

# **La sélection de projets d'infrastructures sanitaires utilisant la méthode de hiérarchie multicritère (AHP)**

---

*Mohamed AKHROUF*

*Maître de conférences, école supérieure de Commerce, Pôle universitaire de Koléa, Algérie  
m\_akhrouf@esc-alger.dz*

*Mahfoudh DERGHOUIM*

*Professeur, école supérieure de Commerce, Pôle universitaire de Koléa, Algérie  
m\_derghouim@esc-alger.dz*

## **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.

## **Abstract**

The selection of investment projects is a complex and inherently multi-criteria problem. We naturally turned to a «decision support» vision for its resolution. This article explains 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.

## 1. Introduction

La sélection des projets est considérée comme un élément crucial de la gestion du portefeuille de projets. Les chefs de projet, qui sont chargés de superviser les projets, sont confrontés au défi de disposer de ressources limitées pour mener à bien une multitude d'idées de projets. En conséquence, ils doivent sélectionner les projets les plus prometteurs parmi le vivier de candidats. La sélection des projets est considérée comme un processus d'évaluation, où chaque concept de projet est évalué et celui qui a la priorité la plus élevée est choisi. Pour faire cette détermination, les gestionnaires peuvent utiliser un seul critère, tel que le coût de mise en œuvre, pour classer les projets. Les projets les moins chers peuvent alors être sélectionnés, aboutissant à une décision simple sur un seul critère. Cependant, les décideurs utilisent souvent de multiples critères, tels que techniques, environnementaux, sociaux, etc., dans leur processus de prise de décision. Ces critères peuvent être contradictoires et subjectifs, incluant des facteurs tangibles et intangibles. C'est ce qu'on appelle la prise de décision multicritère.

La sélection des projets est un problème décisionnel complexe qui nécessite une analyse multicritère et l'utilisation de méthodes adaptées. Il est important de noter qu'il n'y a généralement pas d'alternative qui soit la meilleure à tous points de vue, et le concept d'optimisation n'est pas applicable dans ce contexte. Le développement des méthodes multicritères s'est éloigné de l'agrégation en un critère unique vers des méthodes plus souples intégrant l'interactivité. Plusieurs méthodes de prise de décision multicritères (MCDM) ont été développées pour soutenir la prise de décision dans ce contexte (e.g., AHP, ELECTRE, MACBETH, SMART, PROMETHEE, UTA, etc.), voir aussi Ishizaka & Labib (2010) et Ishizaka & Némery (2013).

La littérature présente plusieurs études sur la sélection de projets par analyse multicritère. Par exemple, (Chatterjee et al, 2018) ont appliqué l'AHP dans un environnement flou pour aider les entreprises à établir des priorités en termes d'investissement. Une étude décrit une application de la méthode AHP dans le problème de sélection des investissements dans les petites centrales hydroélectriques (Saracoğlu, 2015). Ciptomulyono (2000) a proposé un modèle intégrant l'AHP et la programmation multi-objectifs pour la sélection des projets électriques. Une application basée sur l'AHP pour la sélection d'un projet de production selon les critères de développement durable a été développée par Jurí 'k, Hornáková, Santavá, Cagaňová et Sablik (2022). Une étude sur la sélection de projets utilisant une aide à la décision multicritère a indiqué que parmi les nombreuses techniques existantes, AHP, ANP et TOPSIS étaient les méthodes les plus populaires (Sadi-Nezhad, 2017). Khan et Ali (2020) ont conclu que la méthode AHP est plus largement préférée par les chercheurs dans presque tous les domaines et applications. Sur la base d'un examen de la littérature existante sur la sélection des projets d'infrastructure de santé, il existe peu de recherches qui utilisent l'AHP ou ses formes étendues dans ce domaine.

