées aux appréciations dans la comparaison des paires d'éléments semblables à chaque niveau d'une hiérarchie par rapport à un critère du niveau immédiatement supérieur.

Par exemple : soit la matrice de comparaison de trois éléments A1, A2, A3 par rapport au critère C.

Figure 3 : **Exemple de matrice de comparaison binaire**

C	A_1	A_2	A_3
A_1	1	9	5
A_2	1/9	1	1/2
A_3	1/5	2	1

Dans la ligne 1 de la matrice (fig.3), si vous pensez que A_1 est un élément qui a une importance absolue que A_2, alors C_{12}=9 et C_{21}=1/9. Au cas où vous trouveriez A_2 est un élément plus important que A_1, alors C_{12}=1/9 et C_{21}=9. Enfin, si vous avez trouvé que les deux sont d'importance égale, le rang serait 1, soit C_{12}=C_{21}=1.

Calculer les priorités des éléments, revient à trouver le vecteur propre normalisé de la matrice.

Tableau 2 : Calcul des priorités

C	A1	A2	A3	A1	A2	A3	Somme des rangées	Somme des rangées Divisée par le nombre d'éléments (n=3)
A1	1,00	9,00	5,00	(1/1,31) = 0,76	(9/12) = 0,75	(1/6,5) = 0,77	(0,76 +0,75 +0,77) = 2,28	**(2,28/3) = 0,76 (76%)**
A2	0,11	1,00	0,50	(0,11/1,31) = 0,08	(1/12) = 0,08	(0,5/6,5) = 0,08	(0,08 +0,08 +0,08) = 0,25	**(0,25/3) = 0,08 (8%)**
A3	0,20	2,00	1,00	(0,2/1,31) = 0,15	(2/12) = 0,17	(1/6,5) = 0,15	(0,15 +0,17 +0,15) = 0,47	**(0,47/3) = 0,16 (16%)**
	1,31	12,00	6,50	1,00	1,00	1,00		
Somme de chaque colonne (S)				Matrice normalisée Somme de chaque colonne = 1			Vecteur propre	Vecteur propre normalisé => Vecteur des priorités

Le vecteur de priorités est donné par le vecteur propre normalisé (0,76 ; 0,08 ; 0,16). Le classement final des trois éléments A1, A2, A3 par rapport au critère C, est comme suit :

- L'élément A1 avec une pondération de 0,76 (76%)
- L'élément A3 avec une pondération de 0,16 (16%)
- L'élément A2 avec une pondération de 0,08 (8%)

II.2.3. Cohérence des jugements

La méthode AHP évalue la cohérence globale des appréciations au moyen d'un ratio de cohérence. La valeur du ratio de cohérence doit être égale ou inférieure à 10%. Si elle est supérieure à 10%, les appréciations risquent d'être quelque peu aléatoires et peuvent alors exiger certaines révisions (Saaty T. , 1984). Il a proposé un indice de cohérence (IC) qui est lié à la méthode des valeurs propres des matrices et calculé par la formule suivante :

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)}$$

Équation 1 Formule de calcul de l'indice de cohérence

Où n est la dimension de la matrice et λ_{max} (lambda max) est la valeur propre maximale.

Le ratio de cohérence RC, est calculé par la formule suivante :

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Équation 2 Formule de calcul du ratio de cohérence

Où IA est l'indice de cohérence aléatoire (IA=IC moyen de 500 matrices remplies au hasard). Les indices aléatoires sont présentés dans le tableau 3. Si le ratio de cohérence RC est inférieur à 10% alors la matrice peut être considérée comme ayant une cohérence acceptable.

Tableau 3 : **Indices de cohérence aléatoires**

Dimension de la matrice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cohérence aléatoire	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Source : (Saaty T. , 1984)

Pour la matrice exemple de la figure 3 nous avons :

Tableau 4 : Calcul de la valeur propre

Vecteur propre	A1 (0,76)	A2 (0,08)	A3 (0,16)
Somme (S)	1,31	12,00	6,50
$Valeur\ propre\ maximale\ \lambda_{max}$	[(1,31 x 0,76) + (12 x 0,08) + (6,5 x 0,16)] = 2,9956~3		

$IC = \frac{(\lambda_{max}-n)}{(n-1)} = \frac{(3-3)}{(3-1)} = 0$

La dimension de la matrice n=3 ; λ_{max}=3 ; IA=0.58 ; IC=0 ; RC=0 ; le ratio de cohérence RC est inférieur à 10% alors la matrice peut être considérée comme ayant une cohérence acceptable.

III. Application de l'AHP pour la sélection des projets d'infrastructures sanitaires

Le modèle AHP de cette étude a été structuré en quatre niveaux avec sept critères principaux, dix-huit sous-critères de base et trois projets alternatifs ; Le résultat de la décomposition hiérarchique pour la sélection des projets envisagés est résumé comme suit :

Tableau 5 : Structuration du problème de sélection de projets d'infrastructures sanitaires

But (objectif)	Sélection des projets d'infrastructures sanitaires proposés
Critères	Politiques ; Géographiques ; sociodémographiques ; Epidémiologiques ; Techniques ; Economiques et Financiers ; Environnementaux.
Sous-Critères	Chaque critère a été décomposé en sous-critères correspondants
Alternatives	Les alternatives représentent ici les différents projets de réalisation d'infrastructures sanitaires (hôpitaux) candidats à la sélection.

