



HAL
open science

Evaluation des risques-projet par une approche AHP/WPM: Application à un projet réel BTP

Hafida Lmoussaoui, Hicham Jamouli

► **To cite this version:**

Hafida Lmoussaoui, Hicham Jamouli. Evaluation des risques-projet par une approche AHP/WPM: Application à un projet réel BTP. QUALITA' 2015, Mar 2015, Nancy, France. hal-01149774

HAL Id: hal-01149774

<https://hal.science/hal-01149774>

Submitted on 7 May 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Evaluation des risques-projet par une approche AHP/WPM: Application à un projet réel BTP

Hafida LMOUSSAOUI

Laboratoire du Génie Industriel et Informatique
Ecole Nationale des Sciences Appliquées
Agadir, Maroc
Hafida.lmoussaoui@edu.uiz.ac.ma

Hicham JAMOULI

Laboratoire du Génie Industriel et Informatique
Ecole Nationale des Sciences Appliquées
Agadir, Maroc
h.jamouli@uiz.ac.ma

Résumé— La complexité et l'incertitude de l'environnement sont à l'origine de nouveaux défis auxquels les entreprises du domaine BTP font face quotidiennement. La maîtrise des paramètres des projets devient donc une nécessité pour leur pérennité. L'objectif du management des risques est de maîtriser ces paramètres pendant toutes les phases du projet. Il s'appuie sur un processus continu et itératif permettant successivement d'identifier et analyser les risques encourus, les évaluer, les hiérarchiser et envisager les parades nécessaires pour les suivre et les contrôler. Une hiérarchisation fiable et complète des risques identifiés est primordiale pour la définition d'actions de traitement qui soient efficaces.

Ce papier présente l'approche développée pour l'évaluation et la hiérarchisation des risques-projet en se basant sur deux méthodes multicritères d'aide à la décision : Analytic Hierarchy Process et Weighted Product Model. L'étude d'un cas de projet réel BTP a été utilisée pour illustrer et valider cette approche. Sa pertinence est approuvée moyennant une comparaison de ses résultats par rapport à ceux d'une méthode basée sur la notion classique de la criticité.

Mots clés—Analytic Hierarchy Process (AHP) ; Weighted Product Model (WPM) ; évaluation des risques ; hiérarchisation des risques ; impact agrégé ; criticité pondérée, projet BTP.

I. INTRODUCTION

Le risque projet est « la possibilité qu'un projet ne s'exécute pas conformément aux prévisions de date d'achèvement, de coûts et de spécifications, ces écarts par rapport aux prévisions étant considérés comme difficilement acceptables voir inacceptables » [1].

Les risques d'un projet deviennent d'autant plus préoccupants que les projets sont de plus en plus complexes, soit par leur nature technique, soit par la multiplicité des intervenants [2].

La complexité des projets qui relèvent du domaine BTP est due aux particularités suivantes :

- Le caractère multi-acteurs du système : possédant une vision propre du projet, intervenant simultanément et poursuivant parfois des objectifs contradictoires [3]
- La dynamique du système avec une forte influence de l'environnement (sol, météorologie...) et des interactions obligées avec des tierces parties.
- Le caractère prototypique des ouvrages, du fait que chaque site et chaque environnement physique est différent.

- La durée des projets, qui augmente la vraisemblance d'événements impactant significativement la dispersion de la performance (changement des normes, évolution des objectifs...), les contraintes économiques, politiques, sociales... [4].

Le management des risques du projet comprend les processus de la planification du management des risques, leur identification, leur analyse, la planification des réponses aux risques, ainsi que leur surveillance et maîtrise dans le cadre du projet.

Les objectifs du management des risques du projet sont d'accroître la probabilité et l'impact des événements positifs, et de réduire la probabilité et l'impact des événements négatifs dans le cadre du projet. [5]

Pour atteindre ces objectifs, le processus de management des risques est structuré en quatre phases fondamentales (fig.1).

En se focalisant sur la phase d'évaluation et de hiérarchisation des risques, nous présenterons dans ce papier une nouvelle approche basée sur les deux méthodes multicritères d'aide à la décision « Analytic Hierarchic Process » et « Weighted Product Model » qui permettront de calculer « l'impact agrégé » des risques ainsi que « la criticité pondérée » qui sera le barème de leur hiérarchisation.

Ce document est organisé comme suit : Dans la partie 2, nous présentons une revue de la littérature relative aux méthodes existantes pour l'évaluation des risques-projet ainsi que leurs limites pour le cas de projets BTP. La partie 3 décrit les points forts de l'analyse multicritère et présente les deux méthodes AHP et WPM.

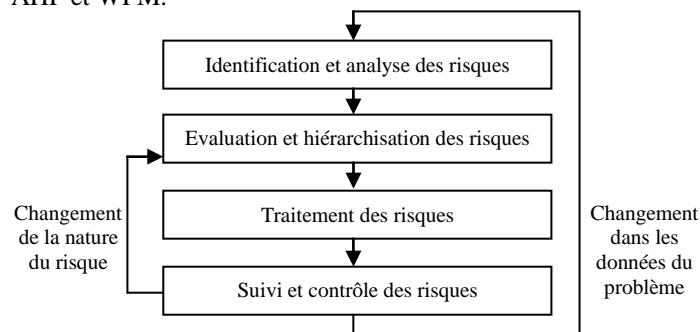


Fig.1. Processus du management des risques

L'approche proposée sera ensuite détaillée dans la partie 4 suivie par un cas d'application relatif à un projet réel BTP dans la partie 5.