De plus, l'épidémie de COVID-19, déclarée pandémie par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) le 11 mars 2020, peut être décrite comme la plus grande crise multiforme jamais connue par le monde moderne (Ağaç & Şimşir, 2022). À l'échelle mondiale, au 25 mai 2022, 524 339 768 cas confirmés de COVID-19, dont 6 281 260 décès, ont été signalés à l'OMS (OMS, 2022). Cette pandémie a révélé l'importance vitale des infrastructures sanitaires, telles que les hôpitaux, les centres de santé et les laboratoires, pour préserver la vie humaine.

Des pays du monde entier, dont l'Algérie, ont lancé ou relancé des programmes et des projets d'infrastructures de santé pour combler les lacunes dans la prise en charge des patients COVID-19 et d'autres patients touchés par des maladies transmissibles et non transmissibles. Cependant, les décideurs du secteur de la santé ont plus de projets potentiels que de ressources disponibles pour les mettre en œuvre.

La crise économique provoquée par la pandémie de COVID-19 a également entraîné une diminution des ressources financières, obligeant les pays à réduire leurs budgets. Cela a un impact direct sur les budgets des établissements publics, y compris les projets d'infrastructures de santé. Les décideurs

doivent adopter des politiques pour rationaliser les dépenses et prioriser les projets les plus bénéfiques pour la communauté.

Cette étude vise à développer une méthodologie de priorisation et de sélection des alternatives de projets d'infrastructures de santé à l'aide de méthodes appropriées d'aide à la décision multicritères dans les organisations responsables de leur gestion et de leur développement.

## 2. Méthodologie

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 suscité 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 SuperDecisions (Thomas L. Saaty & Rozann W. Saaty, 2022) (Mu & Pereyra-Rojas, 2018) et ExpertChoice (Saaty & Forman, 2021) sont les plus connus. Dans cette étude nous avons utilisé le logiciel ExpertChoice.

### 2. 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. , 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).

### **3. Principes fondamentaux de l'AHP**

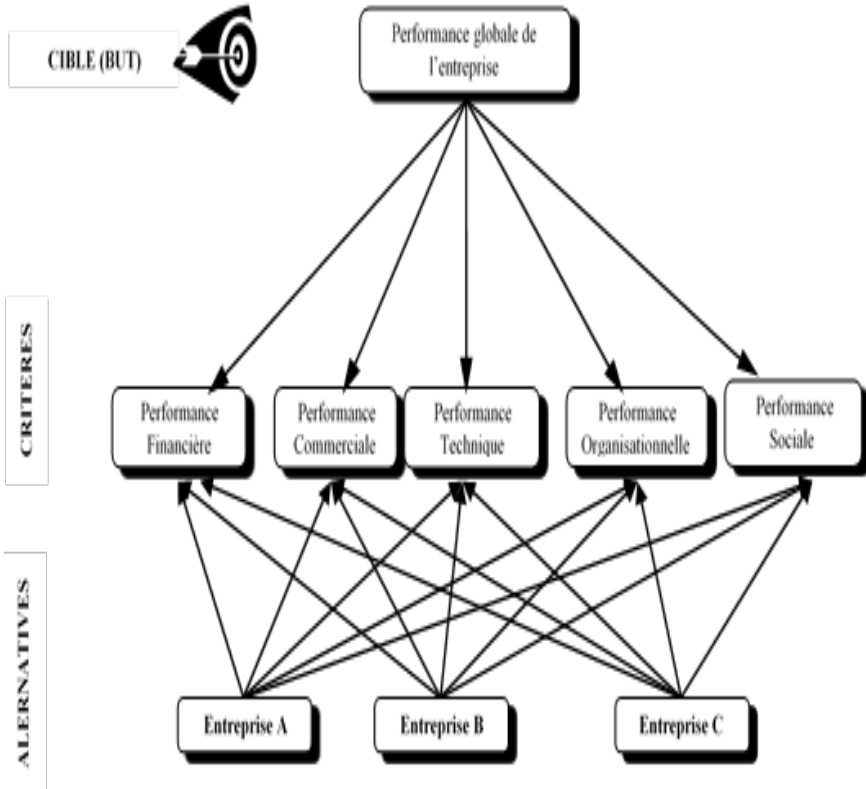
Il y a trois principes que l'on peut reconnaître dans la résolution de problèmes. Ce sont les principes de décomposition, de jugements comparatifs et de synthèse des priorités (Saaty T. , Axiomatic foundation of the Analytic Hierarchy process, 1986).