III.1. Objectif (sujet)

L'objectif souhaité est de sélectionner les meilleurs projets de réalisation d'infrastructures sanitaires parmi un ensemble de projets candidats tout en respectant plusieurs critères (politiques, sociodémographiques, épidémiologiques, …etc.).

III.2. Les critères et les sous-critères

Nous avons établi la liste des critères sur la base des objectifs fixés par le plan national de santé et des suggestions des différents acteurs du processus de décision de la sélection de projets sanitaires Algériens. Nous avons également utilisé certains critères issus de la littérature ((Top, 2019), (Chatterjee K. , Prioritization of project proposals in portfolio, 2018) (Vahidnia, 2009) (Chatterjee D. , 2013)). Compte tenu du grand nombre de facteurs à prendre en compte, nous avons retenu sept (7) critères principaux, il s'agit des critères : politiques, géographiques, sociodémographiques, épidémiologiques, techniques, économiques et financiers, environnementaux. Ces critères se décomposent en 18 sous-critères.

Les acteurs consultés ont reconnu la pertinence et l'exhaustivité de la famille des critères que nous avons retenus pour évaluer et sélectionner les projets sanitaires du point de vue de la collectivité.

III.3. Les alternatives

Pour notre cas, les alternatives sont les différents projets d'infrastructures sanitaires à réaliser. Trois (3) projets différents ont été identifiés et doivent ensuite être priorisés. Il s'agit des projets suivants :

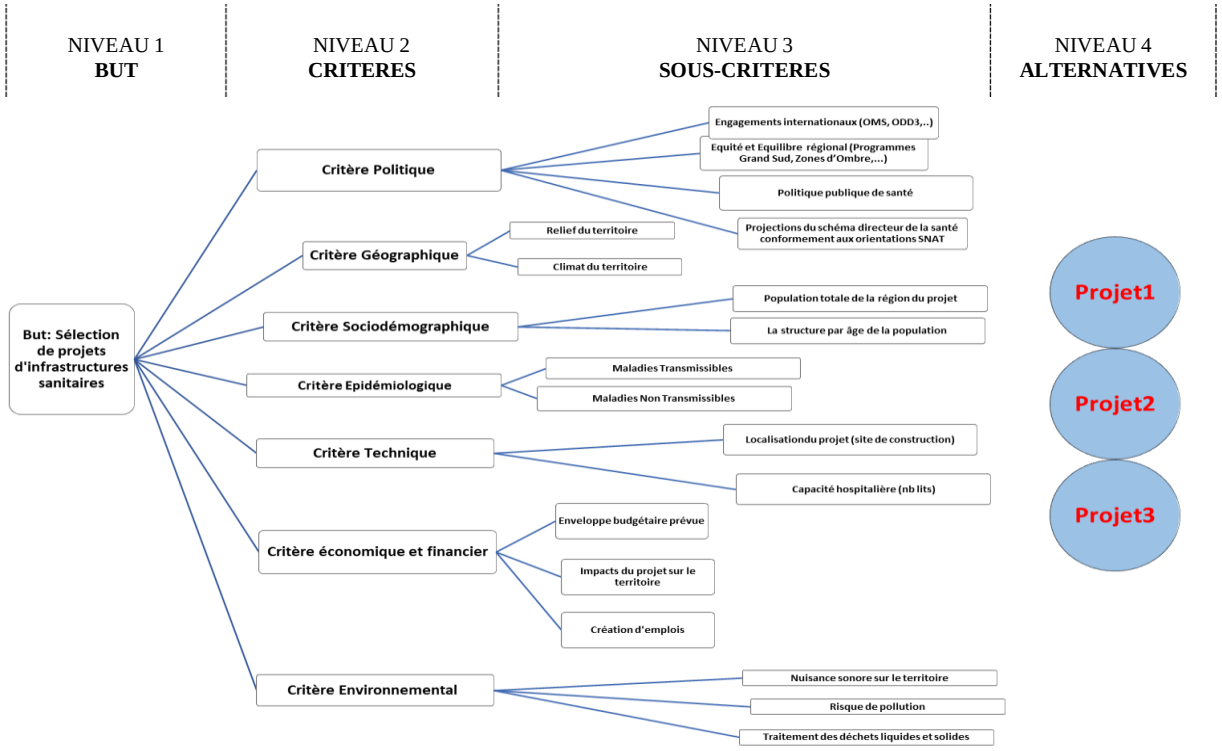
- Projet 1 : Réalisation d'une polyclinique
- Projet 2 : Réalisation d'un centre de lutte contre le cancer (CAC)
- Projet 3 : Réalisation d'un hôpital de 60 lits

VI. Résultats et discussion

VI.1. Etablissement de la structure hiérarchique

Les critères à prendre en compte sont schématisés hiérarchiquement par la figure 4. Pour présenter cette hiérarchie qui se décompose en Dix-Huit (18) sous-critères, nous avons regroupé ces derniers en sept (7) catégories principales (critères).