La partie 6 présente la conclusion et les perspectives relatives aux étapes suivantes de la recherche.

II. REVUE DE LA LITTÉRATURE

L'évaluation des risques consiste à définir le degré d'importance de chaque risque alors que la hiérarchisation permet de concentrer l'attention uniquement sur les risques jugés les plus critiques. Dans ce cadre, on définit le risque par ses deux critères d'évaluation, l'occurrence et l'impact : « le risque est une grandeur à deux dimensions notées (p,g) : p est une probabilité qui donne une mesure de l'incertitude que l'on a sur la gravité g des conséquences, en terme de quantité de dommages, consécutifs à l'occurrence d'un événement redouté » [6]. L'exposition au risque dépend de deux éléments essentiels : Les impacts associés aux événements indésirables qui pourraient potentiellement résulter du projet et la probabilité d'occurrence de chacun de ces événements indésirables. [7]

En combinant ces deux caractéristiques, l'évaluation des risques peut être effectuée moyennant une matrice de risque appelée également matrice de criticité qui s'obtient en croisant les niveaux de gravité et de probabilité d'occurrence exprimés typiquement sur une échelle de notation dont la description est qualitative (Tab. 1)

Le diagramme de FARMER est aussi utilisé pour la caractérisation de la vulnérabilité du système étudié. Il permet de visualiser les risques par le couple "gravité-vraisemblance" dans les zones d'acceptabilité du risque. [8] (fig. 2)

Tableau 1. Matrice de criticité NF EN 50126

P \ G	Insignifiant	Marginal	Critique	Catastrophique
Invraisemblable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable
Improbable	Négligeable	Négligeable	Acceptable	Acceptable
Rare	Négligeable	Acceptable	Indésirable	Indésirable
Occasionnel	Acceptable	Indésirable	Indésirable	Inacceptable
Probable	Acceptable	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable
Fréquent	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable

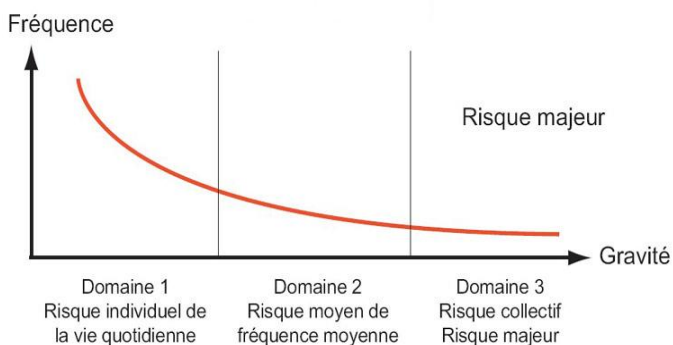


Fig.2. Exemple de diagramme de Farmer

L'évaluation des risques peut également être effectuée selon les méthodes dites de type AMDEC [9]. Celles-ci se fondent sur la notion de criticité qui se calcule à partir de 3 notes données par l'équipe chargée de l'analyse AMDEC :

- Une note de gravité G.
- Une note de probabilité d'occurrence O.
- Une note de détectabilité de la défaillance avant que sa conséquence ne survienne D.

Comme pour la méthode de la matrice des risques, ces notes sont données à partir d'échelles qualitatives renvoyant à des scores dont l'intervalle est défini par l'équipe AMDEC.

La note de criticité C est le produit de ces trois notes (Eq. 1) :

$$C = G \times O \times D \quad (1)$$

De récentes recherches utilisent toujours ce principe de la criticité pour l'évaluation des risques. Dans ce cadre, une approche définit l'indice de priorité du risque (RPI) par la formule (Eq.2) [10]:

$$RPI = I \times P = I_c \times I_t \times I_q \times P \quad (2)$$

Où P désigne la probabilité d'occurrence, I_c l'impact sur le coût, I_t l'impact sur le délai et I_q l'impact sur la qualité.

Une deuxième approche définit le niveau du risque par le produit de la probabilité d'occurrence basée sur la concentration relative du risque et le maximum des impacts du risque sur les caractéristiques coût, délai, qualité et environnement du projet. La formule de calcul est présentée par l'équation 3 [11]:

$$Risk_{(i)} = P_i \times I_i \quad (3)$$

Où P_i désigne la probabilité d'occurrence estimée suivant la concentration relative du risque définie par la formule (Eq.4).

$$C_{ij} = \frac{x_i y_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_i y_{ij}} \quad (4)$$

x_i étant le nombre de facteurs par catégorie F_i et y_{ij} le poids de la catégorie de facteurs de risque F_i causant l'événement indésirable E_j . $i = 1, \dots, n$ et $j = 1, \dots, m$.

I_i désigne le maximum des impacts sur le coût, délai, qualité et environnement du projet.