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.

#### **3.1. Etablissement de la structure hiérarchique**

Comme dans tous les processus de prise de décision, le facilitateur s'assiera 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., 1984).

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



Source : (Akhrouf, 2007)

### 3.2. 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 <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	•	•	•	A <sub>7</sub>
A <sub>1</sub>	1	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	•	•	•	C <sub>17</sub>
A <sub>2</sub>	C <sub>21</sub>	1	C <sub>23</sub>	•	•	•	C <sub>27</sub>
A <sub>3</sub>	C <sub>31</sub>	C <sub>32</sub>	1	•	•	•	C <sub>37</sub>
•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•
A <sub>7</sub>	C <sub>71</sub>	C <sub>72</sub>	C <sub>73</sub>	•	•	•	1

Source : Conception de l'auteur

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 réciproque $1/C_{ij}$ 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  $A_1, A_2, A_3$  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 (voir tableau 2).



**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%)

### 3.3. 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 :

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

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

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

$$RC=IC/IA \quad (2)$$

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)

Calculons la valeur propre pour la matrice exemple de la figure (voir tableau 4).

**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		

L'indice de cohérence  $IC = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = (3 - 3) / (3 - 1) = 0$

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

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

L'approche de prototypage inspirée de la méthode DELPHI a été utilisée dans le processus de conception et de construction du modèle d'aide à la décision multicritères. Les idées sur la composition et la structuration du modèle s'appuient principalement sur une analyse documentaire de la littérature

dans le domaine de la recherche, des réflexions personnelles et sur une étude de cas pratique.

Dans l'étude de cas, nous avons mené des enquêtes sur place au moyen d'entrevues et de questionnaires auprès d'un groupe de décideurs et d'experts représentant les intervenants dans la planification et la gestion des projets d'infrastructures de santé. En premier lieu, des responsables de la Direction des études et de la planification (DEP) du ministère algérien de la Santé, de la Population et de la Réforme hospitalière (MSPRH) ont été interrogés. Nous avons également travaillé avec les responsables des directions de la santé et de la population des arrondissements de Tipaza et de Bouira. Des entretiens ont été organisés avec les responsables du secteur de la santé à la Direction Générale du Budget (DGB) du Ministère des Finances. Des experts du Fonds National d'Équipement et de Développement (CNED) rattaché au Ministère des Finances nous ont guidés dans la mise à disposition de guides de maturité des projets. Certains magistrats de la Cour des comptes (CC) en charge du secteur de la santé ont également été sollicités, et ils ont enrichi l'étude du point de vue des commissaires aux comptes contrôlant les dépenses publiques. Des entretiens ont également été menés avec des chercheurs de l'École Supérieure de Commerce (ESC) et de l'École Supérieure de Gestion de la Santé (ENMAS).

Le modèle AHP de cette étude est appliqué à la sélection des projets d'infrastructures de santé. Il est structuré en quatre niveaux avec sept critères principaux, dix-huit sous-critères de base et trois projets alternés. Le résultat de la répartition hiérarchique pour la sélection des projets envisagés est résumé dans le tableau 5.