Figure 4 : Structure hiérarchique pour la sélection de projets d'infrastructure sanitaires



VI.2. Etablissements des priorités

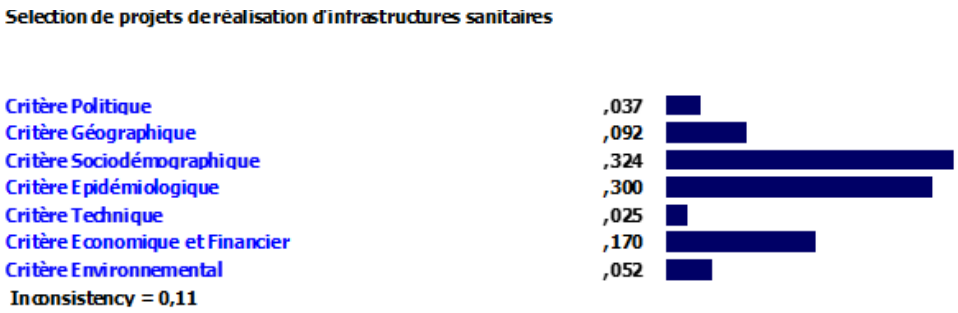
Chacun des critères, sous-critères appartenant à un même niveau de décomposition hiérarchique ne revêtent pas la même importance dans leur capacité à contribuer à la résolution du problème de sélection des projets. Il sera demandé aux évaluateurs ou aux experts pertinents de comparer l'importance relative de tous les éléments des critères pris deux à deux (comparaison binaire).

VI.2.1. Etablissements des priorités des critères et sous-critères

Les répondants ou les décideurs ont fourni des jugements sur l'importance relative des critères principaux du premier niveau hiérarchique et des sous-critères du deuxième niveau de la hiérarchie afin d'évaluer leur contribution à la sélection des projets. Ces jugements collectés sur une échelle numérique peuvent se présenter sous forme de matrices de comparaisons. A partir de là, nous pouvons calculer les poids des importances relatives ou les pourcentages des importances relatives à chacun de ces éléments du premier niveau hiérarchique. Le logiciel "ExpertChoice" a calculé

automatiquement l'importance relative des critères du premier niveau en fonction de l'objectif global poursuivi (voir figure 5).

Figure 5 : Graphique issu de l'application du logiciel ExpertChoice- pondération des critères



Comme la demande en besoins et services de santé émane principalement de la population, qui est un déterminant nécessaire de toute politique sanitaire, il est logique que le critère associé au problème sociodémographique soit le plus important pour évaluer un projet sanitaire. Donc, le critère « sociodémographique » a obtenu le poids (l'importance relative) de 32,4 %. Le critère "épidémiologique" est considéré aussi comme un autre facteur déterminant de la demande en besoins de santé de la population, c'est pour cette raison qu'il est classé en seconde position dans l'ordre de priorité avec la valeur de 0,3 soit 30 % d'importance relative et ainsi de suite. Quant au critère technique il est classé en dernier avec un taux de 0,025 soit 2,5%. Ce classement exprime actuellement la préférence des critères utilisés pour l'évaluation des projets d'infrastructures sanitaires en Algérie.

Les priorités relatives globales assignées aux critères et aux sous-critères envisagés par les répondants concernés sont ajustés pour obtenir les priorités globales relatives de l'ensemble des critères de sélection pour chaque projet proposé comme présenté dans le tableau 6 suivant :

Tableau 6 : Les priorités relatives globales de l'ensemble des sous-critères de sélection des projets

Classement	Critères de sélection des projets	Priorités Relatives globales
1	Population totale du territoire	0,162
2	La structure par âge de la population	0,162
3	Maladies transmissibles	0,150
4	Maladies non transmissibles	0,150
5	Impacts du projet sur le territoire	0,078
6	Enveloppe budgétaire prévue	0,078
7	Relief du territoire	0,046
8	Climat du territoire	0,046
9	Nuisance sonore sur le territoire	0,017
10	Risque de pollution	0,017
11	Traitement des déchets liquides et solides	0,017
12	Localisation du projet (site de construction)	0,013
13	Capacité hospitalière (nombre de lits)	0,013
14	Création d'emplois	0,013
15	Projections du schéma directeur sectoriel de la santé conformément aux orientations du SNAT	0,012
16	Politique publique de santé	0,012
17	Equité et équilibre territorial (Programmes Grand Sud, Zones d'Ombre,...)	0,012
18	Engagements internationaux (OMS, OMD, ODD3, RSI …)	0,002

Figure 6 : Priorités relatives globales des sous-critères

Comme nous pouvons le constater sur le tableau 6 et la figure 6, les sous-critères sociodémographiques "Population totale du territoire" et « La structure par âge de la population » sont les plus importants critères pour sélectionner des projets d'infrastructures sanitaires en Algérie. Suivis en seconde position par les sous-critères épidémiologiques baptisés « Maladies transmissibles » et « Maladies non transmissibles ». Cet ordre de préférence s'accorde parfaitement avec la pratique de la sélection des projets sanitaires en Algérie, car ils sont considérés comme étant des facteurs importants et déterminants de la demande en besoins de santé de la population.

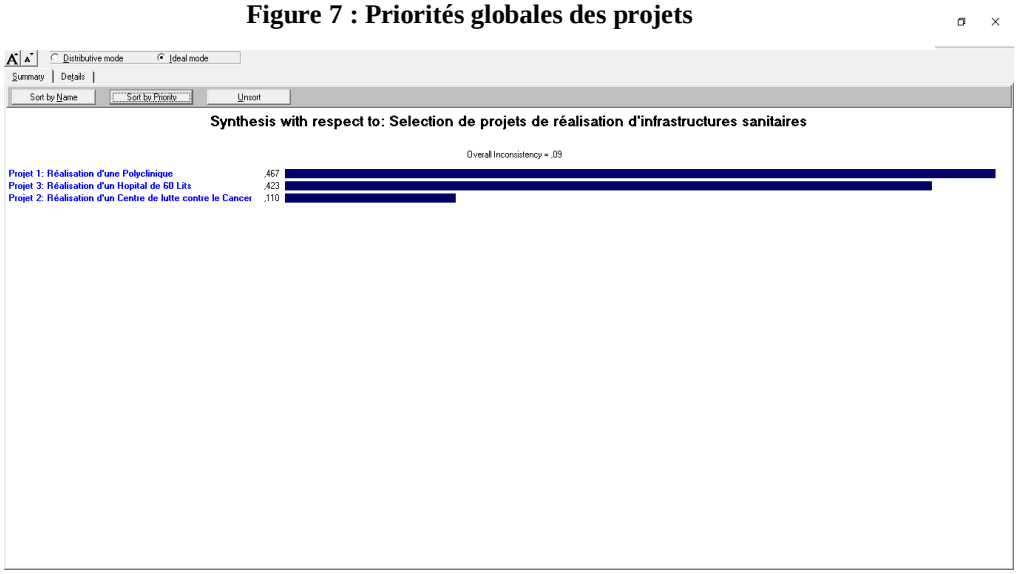
VI.2.2. Etablissements des priorités des alternatives