Une troisième approche se base sur la matrice Probabilité Impact (PxI Matrix) pour la définition du niveau d'un risque calculé à base de valeurs subjectives de la probabilité d'occurrence et de l'impact du risque sur les objectifs du projet. Le Tableau 2 présente la forme de cette matrice [12] :

Tableau 2. La matrice Probabilité Impact

Probabilité	Impact				
	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
0,9	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72
0,7	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56
0,5	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40
0,3	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
0,1	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08

Même si la notion classique de la criticité est toujours utilisée à grande échelle en entreprise, son principe de calcul reste limité par rapport aux exigences d'un projet BTP. En effet, Ce type de quantification présente les difficultés suivantes :

- Les conséquences ne sont généralement évaluées que sur une dimension, ce qui ne permet pas une estimation globale de la situation. [9]
- Les conséquences des risques impactent au moins l'une des caractéristiques du projet à savoir : le coût, le délai ou la qualité. Sachant que leur degré de priorité diffère d'un projet BTP à un autre selon la nature du projet, le maître d'ouvrage ..., la formule de la criticité représentant une simple espérance mathématique de la probabilité d'occurrence et de l'impact indépendamment de la caractéristique infectée par le risque donnera des résultats hétérogènes qui rendront difficile la rationalisation des choix pour le décideur.
- Des situations différentes peuvent conduire à la même valeur de la criticité, tel le risque caractérisé par une faible fréquence et une forte gravité et le risque caractérisé par une forte fréquence et une faible gravité alors que le poids de la probabilité d'occurrence par rapport à celui de la gravité peut varier d'un projet BTP à un autre.
- Les relations d'interdépendance entre les différents risques ne sont pas prises en compte lors de ces évaluations. [9]

Pour remédier à ces limites, nous proposons une approche basée sur les méthodes AHP et WPM relevant de l'analyse multicritère d'aide à la décision qui permettra l'évaluation et la hiérarchisation des risques projet tenant compte des paramètres coût, délai et qualité ainsi que du degré d'importance des caractéristiques du risque à savoir la probabilité d'occurrence, l'impact et la non détectabilité.

III. L'ANALYSE MULTICRITERE D'AIDE A LA DECISION

L'analyse multicritère fournit aux décideurs des outils permettant de résoudre des problèmes décisionnels complexes où plusieurs critères doivent être pris en compte dans le choix d'options [13].

Dans tout problème multicritère, on considère un ensemble de critères nommé Famille de Critères $F = \{g_1, \dots, g_N\}$ où N est le nombre de critères. Pour que la famille F constitue une représentation appropriée des points de vue à prendre en compte dans la modélisation des préférences, elle doit être cohérente en respectant les trois conditions suivantes :

- Exhaustivité : Une famille F de n critères est dite exhaustive si elle recouvre tous les aspects concourants à l'évaluation des actions. [14]
- Cohésion : Cette condition vise à cerner le minimum de cohésion entre le rôle d'un critère g_k au niveau des préférences restreintes à son axe de signification et son rôle dévolu une fois immergé dans F au niveau des préférences globales [15].
- Non redondance : Cette condition consiste à interdire dans F la présence de critères superflus. [15]

La cohérence de critère est supposée acquise et donc vérifiée avant l'application d'une des méthodes de l'analyse multicritère.

Il existe plusieurs méthodes basées sur l'analyse multicritère d'aide à la décision. Ces méthodes ont pour point commun de pouvoir classer, par ordre de préférence pour un décideur (ou un groupe de décideurs), plusieurs options, et ce à partir de plusieurs critères discriminants. [9]

Celles-ci sont regroupées en trois grandes familles selon l'approche adoptée [15] :

- Approche du critère unique de synthèse.
- Approche de surclassement de synthèse.
- Approche du jugement local interactif.

Les deux premières familles concourent à la construction d'une préférence globale qui introduit le concept de Procédure d'Agrégation MultiCritère (ou PAMC) permettant d'agréger les performances d'une action par rapport à un ensemble de critères donnés (fonction d'agrégation) [16]

Pour mener l'évaluation des risques projet, nous avons choisi l'approche du critère unique de synthèse moyennant les méthodes Analytic Hierarchy Process (AHP) et Weighted Product Model (WPM).

Le choix de cette méthode AHP est dû principalement à sa simplicité, sa facilité de compréhension pour résoudre un large éventail de problèmes non structurés, sa flexibilité ainsi que sa capacité à mélanger les critères quantitatifs et qualitatifs dans le même cadre décisionnel.

Elle sera complétée par la méthode WPM pour la définition des formules de calcul des notions de l'impact agrégé et de la criticité pondérée.

A. La méthode AHP

1) Principe de la méthode

La méthode Analytic Hierarchy Process (AHP) a été développée par SAATY en 1970 pour mettre à disposition une technique simple de résolution de problèmes complexes où le jugement et l'expérience de l'utilisateur y seraient intégrés, tout en accélérant et facilitant le processus de décision [17]. Depuis, cette méthode a été reconnue par ses utilisateurs comme étant l'une des trois plus populaires méthodes d'analyse quantitative traitant des facteurs qualitatifs [18].

2) Etapes de la mise en place de la méthode :

La méthode AHP se déroule selon trois phases :

a) Construction des hiérarchies :

Cette phase consiste à décomposer le problème décisionnel en ses composantes principales. Ensuite, la construction de la hiérarchie s'opère selon une démarche descendante. Elle conduit à structurer la réalité complexe en une arborescence hiérarchique [19].

b) Structuration des priorités :

La définition des priorités est effectuée par le biais de comparaisons binaires entre les critères d'un même niveau de la hiérarchie.

Nous retrouvons dans cette étape la notion d'IRC (L'Importance Relative des Critères) ou « Poids » appliquée à une hiérarchie, et qui correspond à la préférence du décideur à un critère par rapport à un autre en utilisant l'échelle de notation présentée dans le tableau 3.