**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.

---

#### 4.1. 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.).

#### 4.2. 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.

#### 4.3. 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

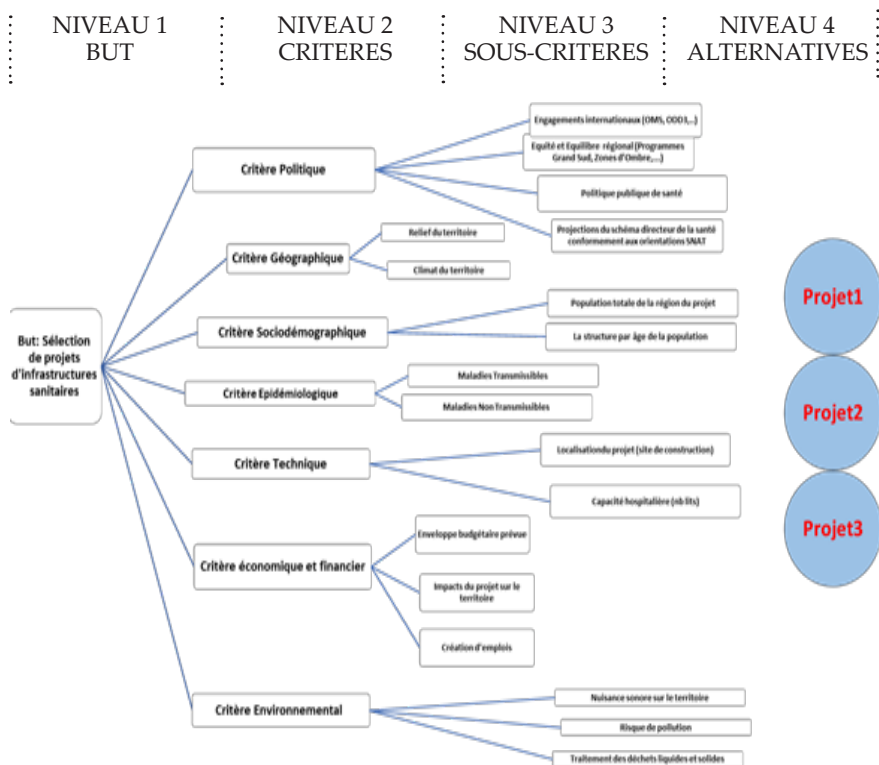
### 5. Résultats et discussion

#### 5.1. 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**



Source : Conception de l'auteur

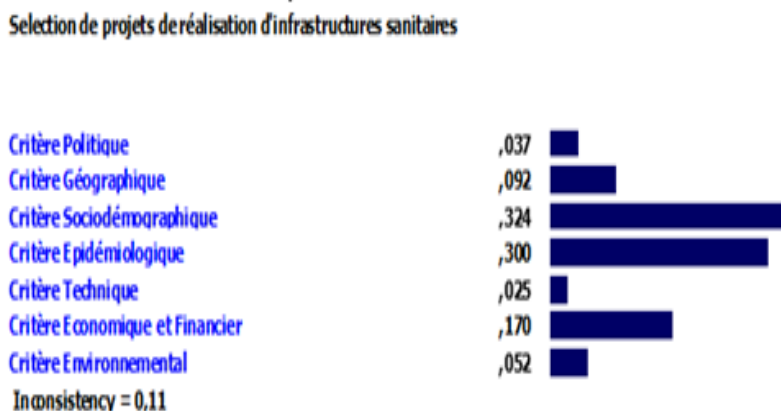
## 5.2. Etablissements des priorités

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).

### 5.2.1. 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**



Source : Conception de l'auteur – capture d'écran à partir du logiciel ExpertChoice

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 :

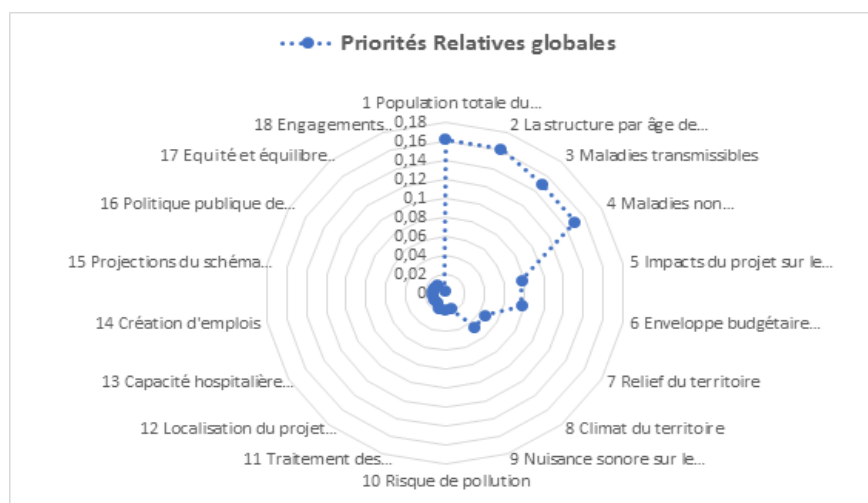
**Tableau 6 : Les priorités relatives globales de l'ensemble des sous-critères de sélection des projets**