Après avoir établi les priorités des critères, il est maintenant possible de déterminer comment chacun des projets candidats sont évalués par rapport aux critères choisis. De la même manière que la priorisation des critères a été faite, les projets candidats sont comparés par paires (deux à deux) en tenant compte de tous les critères établis. Pour notre cas, trois (3) projets différents ont été identifiés et doivent ensuite être priorisés. Le tableau 7 représente la synthèse des priorités globales des projets et illustré par la figure 7.

Tableau 7 : Priorités globales des projets

Classement	Projets	Pondération relative
1	Projet 1 : Réalisation d'une polyclinique	0,467
2	Projet 3 : Réalisation d'un hôpital de 60 lits	0,423
3	Projet 2 : Réalisation d'un centre de lutte contre le cancer (CAC)	0,11
Ratio d'incohérence = 0,09		

Figure 7 : Priorités globales des projets



Le résultat montre que le projet 1 « Réalisation d'une polyclinique » est le projet qui a obtenu le plus haut niveau d'adhésion à l'objectif de sélection de projets de réalisation d'infrastructures sanitaires. Il contribue à hauteur de 46,7% (0,467) à l'objectif global. Suivi par le projet 3 « Réalisation d'un hôpital de 60 lits » avec une contribution de 42,3% (0,423). En dernier du classement, on trouve le projet 2 « Réalisation d'un centre de lutte contre le cancer (CAC) » avec une contribution de 11% (0,11) par rapport l'objectif global de sélection de projets de réalisation d'infrastructures sanitaires.

Ce résultat du classement final des projets de réalisation des infrastructures sanitaires reflète parfaitement la politique de santé publique suivie par les pouvoirs publics en Algérie. Ce constat peut être confirmé par la déclaration du ministre Algérien actuel de la santé qui affirme que « 70 % des malades admis à l'hôpital peuvent être pris en charge au niveau des polycliniques. Le travail est en cours dans le cadre du plan du secteur pour orienter, au minimum, la moitié de ce taux vers les structures de proximité de manière à alléger la pression sur les hôpitaux, ce qui leur permettra d'accomplir les missions qui leur sont assignées ». (Ministre de la santé, 2021).

VI.3. Cohérence des jugements

Le logiciel "ExpertChoice" fournit un test de ratio d'incohérence automatiquement et interactivement pour chaque niveau de la décomposition hiérarchique. Le tableau 8 montre les ratios d'incohérence pour les critères et sous critères respectivement donnés par des répondants concernés dans cette recherche.

Tableau 8 : Les indices de cohérence de l'ensemble des jugements

	Critères	Indice de cohérence
Niveau 1 : But	Sélection de projets de réalisation d'infrastructures sanitaires	0,1135
Niveau 2 : Critères	Critère Politique (L: ,037 G: ,037)	0,0000
	Critère Géographique (L: ,092 G: ,092)	0,0000
	Critère Sociodémographique (L: ,324 G: ,324)	0,0000
	Critère Epidémiologique (L: ,300 G: ,300)	0,0000
	Critère Technique (L: ,025 G: ,025)	0,0000
	Critère Economique et Financier (L: ,170 G: ,170)	0,0000
	Critère Environnemental (L: ,052 G: ,052)	0,0000
Ratio d'incohérence d'ensemble (Global)		0,0932

Le ratio d'incohérence de l'ensemble des jugements est de 9,32 %, plus petit que le seuil de 10% fixé par (Saaty T. , Décider face à la compléxité, 1984). Il indique que les incohérences dans les préférences des répondants ne sont pas significatives. Il n'est pas nécessaire de réviser le contenu des matrices de comparaisons.

VI.4. Analyse de sensibilité

Les priorités finales des alternatives seront fortement influencées par les pondérations accordées aux critères respectifs. Il est utile d'effectuer une analyse « que se passerait-il si …et si… » pour voir comment les résultats finaux auraient changé si les poids des critères avaient été différents (Mu & Pereyra-Rojas, 2018).

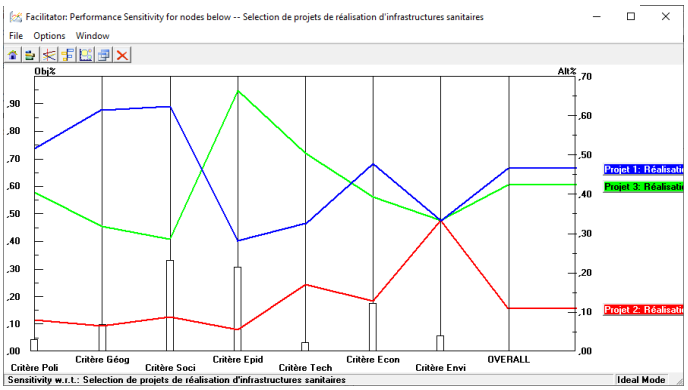
L'analyse de sensibilité du classement des alternatives (projets sanitaires) a été réalisée à l'aide du logiciel ExpertChoice. Cette analyse est utile pour comprendre l'effet du changement des poids des principaux critères sur le classement des projets.