Tableau 3. Echelle de comparaisons binaires proposée par SAATY

Valeur	Echelle sémantique	Description
1	Importance égale des deux critères.	Les deux critères contribuent autant au critère père.
3	Faible importance d'un critère 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 critère par rapport à un autre.	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent fortement un critère par rapport à un autre.
7	Importance attestée d'un critère par rapport à un autre.	Un critère est fortement favorisé et sa dominance est attestée dans la pratique.
9	Importance absolue d'un critère par rapport à un autre.	Les preuves favorisant un critère 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

A partir de ces valeurs d'IRC, on définit la matrice carrée, réciproque, de dimension N, notée M = (m_{ij}), où m_{ij} représente l'importance du risque Ri par rapport à Rj suivant les valeurs du tableau 3.

La matrice M possède les propriétés suivantes :

$$m_{ii} = 1 \quad \text{et} \quad m_{ji} = \frac{1}{m_{ij}} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, N$$

Après l'accomplissement des comparaisons binaires, on calcule le vecteur propre droit W relatif à la matrice M permettant d'obtenir les poids relatifs aux différents critères.

Ce procédé de comparaison est appliqué à tous les niveaux de la hiérarchie. L'IRC ainsi obtenue est agrégée selon une démarche ascendante pour aboutir à un critère unique de synthèse en racine de l'arborescence.

c) *Cohérence logique :*

La construction de la hiérarchie et la structuration de priorités doivent garantir une cohérence relativement à deux volets principaux [16]:

- L'homogénéité et la pertinence des groupements
- La cohérence des intensités de préférence

L'indice de la cohérence est calculé par la formule suivante (Eq.5):

$$I_c = \frac{C_m - N}{N - 1} \quad (5)$$

Où C_m est la cohérence moyenne des cohérences Ci calculées par la formule (Eq.6) :

$$C_m = \frac{\sum_{j=1}^N r_{ij}}{w_i} \quad (6)$$

Avec : R = (r_{ij}), i, j = 1, ..., N la matrice définie par le produit de chaque colonne de M et le poids du critère correspondant.

Le ratio de cohérence est déduit par la formule (Eq.7).

$$R_c = \frac{I_c}{C_a} \quad (7)$$

C_a étant la cohérence aléatoire dont la valeur dépend de la dimension de la matrice selon les valeurs présentées dans le tableau 4.

La hiérarchie est jugée cohérente si Rc respecte les valeurs assignées au tableau 5.

B. *La méthode WPM*

WPM est une méthode multicritère d'aide à la décision permettant de comparer des alternatives par rapport à plusieurs critères. Cette comparaison est effectuée en divisant les valeurs de tous les critères par l'un d'eux ensuite effectuer la multiplication de ces rapports. Chaque ratio est élevé à la puissance équivalente au poids du critère correspondant.

La formule traduisant cette méthode est la suivante (Eq. 8) :

$$P(A_k / A_l) = \prod_{j=1}^N \left(\frac{a_{kj}}{a_{lj}} \right)^{w_j}, \quad K, L = 1, 2, 3, \dots, m \quad (8)$$

Où n désigne le nombre de critères, m le nombre d'alternatives w_j, le poids du critère j, A_K et A_L deux alternatives à comparer et a_{Kj} et a_{Lj} les poids des alternatives A_K et A_L selon le critère j,

Le poids global d'une alternative peut également être calculé selon l'équation 9 qui représente une alternative de l'utilisation de la méthode WPM

$$P(A_k) = \prod_{j=1}^n (a_{kj})^{w_j}, \quad K = 1, 2, 3, \dots, m \quad (9)$$

IV. L'APPROCHE AHP/ WPM POUR L'EVALUATION DES RISQUES PROJET

L'approche proposée permet d'évaluer les risques-projet BTP moyennant la notion de la « criticité pondérée ». Le but étant d'avoir un critère de hiérarchisation permettant de définir les risques majeurs qui seront l'objet d'actions de traitement.

Cette criticité sera calculée en utilisant les méthodes multicritères AHP/ WPM sur deux phases :

- Calcul de « l'impact agrégé » de chaque risque selon les trois caractéristiques du projet : Coût, Délai et Qualité.
- Définition de la criticité pondérée de chaque risque selon ses trois caractéristiques: la probabilité d'occurrence, la gravité et le coefficient de non détectabilité.

Tableau 4. Valeurs de la cohérence aléatoire

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ca	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tableau 5. Ratio de cohérence acceptable

Taille de la matrice	Ratio de cohérence acceptable
3	0,05
4	0,08
5 et plus	0,10

A. *Définition de l'impact agrégé du risque*

La figure 3 présente la hiérarchisation relative au calcul de l'impact global des risques

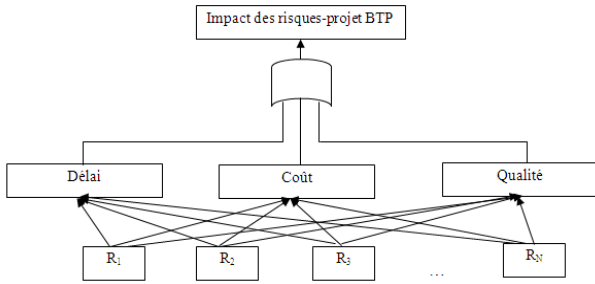


Fig. 3. La hiérarchisation de l'impact global des risques

L'impact global des risques identifiés sera calculé par l'agrégation des impacts sur chacun des trois objectifs du projet: coût, délai et qualité qui constituent le niveau1 de la hiérarchie. Le niveau 2 sera composé des N risques projet identifiés dans la première phase du processus du management des risques [20].