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

Source : Conception de l'auteur à partir des données générées par le logiciel ExpertChoice

**Figure 6 : Priorités relatives globales des sous-critères**



Source : Conception de l'auteur – graphique sur Excel à partir des données du tableau 6

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.

### 5.2.2. Etablissements des priorités des alternatives

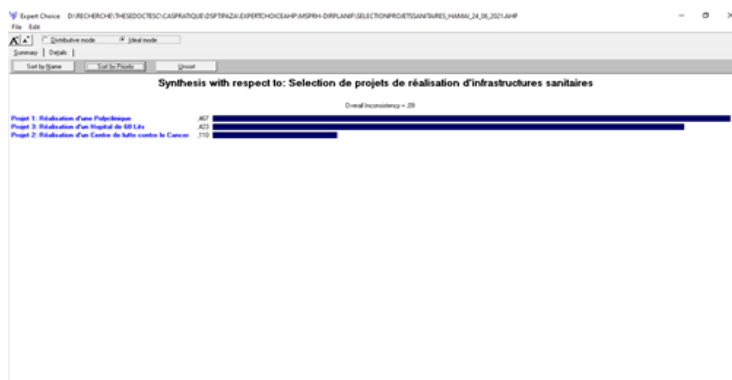
Après avoir établi les priorités des critères, il est maintenant possible de déterminer comment chacun des projets candidats sont évalués par rapport aux critères choisis. De la même manière que la priorisation des critères a été faite, les projets candidats sont comparés par paires (deux à deux) en 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		

Source : Conception de l'auteur à partir des données générées par le logiciel Expert Choice

**Figure 7 : Priorités globales des projets**



Source : Conception de l'auteur – capture d'écran à partir du logiciel ExpertChoice

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).

### 5.3. 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)	<b>0,0932</b>

Source : Conception de l'auteur à partir des données générées par le logiciel ExpertChoice

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 complexité, 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.

#### 5.4. 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).

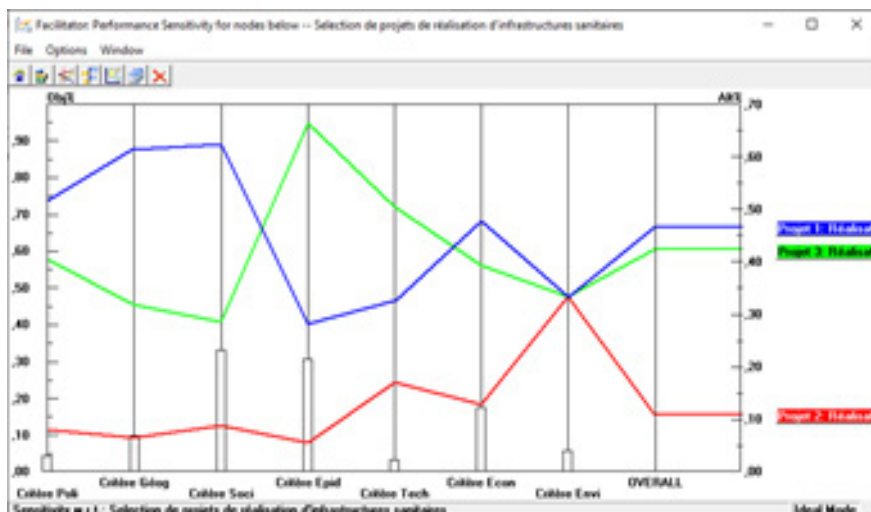
L'analyse de sensibilité du classement des alternatives (projets sanitaires) a été réalisée à l'aide du logiciel ExpertChoice. Cette analyse est utile pour comprendre l'effet du changement des poids des principaux critères sur le classement des projets.