Pour cela, on a décidé de faire varier les poids relatifs de certains critères de manière différente comme suit :

- En utilisant des variations de plus forte ampleur autour des poids des critères socioéconomiques, épidémiologiques et des critères économiques et financiers, car ceux-ci ont plus de pertinence par rapport à l'objectif global.
- En utilisant des variations de plus faible ampleur autour de poids des critères politique et technique.

Partant du scénario initial représenté par la figure 8, les scénarios de l'analyse de sensibilité par rapport au changement des poids des critères sont réalisés en changeant le poids d'un critère donné à la fois, comme indiqué dans le tableau 9.

Figure 8 : Analyse de sensibilité – Scénario initial



Nous avons retenu cinq scénarios différents :

- Scénario 1 : Analyse de sensibilité par rapport au critère sociodémographique
- Scénario 2. Analyse de sensibilité par rapport au critère épidémiologique
- Scénario 3 : Analyse de sensibilité par rapport au critère économique et financier
- Scénario 4 : Analyse de sensibilité par rapport au critère technique
- Scénario 5 : Analyse de sensibilité par rapport au critère politique

Le tableau 9 représente les variations des poids relatifs des critères principaux. D'une manière générale, chaque scénario (1 à 5) correspond à un système de poids relatifs des critères de la sélection des projets que nous pouvons obtenir d'une manière interactive à l'aide du logiciel « ExpertChoice ».

Tableau 9 : Scénarios de l'analyse de sensibilité

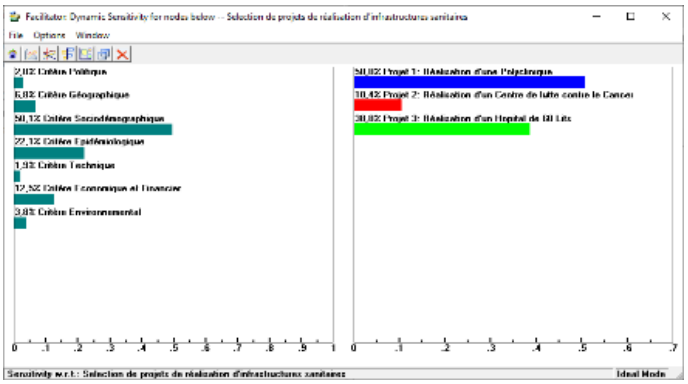
		Variation des poids à considérer					
		Scénario initial	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
CRITERES	Politique	0,037	0,028	0,018	0,023	0,019	**0,501**
	Géographique	0,092	0,068	0,044	0,055	0,047	0,048
	Sociodémographique	**0,324**	**0,501**	0,321	0,195	0,166	0,168
	Epidémiologique	0,300	0,221	**0,501**	0,180	0,153	0,155
	Technique	0,025	0,019	0,012	0,015	**0,501**	0,013
	Economique et financier	0,170	0,125	0,08	**0,501**	0,087	0,088
	Environnemental	0,052	0,038	0,025	0,031	0,027	0,027
Total des poids		1	1	1	1	1	1
Résultats de la pondération des projets							
PROJETS	Projet 1 : Réalisation d'une polyclinique	**0,467**	**0,508**	0,426	**0,471**	0,398	**0,490**
	Projet 2 : Réalisation d'un hôpital de 60 lits	0,110	0,104	0,087	0,117	0,139	0,096
	Projet 3 : Réalisation d'un centre de lutte contre le cancer (CAC)	0,423	0,388	**0,487**	0,412	**0,463**	0,414

L'examen du tableau 9 montre que lorsqu'on augmente le poids d'un critère, la majorité des poids des autres critères deviennent faibles. Il est facile de comprendre que si le poids du critère par exemple socioéconomique augmente plus que les autres critères, la réduction des autres poids est proportionnelle, car la somme totale des poids est toujours égale à 1 (Saaty T. , Décider face à la compléxité, 1984).

Scénario 1 : Analyse de sensibilité par rapport au critère sociodémographique

En faisant varier le poids du critère sociodémographique dans le sens croissant pour atteindre la valeur de 50% de l'importance relative à l'objectif, nous constatons que le classement des projets reste invariable par rapport au scénario initial. Le projet 1 est toujours classé en premier avec une priorité de 50,8% suivi du projet 3 avec la priorité de 38,8% et en dernier du classement, le projet 2 avec une priorité de 10,4% (voir figure 9).