Pour que ce modèle soit valide, les critères coût délai et qualité doivent respecter les conditions d'exhaustivité, de cohésion et de non redondance.

Exhaustivité : Comme l'énonce la définition d'un risque projet qui est la possibilité qu'un projet ne s'exécute pas conformément aux prévisions de date d'achèvement, de coûts et de spécifications ... [1], on déduit que ces trois caractéristiques peuvent décrire tous les enjeux d'un projet et que tout risque touche au moins une de ces trois composantes.

Cohésion : Cette condition est satisfaite du fait que si on suppose que deux projets A et B ont le même coût et niveau de qualité, si le dépassement sur le délai du projet A est inférieur au dépassement de délai sur le projet B alors le projet A est au moins préférable au projet B.

Non-redondance : Il n'existe pas de redondance entre ces trois critères étant donné que chacun correspond à une dimension propre du projet.

En vérifiant ainsi la cohérence de nos critères, nous confirmons la conformité de notre hiérarchie qui nous permettra de procéder aux comparaisons binaires.

Les critères du premier niveau seront comparés deux à deux afin de construire la matrice de performance y correspondant. En suivant les étapes de mise en œuvre de la méthode AHP décrites dans la partie 3, nous obtenons le vecteur poids correspondant à ces trois paramètres.

Nous procédons similairement pour les éléments du second niveau en comparant deux à deux chacun des risques par rapport au coût, au délai et à la qualité afin d'obtenir les poids de chaque risque relatifs à chaque paramètre.

Le tableau 6 présente le résultat de cette méthode.

Tableau 6. La matrice de décision relative au calcul de l'impact

	Délai	Coût	Qualité
	P_d	P_c	P_q
R_1	P_{R1d}	P_{R1c}	P_{R1q}
R_2	P_{R2d}	P_{R2c}	P_{R2q}
R_3	P_{R3d}	P_{R3c}	P_{R3q}
...			
R_N	P_{RNd}	P_{RNc}	P_{RNq}

Où P_d , P_c et P_q désignent respectivement les poids des paramètres Délai, Coût et Qualité et $[P_{R1d} P_{R2d} \dots P_{RNd}]$ le vecteur poids des risques $R_i, i=1 \dots N$ relatif au paramètre Délai. Ensuite, on classe les risques suivant leur poids relatifs à chaque paramètre en assignant à chacun une pondération standard suivant son classement et ce suivant les valeurs définies dans le tableau 7.

Moyennant l'équation 9, on calcule l'impact agrégé du risque R_i (Eq. 10)

$$I_{Ri} = (P_{Rid})^{P_d} \times (P_{Ric})^{P_c} \times (P_{Riq})^{P_q} \quad (10)$$

B. Définition de la criticité pondérée du risque

Cette phase se déroulera en suivant le même cheminement du paragraphe A appliqué à la hiérarchie présentée par la fig.4.

Nous vérifions la cohérence des trois critères : Probabilité d'occurrence, Impact agrégé et coefficient de non détectabilité afin de valider la hiérarchie.

Les exigences d'exhaustivité et de cohésion sont satisfaites du fait que ces critères sont exposés dans la littérature et utilisés dans la pratique pour déterminer la criticité classique du risque. La condition de non-redondance est validée par le fait que les notions de la gravité, la probabilité d'occurrence et la non détectabilité sont distinctes.

à cette hiérarchie, on déduit le vecteur $[P_p, P_i, P_{Nd}]$ correspondant aux poids relatifs aux trois caractéristiques : Probabilité d'occurrence, Impact agrégé et Coefficient de non détectabilité.

Ainsi, et en utilisant l'équation 9, on définit la notion de la criticité pondérée (Eq.11)

$$C = (P)^{P_p} \times (I)^{P_i} \times (ND)^{P_{Nd}} \quad (11)$$

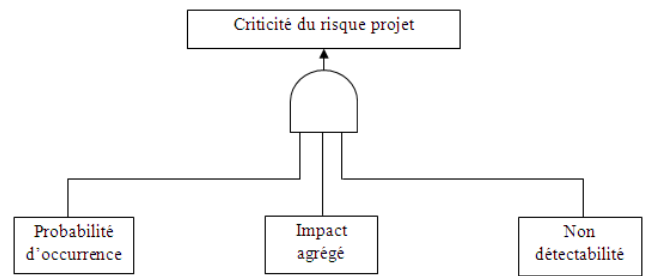


Fig. 4. La hiérarchisation de la criticité des risques

Tableau 7. Définition des pondérations standard des risques

Classement du risque	Pondération assignée
1	N
2	N-1
3	N-2
...	...
N	1

En appliquant les étapes de mise en œuvre de la méthode AHP Cette criticité pondérée sera la base de la hiérarchisation des risques permettant de définir les risques majeurs qui nécessitent une priorité de traitement et de contrôle.

V. CAS D'APPLICATION : PROJET D'ELECTRIFICATION

Afin de mettre en évidence l'approche présentée, nous proposons un exemple d'illustration relatif à un projet BTP réel.