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



Source : Conception de l'auteur – capture d'écran à partir du logiciel ExpertChoice

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
<b>Résultats de la pondération des projets</b>							
PROJETS	Projet 1 : 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

Source : Conception de l'auteur à partir des données générées par le logiciel ExpertChoice

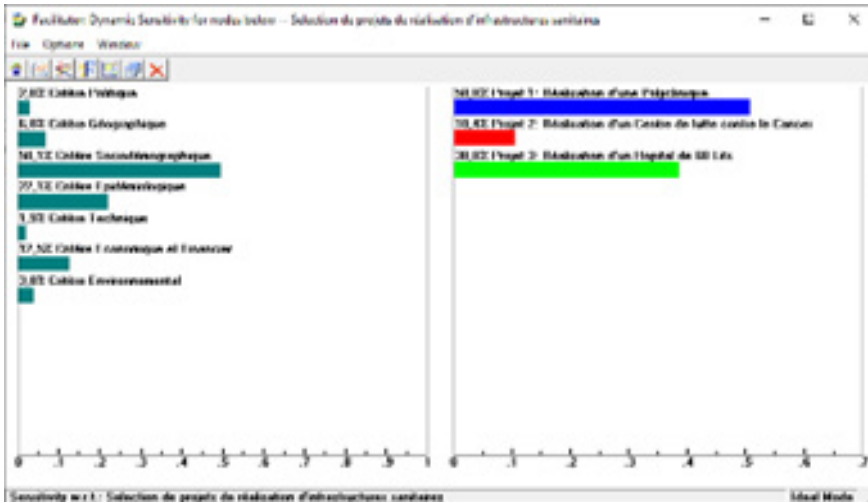
L'examen du tableau 9 montre que lorsqu'on augmente le poids d'un critère, la majorité des poids des autres critères deviennent faibles. Il est facile de comprendre que si le poids du critère par exemple socioéconomique augmente plus que les autres critères, la réduction des autres poids est proportionnelle,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

**Figure 9 : Analyse de sensibilité, Scénario 1**

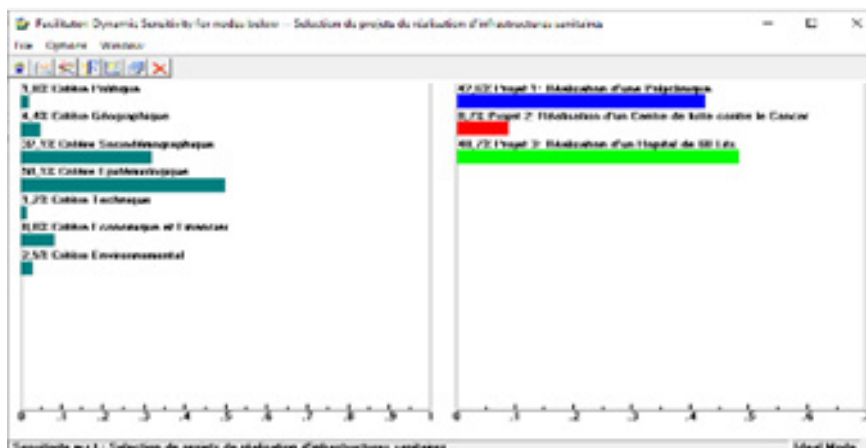


Source : Conception de l'auteur – capture d'écran à partir du logiciel ExpertChoice