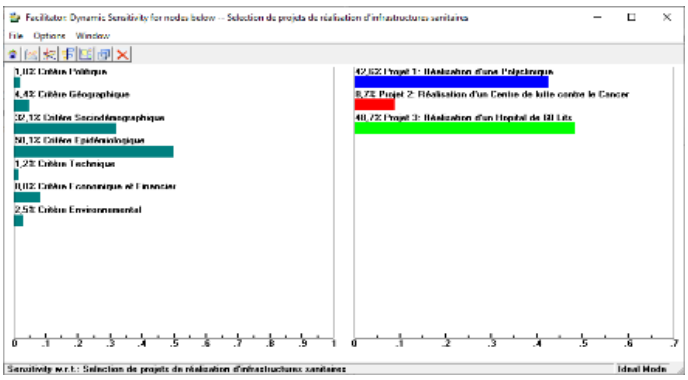
Figure 9 : Analyse de sensibilité, Scénario 1



Scénario 2. Analyse de sensibilité par rapport au critère épidémiologique

En faisant varier le poids du critère épidémiologique dans le sens croissant pour atteindre la valeur de 50% de l'importance relative à l'objectif, nous constatons un changement du classement des projets par rapport au scénario initial. C'est le projet 3 qui est classé en premier avec une priorité de 48,7% suivi du projet 1 avec la priorité de 42,6% et en dernier du classement, le projet 2 avec une priorité de 8,7% (voir figure 10).

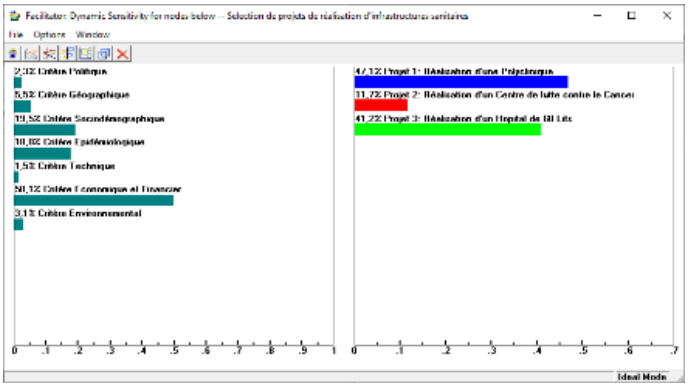
Figure 10 : Analyse de sensibilité, Scénario 2



Scénario 3 : Analyse de sensibilité par rapport au critère économique et financier

En faisant varier le poids du critère économique et financier dans le sens croissant pour atteindre la valeur de 50% de l'importance relative à l'objectif, nous constatons que le classement des projets reste invariable par rapport au scénario initial. Le projet 1 est toujours classé en premier avec une priorité de 47,1 % suivi du projet 3 avec la priorité de 41,2 % et en dernier du classement, le projet 2 avec une priorité de 11,7% (voir figure 11).

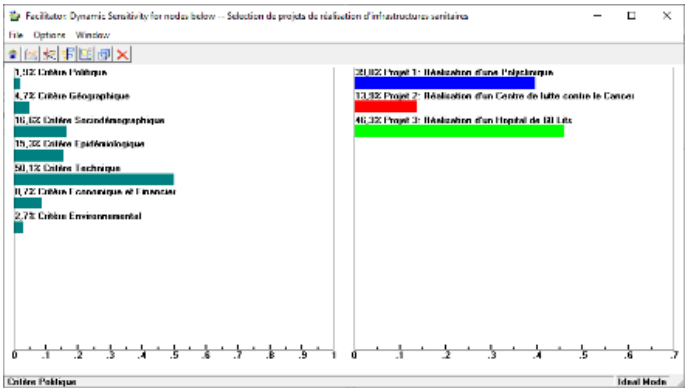
Figure 11 : Analyse de sensibilité, Scénario 3



Scénario 4 : Analyse de sensibilité par rapport au critère technique

En faisant varier le poids du critère technique dans le sens croissant pour atteindre la valeur de 50% de l'importance relative à l'objectif, nous constatons un changement du classement des projets par rapport au scénario initial. C'est le projet 3 qui est classé en premier avec une priorité de 46,3 % suivi du projet 1 avec la priorité de 39,8% et en dernier du classement, le projet 2 avec une priorité de 13,9% (voir figure 12).

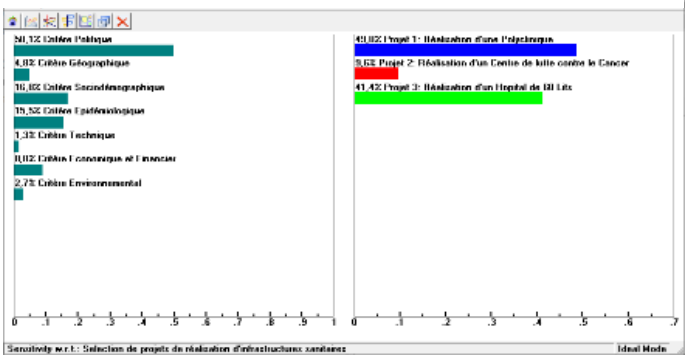
Figure 12 : Analyse de sensibilité, Scénario 4



Scénario 5 : Analyse de sensibilité par rapport au critère politique

En faisant varier le poids du critère politique dans l'intervalle des valeurs [0,0001…0,94991] de l'importance relative à l'objectif, nous constatons que le classement des projets reste toujours invariable par rapport au scénario initial. Le projet 1 est toujours classé en premier avec une priorité qui varie entre 45,75 % et 50,99% suivi du projet 3 avec une priorité proche du projet 1 qui varie entre 44,42 % et 40,77% et en dernier du classement, le projet 2 avec une priorité qui varie entre 9,82% et 8,22 % (voir figure 13).