A. Présentation du projet :

Le projet étudié est relatif à la construction d'une ligne électrique Moyenne Tension aérienne par une société spécialisée dans les installations électriques basée à la ville d'Agadir.

Nous nous intéresserons dans notre étude aux risques inhérents à ce projet lors de sa phase d'exécution qui se déroule selon le cheminement présenté dans Fig.5.

Il est à noter que la phase d'exécution des fouilles et celle du coulage des embases sont confiées à un sous-traitant spécialisé en génie civil.

L'objectif de cette étude est d'évaluer et hiérarchiser les risques pouvant affecter ces étapes d'exécution moyennant l'approche présentée dans la partie 4.

L'équipe de travail chargée de cette mission est composée de : Le Directeur Technique, le Directeur du projet, le Responsable Achat et Logistique, le Responsable Qualité et le conducteur des travaux. Nous avons assuré le rôle du Riskmanager qui se chargera de l'animation et le pilotage de l'application de cette méthode.

B. Identification des risques

La phase d'identification consiste à répertorier les risques susceptibles de mettre en échec les objectifs du projet.

Le tableau 8 présente la liste des 23 risques identifiés par l'équipe de travail suivant la méthode se basant sur la typologie des risques croisée aux phases du projet [20].

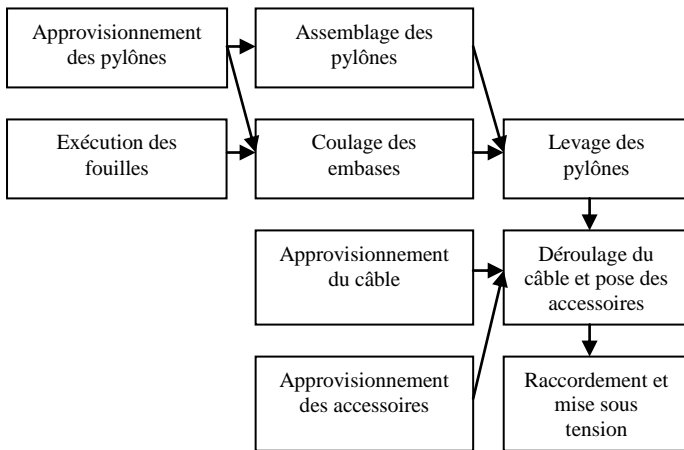


Fig.5. Etapes de la phase d'exécution du projet

Tableau 8. Liste des risques identifiés

code	Désignation du risque
R'1	Augmentation imprévue des prix du matériel
R'2	Vandalisme du matériel sur site
R'3	Conditions météorologiques extrêmes
R'4	Rupture de stock chez le fournisseur
R'5	Matériel non accepté par le maître d'ouvrage
R'6	Indisponibilité de main d'œuvre qualifiée suffisante
R'7	Dureté du terrain
R'8	Non-respect du délai de livraison fournisseur
R'9	Manque d'ordonnancement
R'10	Contrôle du dosage non concluant
R'11	Retard pour la réception des fouilles
R'12	Erreur dans le piquetage
R'13	Opposition de passage dans un terrain propriétaire
R'14	Longue cadence des équipes d'exécution
R'15	Solvabilité du client
R'16	Panne dans le matériel d'exécution
R'17	Problème de trésorerie du contractant
R'18	Manque de communication
R'19	Manque de financement bancaire
R'20	Non-respect des normes d'exécution
R'21	Manque de coordination entre les différents intervenants
R'22	Exigences excessives de performance et de qualité
R'23	Manque de compétence du sous-traitant

C. Evaluation des risques

Afin d'illustrer l'implémentation de l'approche présentée dans la partie 4, on a travaillé avec une liste représentative (Tab.9) de 9 risques choisis aléatoirement de la liste des risques identifiés.

1) Définition des probabilités d'occurrence :

Une échelle qualitative basée sur l'approche développée par Lichtenstein et Newman a été définie en commun accord avec l'équipe de travail afin d'évaluer les probabilités d'occurrence. Le tableau 10 Présente les valeurs utilisées. [21]

Tableau 9. Liste représentative des risques

code	Désignation du risque
R1	Dureté du terrain
R2	Opposition de passage dans un terrain propriétaire
R3	Conditions météorologiques extrêmes
R4	Rupture de stock chez le fournisseur
R5	Augmentation imprévue des prix du matériel
R6	Contrôle du dosage non concluant
R7	Longue cadence des équipes d'exécution
R8	Solvabilité du client
R9	Panne dans le matériel d'exécution

Tableau 10. Correspondance entre estimation déclarative et probabiliste

Expression du concept	Probabilité moyenne associée
Hautement probable	0,89
Probable	0,79
Vraisemblable	0,71
Possible	0,37
Impossible	0,12
Invraisemblable	0,11
Hautement improbable	0,06

2) Définition des coefficients de non détectabilité :

Selon la possibilité de prévoir à l'avance l'occurrence du risque, et dans quels délais, l'échelle présentée par le tableau 11 a été adoptée par l'équipe.

Le tableau 12 présente les valeurs de probabilité d'occurrence et de non détectabilité assignées à chaque risque.

3) Définition de l'impact des risques :

En appliquant les étapes de mise en œuvre de la méthode AHP, on a défini le poids relatif à chaque objectif du projet (Tab. 13) ainsi que les poids relatifs à chaque risque identifié selon les trois caractéristiques : coût, délai et qualité (Tab. 14).