### 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%.

Figure 10 : Analyse de sensibilité, Scénario 2

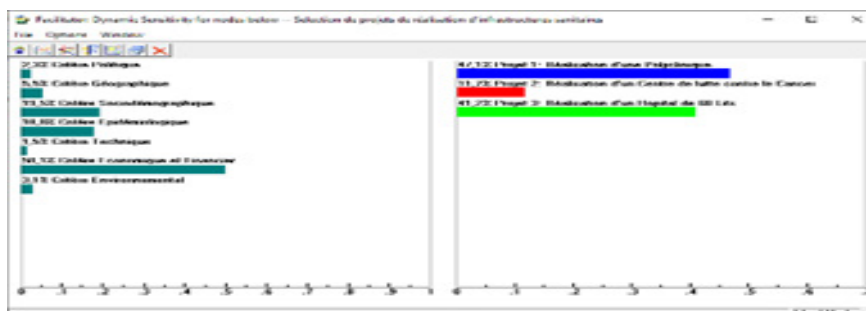


Source : Conception de l'auteur – capture d'écran à partir du logiciel ExpertChoice

### 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%.

Figure 11 : Analyse de sensibilité, Scénario 3

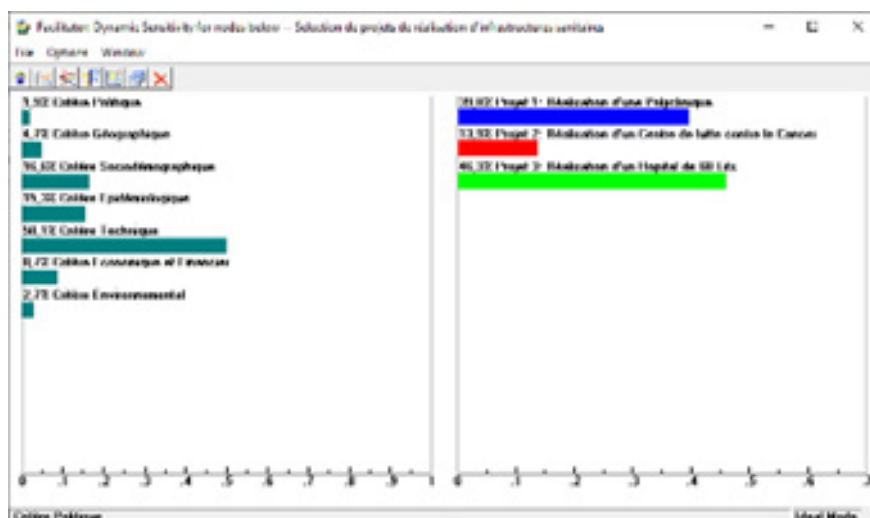


Source : Conception de l'auteur – capture d'écran à partir du logiciel ExpertChoice

### 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%.

Figure 12 : Analyse de sensibilité, Scénario 4



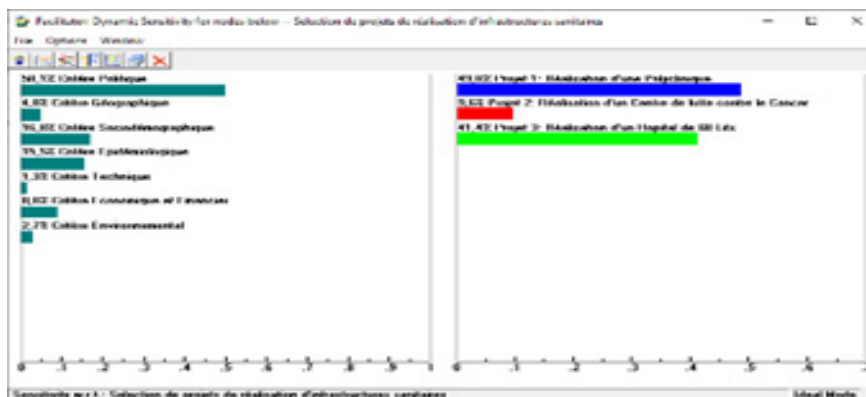
Source : Conception de l'auteur – capture d'écran à partir du logiciel ExpertChoice

### 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 %.



Figure 13 : Analyse de sensibilité, Scénario 5



Source : Conception de l'auteur – capture d'écran à partir du logiciel ExpertChoice

## 5.5. 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.

## 6. 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 réglementent 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.