Figure 13 : Analyse de sensibilité, Scénario 5



VI.5. La prise de décision

Une fois les étapes ci-dessus terminées, il est maintenant possible de prendre une décision. Ceci constitue la dernière étape de notre analyse AHP. Pour cela, il faut comparer les priorités globales obtenues et si les écarts sont suffisamment importants pour faire un choix clair. Il est également nécessaire d'analyser les résultats de l'analyse de sensibilité. De cette analyse, nous pouvons exprimer notre recommandation finale comme suit : Si l'importance du critère sociodémographique est supérieure à 50% de l'importance globale des critères dans la décision, la meilleure alternative est le projet1 « réalisation d'une polyclinique »; cependant, si l'importance du critère sociodémographique est bien inférieure à 50 %, autrement dit, l'importance du critère épidémiologique est supérieure à 50%, dans ce cas, c'est le projet 3 « réalisation d'un hôpital de 60 lits » qui est la meilleure décision.

V. Les implications pratiques de l'étude

La méthodologie développée dans cet article propose une approche basée sur la méthode d'aide à la décision multicritère AHP pour que les décideurs et les parties prenantes priorisent et sélectionnent les projets dans le secteur de la santé.

Les résultats obtenus concernant l'importance des critères sociodémographiques et épidémiologiques pour la sélection des projets sanitaires ainsi que l'importance relative des projets de réalisation de polycliniques cadrent avec les tendances actuelles qui dominent et réglemente les projets sanitaires en Algérie. AHP offre une flexibilité pour la sélection des projets d'infrastructures de santé et utilise plusieurs critères qualitatifs et quantitatifs.

VI. Originalité et valeur de l'étude

Il s'agit de la première étude qui implémente AHP dans le processus de priorisation et de sélection des projets dans le secteur de la santé. En tant que première mise en œuvre, l'étude fournit aux décideurs une méthodologie qui tient en compte à la fois des critères qualitatifs de type « contribution à la lutte contre les maladies transmissibles et non transmissible » ou alors le critère « équité et équilibre territorial », et des critères quantitatifs tels que « l'enveloppe budgétaire prévue » ou « le nombre d'emplois créés » pour évaluer les alternatives et donne de l'importance au classement des experts liés aux critères et aux valeurs de performance des alternatives pour les critères.

Conclusion

Notre étude est focalisée principalement sur le problème de la sélection des projets du secteur public de la santé où l'on s'efforce d'atteindre simultanément une large variété d'objectifs, de respecter et de satisfaire les critères de la sélection en même temps. Les objectifs ou les critères qui se révèlent les plus conflictuels sont aussi nombreux que divers.

Nous proposons un modèle d'aide à la décision multicritère basé sur la Procédure d'Analyse Hiérarchique (AHP). Il peut être utilisé pour l'aide au choix des projets respectant un certain nombre de critères. Cette démarche nous permet de faire une analyse de sensibilité qui nous aide à la sélection des projets les plus satisfaisants.

Le modèle d'aide à la décision développé fourni aux responsables de projets ou bien aux décideurs des informations importantes et une aide considérable pour comprendre tous les aspects du problème de sélection des projets. Cette démarche prend en considération tous les critères d'évaluation de projets et tous les effets intangibles et tangibles des propositions de projets d'investissements en infrastructures sanitaires.

La méthode AHP peut également faciliter l'emploi de l'information qualitative, et la possibilité de communication entre l'homme d'étude et les experts du système, augmentant ainsi la quantité des informations disponibles pour les uns et la croyance en l'utilité du modèle de décision pour les autres.

L'approche est donc significative car elle essaie de donner une forme opératoire au modèle de l'acteur ou de construire des scénarios et étudier les conséquences de ces décisions.

Quant au cas de sélection de projets d'infrastructures sanitaires, on trouve que les éléments de décision hiérarchiques reflètent les critères les plus importants dans la prise de décision. Ils sont regroupés dans sept critères principaux : (1) critère politique ; (2) critère géographique ; (3) critère sociodémographique ; (3) critère épidémiologique (5) critère technique ; (6) critère économique et financier et (7) critère environnemental.

Nous avons décomposé les critères principaux en dix-huit sous-critères différents qui ont une influence différente sur les projets à sélectionner. Ils sont classés comme des critères tant qualitatifs que quantitatifs.

L'information apportée par l'analyse de sensibilité dans notre démarche est particulièrement intéressante. Elle permet de juger avec finesse de la solidité des résultats obtenus, d'identifier les projets retenus dont l'affectation ou le rangement pose un problème et d'apprécier l'importance et l'influence des différents paramètres du modèle entrant en jeu.

Bien que le cas retenu dans cette étude ait focaliser sur la sélection des projets d'infrastructures sanitaires en Algérie, mais l'approche développée peut être appliquée à d'autres problématiques de la sélection des projets d'infrastructures sociales telles que les infrastructures universitaires ; sportives et culturelles. Ou encore, à la sélection de projets d'investissements économiques, comme les projets hydrauliques, de transport et autres projets industriels.

Pour d'autres études ultérieures, les chercheurs peuvent reconsidérer le problème en utilisant des approches intégrées de prise de décision multicritères telles que AHP-VIKOR et AHP-TOPSIS. De plus, une approche AHP et la logique floue peuvent être utilisées avec des ensembles flous pour prendre en compte l'incertitude des jugements. Il est également possible d'explorer l'intégration de techniques d'intelligence artificielle avec AHP, telles que les systèmes experts et les réseaux de

neurones. Nous pouvons améliorer le modèle d'aide à la décision afin de pouvoir prendre en compte l'existence de plusieurs décideurs (décision de groupe).

Références

1- Ağaç , G., & Şimşir , İ. (2022). Optimal site selection of a pandemic hospital using multi-criteria decision-making approach. *Intenational Journal on Analytical Hierarchy Process? 14(1). https://doi.org/10.13033/ijahp.v14i1.946*.