Les valeurs des ratios de cohérence obtenues pour les quatre matrices sont respectivement : Rc1= 0,02, Rc2= 0,09, Rc3= 0,09 et Rc4= 0,06

Tableau 11. Echelle de non-détectabilité des risques

Coefficient	Désignation
1	Risque totalement détectable très tôt
2	Risque détectable tôt
3	Risque moyennement détectable
4	Risque faiblement détectable
5	Risque non détectable

Tableau 12. Probabilité d'occurrence et non détectabilité des risques

code	Désignation du risque	P	ND
R1	Dureté du terrain	0,37	4
R2	Opposition de passage dans un terrain propriétaire	0,71	4
R3	Conditions météorologiques extrêmes	0,79	2
R4	Rupture de stock chez le fournisseur	0,12	5
R5	Augmentation imprévue des prix du matériel	0,12	4
R6	Contrôle du dosage non concluant	0,37	4
R7	Longue cadence des équipes d'exécution	0,71	2
R8	Solvabilité du client	0,12	5
R9	Panne dans le matériel d'exécution	0,79	2

Tableau 13. Poids des paramètres C/D/Q

	Poids
Coût	0,07
Délai	0,18
Qualité	0,75

Tableau 14. Poids des risques suivant C/D/Q

	Coût	Délai	Qualité
R1	0,207	0,116	0,0363
R2	0,045	0,103	0,0399
R3	0,049	0,032	0,1304
R4	0,143	0,197	0,1556
R5	0,044	0,038	0,0399
R6	0,288	0,279	0,4663
R7	0,123	0,156	0,0501
R8	0,084	0,061	0,0412
R9	0,016	0,018	0,0403

Ce qui approuve la cohérence des jugements effectués.

En procédant à la classification des poids des risques selon chaque paramètre, on leur assigne des pondérations standards suivant les valeurs du tableau 7. Le tableau 15 présente la matrice de décision de l'impact des risques.

Par application de l'équation 10, on obtient les impacts agrégés présentés dans le tableau 16.

Il est à noter que pour le cas d'un risque inhérent à plusieurs phases du projet, on a opté pour le maximum des valeurs de la probabilité d'occurrence, la non détectabilité et l'impact.

1) Définition de la criticité pondérée des risques :

En appliquant la méthode AHP, on définit les poids relatifs à la probabilité d'occurrence, l'impact agrégé et la non détectabilité. Le tableau 17 présente les résultats obtenus.

Rc= 0,03, donc les jugements effectués sont cohérents.

Par application de l'équation 11, nous calculons la criticité pondérée relative à chaque risque, qui sera la base de leur hiérarchisation. Le tableau 18 présente les résultats obtenus.

On déduit que les risques les plus critiques sont : R6, R4 et R7.

Tableau 15. Matrice de décision obtenue de l'impact risque

	Coût	Délai	Qualité
	0,07	0,18	0,75
R1	8	6	1
R2	3	5	3
R3	4	2	7
R4	7	8	8
R5	2	3	2
R6	9	9	9
R7	6	7	6
R8	5	4	5
R9	1	1	4

Tableau 16. Impacts agrégés des risques identifiés

Risque	Impact agrégé
R1	1,6
R2	3,3
R3	5,4
R4	7,9
R5	2,2
R6	9,0
R7	6,2
R8	4,8
R9	2,8

Tableau 17. Poids des paramètres P/ I/ ND

Caractéristique	Poids
Probabilité d'occurrence	0,11
Impact agrégé	0,26
Non détectabilité	0,63

Tableau 18. Hiérarchisation des risques identifiés

code	P	ND	I	Criticité pondérée	Rang
	0,11	0,26	0,63		
R1	0,37	4	1,6	1,74	9
R2	0,71	4	3,3	2,94	6
R3	0,79	2	5,4	3,39	4
R4	0,12	5	7,9	4,50	2
R5	0,12	4	2,2	1,86	8
R6	0,37	4	9,0	5,19	1
R7	0,71	2	6,2	3,66	3
R8	0,12	5	4,8	3,28	5
R9	0,79	2	2,8	2,25	7

Afin de mettre en évidence cette approche, on a procédé à une évaluation des risques selon la méthode décrite dans la partie 2 et exprimée par l'équation 2.

Le tableau 18 présente les résultats de calcul des indices de priorité des risques.

Tableau 18. Valeurs des RPI des risques

code	P	ND	IC	ID	IQ	Criticité	Rang
R1	0,37	4	4	5	1	30	6
R2	0,71	4	4	2	1	23	7
R3	0,79	2	2	4	3	38	4
R4	0,12	5	4	4	4	38	4
R5	0,12	4	3	3	1	4	9
R6	0,37	4	5	5	5	185	1
R7	0,71	2	4	4	2	45	2
R8	0,12	5	3	2	2	7	8
R9	0,79	2	3	3	3	43	3

En comparant les rangs obtenus, nous constatons que :

- Le classement basé sur la criticité pondérée a relevé le risque R9 comme étant moins critique alors que la deuxième méthode l'a classé en tant que risque plus critique. Ceci est dû à la priorité assignée à la non détectabilité et à la qualité. En effet, ce risque, par son caractère détectable et son effet relativement faible sur la qualité, a été jugé peu critique. Son classement dans la catégorie des risques plus critiques sera au détriment d'un autre risque plus prioritaire à des actions de traitement.
- Le risque R8 est classé en tant que risque moyen suivant le premier classement alors qu'il est classé en tant que risque moins critique selon le deuxième. En effet, la solvabilité du client à travers les retards de règlement pèse sur le coût global du projet en créant des coûts indirects induits par le manque de trésorerie. Elle peut également engendrer des retards dus au manque de moyens financiers. Donc, le risque R8 est aussi prioritaire et nécessite un plan d'action préventif.