## **7. 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.

## **8. Conclusion**

L'étude se concentre sur le problème de la sélection des projets du secteur de la santé publique tout en essayant d'atteindre simultanément une variété d'objectifs et de satisfaire aux critères de sélection. Un modèle d'aide à la décision multicritères basé sur le processus de hiérarchie analytique (AHP) a été proposé pour aider à la sélection de projets répondant à plusieurs critères. Cette approche permet une analyse de sensibilité pour sélectionner les projets les plus satisfaisants et fournit aux décideurs des informations importantes. La méthode AHP prend en compte tous les critères d'évaluation des projets, tant qualitatifs que quantitatifs, et facilite la communication entre les décideurs et les experts pour augmenter la quantité d'informations disponibles.

L'étude porte sur la sélection des projets d'infrastructures de santé en Algérie et les éléments décisionnels sont regroupés en sept critères principaux, notamment les critères politiques, géographiques, sociodémographiques, épidémiologiques, techniques, économiques et financiers et environnementaux. L'analyse de sensibilité a permis de mieux comprendre la solidité des résultats et l'importance des différents paramètres impliqués. L'approche développée peut être appliquée à d'autres problèmes de sélection de projets d'infrastructures sociales ou de projets d'investissements économiques. D'autres

études peuvent envisager des approches décisionnelles multicritères intégrées et l'intégration de techniques d'intelligence artificielle avec AHP. Le modèle d'aide à la décision peut également être amélioré pour prendre en compte plusieurs décideurs

## Références

1- Ağaç , G., & Şimşir , İ. (2022). Optimal site selection of a pandemic hospital using multi-criteria decision-making approach. *International 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, p. 73-94.

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

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

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

6- Chatterjee, K., Hossain, S., & Kar, S. (2018). Prioritization of project proposals in portfolio management using fuzzy AHP. *OPSEARCH* 55, p. 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*. Thèse de Doctorat. Université de droit, d'économie 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), p. 14336-14345.

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

- 10- Juri'k, L., Horňáková, N., Šantavá, E., Cagaňová, D., & Sablik, J. (2022). *Application of AHP method for project selection in the context of sustainable development*. *Wireless Network* 28, p. 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, p. 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*. Paris: ESF.
- 25- Saaty, T. (1986, Juillet). Axiomatic foundation of the Analytic Hierarchy process. *Management science*, p. 845-855.
- 26- Saaty, T. (1996). *Decision making with dependance and feedback, the analytic network process*. London: RWS publications.
- 27- Saaty, T., & Forman, E. (2021). *ExpertChoice*. Retrieved MAI 26, 2021, from ExpertChoice: <http://www.expertchoice.com>
- 28- Sadi-Nezhad, S. (2017). A state-of-art survey on project selection using MCDM techniques. *Journal of Project Management 2*, p. 1-10.
- 29- Saracoğlu, B. (2015). An AHP application in the investment selection problem of small hydropower plants in turkey. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*.
- 30- Thomas L. Saaty, & Rozann W. Saaty. (2022, 5 11). *À propos de SuperDecisions*. Retrieved from [www.superdecisions.com/about/index.php?section=founders](http://www.superdecisions.com/about/index.php?section=founders)
- 31- Top, M. (2019). *Analytic hierarchy process for hospital site selection*. *Health Policy and Technology*, p. 44-45.
- 32- 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,, p. 35-44.
- 33- Vahidnia, M. H. (2009). Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of Environmental Management*, p. 3053-3054.
- 34- Vargas, R. V. (2010). *Using the analytic hierarchy process (AHP) to select and prioritize projects in a portfolio*.