2- Akhrouf, M. (2007). contribution au développement de systèmes d'aide à la décision multicritère (SADM): une application au diagnostic global d'entreprises. *Revue des réformes économique set intégration en économie mondiale N°2-2007*, pp. 73-94.

3- Al-Shemmeri, T. &. (1997). Model choice in multicriteria decision aid. *EJOR*, 550-560.

4- Chatterjee, D. (2013). Potential Hospital Location Selection using AHP: A Study in Rural India. *International Journal of Computer Applications*, pp. 2-4.

5- Chatterjee, K. (2018). Prioritization of project proposals in portfolio. *OPSEARCH*, pp. 485-488.

6- Chatterjee, K., Hossain, S., & Kar, S. (2018). Prioritization of project proposals in portfolio management using fuzzy AHP. *OPSEARCH 55*, pp. 478–501.

7- Ciptomulyono, U. (2000). Un modèle d'aide à la sélection des projets : l'intégration de la procédure analyse hiérarchique (AHP) et la programmation mathématique a objectifs multiples. *These de Doctorat*. UNIVERSITE DE DROIT, D'ECONOMIE ET DES SCIENCES D'AIX MARSEILLE.

8- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications 38(11)*, pp. 14336-14345.

9- Ishizaka, A., & Nemery, P. (2013). *Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software*. West Sussex: Wiley & Sons, Ltd.

10- Jurı´k, L., Horňáková, N., Šantavá, E., Cagáňová, D., & Sablik, J. (2022). Application of AHP method for project selection in the context of sustainable development. *Wireless Network 28*, pp. 893–902.

11- Keeney, R., & Raiffa, H. (1976). *Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs*. Cambridge University Press.

12- Khan, A., & Ali, Y. (2020). Analytical hierarchy process (AHP) and analytic network process methods and their applications: a twenty-year review from 2000-2019 . *International Journal of the Analytic Hierarchy Process, 12(3)*.

13- Kumar, S., & Vaidya, O. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research 169*, pp. 1-69.

14- Merunka, D. (1987). *La prise de décision en management avec expert Choice. , 1987.* Vuibert gestion.

15- Meunier, V. (2009). Analyse coût-bénéfices : guide méthodologique. *Cahiers de la Sécurité Industrielle*.

16- Ministre de la santé. (2021). santé maghreb.

17- Mu, E., & Pereyra-Rojas, M. (2018). *Practical Decision Making using Super Decisions v3, An Introduction to The Analytic Hierarchy Process.* Springer.

18- OMS. (2022, Mai 26). *Tableau de bord de l'OMS sur le coronavirus (COVID-19).* Retrieved from WHO: https://covid19.who.int/

19- Pomérol, J. (1993). *Multicriteria DSSs: State of art and problems.* Paris: Rapport interne du LAFORIA 93/32.

20- Pomérol, J., & Barba Roméro, S. (1993). *Choix multicritères dans l'entreprise.* Paris: Hermès.

21- Pomerol, J.-C., & Barba-Romero, S. (2000). *Multicriterion decision in management : principles and practice.* New York: Springer Science+Business Media, LLC.

22- Roy, B. (1985). *Méthodologie multicritère d'aide à la décision.* Paris: Economica.

23- Roy, B., & Bouyssou, D. (1993). *Aide multicritère à la décision, méthodes et cas.* Paris: Economica.

24- Saaty, T. (1984). *Décider face à la complexité.*

25- Saaty, T. (1984). *Décider face à la compléxité.* Paris: ESF.

26- Saaty, T. (1986, Juillet). Axiomatic fondation of the Analytic Hierarchy process. *Management science*, pp. 845-855.

27- Saaty, T. (1996). *Decision making with dependance and feedback, the analytic network process.* London: RWS publications.

28- Saaty, T., & Forman, E. (2021). *ExpertChoice*. Retrieved MAI 26, 2021, from ExpertChoice: http://www.expertchoice.com

29- Sadi-Nezhad, S. (2017). A state-of-art survey on project selection using MCDM techniques. *Journal of Project Management 2*, pp. 1–10.

30- Saracoğlu, B. (2015). An AHP application in the investment selection problem of small hydropower plants in turkey. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*.

31- Sharlig, A. (1985). *Décider sur plusieurs critères.* Presses polytechniques et universitaires romandes.

32- Simon, H. (2019, 12 16). *decision-organisationnelle-rationalite-procedurale-les-boucles-imc.* Retrieved from sietmanagement: http://www.sietmanagement.fr

33- Simon, H. (2019, 12 16). *Decision-organisationnelle-rationalite-procedurale-les-boucles-IMC.* Retrieved 12 16, 2019, from sietmanagement: http://www.sietmanagement.fr

34- Thomas L. Saaty, & Rozann W. Saaty. (2022, 5 11). *À propos de SuperDecisions.* Retrieved from www.superdecisions: http://www.superdecisions.com/about/index.php?section=founders

35- Top, M. (2019). Analytic hierarchy process for hospital site selection. *Health Policy and Technology*, pp. 44-45.

36- Triantaphyllou, E., & Mann, S. (1995). Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges. *Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, Vol. 2, No. 1,*, pp. 35-44.

37- Vahidnia, M. H. (2009). Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of Environmental Management*, pp. 3053-3054.

38- Vargas, R. V. (2010). Using the analytic hierarchy process (AHP) to select and prioritize projects in a portfolio.

39- Vincke, P. (1989). *L'aide multicritère à la décision.* Bruxelles: Editions de l'uiversité de Bruxelles.