VI. CONCLUSION

S'intéressant à la phase d'évaluation et de hiérarchisation des risques projet, ce document a proposé une nouvelle approche basée sur les méthodes AHP et WPM issues de l'analyse multicritère d'aide à la décision pour la définition de la notion de criticité pondérée à utiliser pour la hiérarchisation des risques et la définition des risques majeurs liés à un projet BTP. Cette approche vient pour remédier aux limites de la notion classique de la criticité.

Son usage pratique a été testé sur un projet réel d'électrification Moyenne Tension afin de déterminer les risques critiques menaçant l'aboutissement des objectifs projet. Sa comparaison avec une méthode basée sur la formule classique de la criticité a relevé des écarts dans le classement qui risquent d'orienter l'équipe de décision vers des actions de traitement peu prioritaires ou à l'inverse de négliger des risques plus critiques. L'étape suivante de la recherche consiste à adapter cette approche pour traiter le cas de dépendances entre les risques. Cette notion relativement absente dans la littérature de management du risque, provoque la construction des effets « boules de neige » qui amplifient la criticité des risques.

REFERENCES

- [1] V. Giard, "Gestion de projets", Ed : Economica, Paris, 1991.
- [2] "Management des projets complexes de génie civil et urbain : Guide pratique pour la Maîtrise et la Gestion des Risques", Edition janvier 2012
- [3] J. Walewski, G. Gibson, "International project risk assessment: methods, procedures and critical factors", Center construction industry studies, Rep 31, Univ. of Texas at Austin, 2003
- [4] J. Raftery, "Risk analysis in project management", E&FN Spon, 1999
- [5] PMBOK, "Guide du référentiel des connaissances en gestion de projet", Ed Project Management Institute, Newton Square, USA, 2000 traduite.
- [6] A. Desroches, "La gestion des risques : principes et pratiques", Ed. Hermès Science Publication, Paris, 2003.
- [7] J-G Bernard, S. Rivard et B. Aubert, "Evaluation du risque d'implantation de progiciel", CIRANO, 2002
- [8] C. Trovero, "Gestion des Risques et de la sécurité des établissements et réseaux de santé", thèse professionnelle, Ecole Centrale de Paris, 2006
- [9] S. Picand, "Prise en charge des risques des projets de développement à caractère innovant : Proposition d'un outil de mise en œuvre dans l'industrie mécanique", Thèse de doctorat, L'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers ParisTech, 2010
- [10] S. Marcelino-Sádaba, A. Pérez-Ezcurdia, A.M. Echeverría Lazcano, P. Villanueva, "Project risk management methodology for small firms", International Journal of Project Management 32, 2014, p: 327-340.
- [11] A. Badri, S. Nadeau, A. Gbodossou, "Proposal of a risk-factor-based analytical approach for integrating occupational health and safety into project risk evaluation", Accident Analysis and Prevention 48, 2012, p: 223-234
- [12] J. Peixotoa, A. Teresoa, G. Fernandes, R. Almeida, "Project Risk Management Methodology: A Case Study of an Electric Energy Organization", Procedia Technology 16, 2014, p: 1096-1105.
- [13] Salomon, V. A. P. et Montevechi, J. A. B. "A compilation of comparisons on the analytic hierarchy process and others multiple criteria decision making methods : some cases developed in Brazil", 6th ISAHP, 2-4 août 2001, Berne, Switzerland, p. 413-420, 2001
- [14] L. Henriot, "Systèmes d'évaluation et de classification multicritères pour l'aide à la décision : Construction de modèles et procédures d'affectation", Thèse de doctorat, Université Paris Dauphine, 2000
- [15] B. Roy et D. Bouyssou, "Aide Multicritère à la Décision", Economica, Paris, 1993
- [16] M. Fumey, "Méthode d'évaluation des risques agrégés : application au choix des investissements de renouvellement d'installations", Thèse de doctorat, Institut Polytechnique de Toulouse - Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, 2001
- [17] T.L. Saaty, "Décider face à la complexité : une approche analytique multicritère d'aide à la décision", Entreprise moderne d'édition, Paris, 1984, 231 pages.
- [18] O.S. Vaidya, S. Kumar, "Analytic hierarchy process : An overview of applications", European Journal of Operational Research, vol. 169, no 1, p. 1-29, 2006.

- [19] E.H. Forman, M. A. Selly, "Decision by Objectives: How to Convince Others that You are Right", Pre-publication book, 2000
- [20] H. Lmoussaoui et H. Jamouli : " Study of dependencies in a risk management process: case of a construction project ", la conférence internationale sur la gestion opérationnelle de la logistique, GOL'14, 5-7 juin 2014, Rabat, Maroc
- [21] H. Jabrouni, B. Kamsu et L. Geneste, " Intégration de l'analyse dans la phase de résolution de problème en vue de retour d'expérience ", 8ème Conférence Internationale de MODélisation et SIMulation - MOSIM'10, 10 au 12 mai 2010, Hammamet, Tunisie