

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche**  
**Scientifique**  
**Université 20 Août 1955**

---

---

**Thèse**

Présentée à

**L'Université 20 Août 1955 –Skikda**

Pour obtenir le titre de

**DOCTEUR**

Spécialité

**Génie Civil**

Option

**Management de Projets**

Par

**BOUGHABA Amina**



Ref : D011220014D

Intitulé de la thèse

**Identification et Gestion des Risques Liés aux Projets de  
Construction**

Thèse soutenue le : 11/07/2020

Devant le jury composé de

MESSAOUDI Karima	Professeur	Université de Skikda	Président
BOUABAZ Mohamed	Professeur	Université de Skikda	Rapporteur
BOUHADADA Tahar	Professeur	Université d'Annaba	Examineur
YOUNES Bouacida Reda	Maître de Conférences	Université de Skikda	Examineur

## DEDICACE

*Je dédie cette thèse*

*A mes très chers parents*

*A mes très chers frères et ma sœur chaima  
A tous les membres de ma famille et tous mes  
proches*

*A tous mes collègues*

*Et à tous ceux qui m'ont encouragé et soutenu.*

## **REMERCIEMENTS**

Qu'Allah soit loué pour avoir permis que cette thèse soit réalisée, en me donnant la force, la patience et la volonté de la voir finalisé.

Je tiens à remercier, en premier lieu, Monsieur le Pr BOUABAZ MOHAMED, à l'Université du 20 Août 1955 - Skikda, Directeur de ma thèse, pour avoir encadré ce travail avec beaucoup de détermination de patience durant toute la période de ma recherche doctorale, pour m'avoir fait profiter de son enthousiasme, de son expérience et pour ses nombreux conseils précieux, et ses conseils qui m'ont permis d'améliorer cette thèse.

Aussi, je tiens à exprimer ma gratitude envers les membres du jury d'avoir accepté l'invitation pour contribuer à l'évaluation de cette thèse, pour leur lecture attentive et approfondie de ce manuscrit, ainsi que pour leurs remarques et critiques constructives nécessaires pour l'édition de la version finale de cette thèse.

Je dédie ce travail à mes chers parents, et tous mes amis, pour leurs encouragements.

Je ne saurais terminer ces remerciements sans citer mes proches. Merci à tous de m'avoir soutenu durant ces années.

## RESUME

La gestion des risques de perdre ou de gagner un contrat est une préoccupation majeure dans le domaine de la budgétisation des projets de constructions. La pratique des méthodes mathématiques sont aujourd'hui un outil nécessaire à la bonne gestion des projets. Pour cela, notre problématique a centrée sur la façon de gérer et contrôler les facteurs de succès ou de l'échec de projets de construction, par le développement d'un modèle mathématiques rigoureux et plus précis pour la gestion de ces risques. Pour résoudre ce problème, on a commencé par l'analyse de l'environnement actuel du projet de la construction algérienne à partir d'une analyse SWOT, pour ressortir les facteurs internes et externes qui influent sur le processus d'appel d'offres relatives aux projet de construction pendant tout le processus. Nous avons commencé à appliquer cet outil de choix pour obtenir les informations nécessaires et d'établir une meilleure qualité des projets de construction. À cet égard, cet outil vise à identifier les menaces-opportunités et les forces-faiblesses liées à l'environnement de divers projets de construction nationaux.

En seconde étape nous avons proposé des modèles basées sur une technique par l'intelligence artificielle pour le traitement des données. En premier lieu, on a créé un modèle neuronale, sous l'appellation de réseaux de neurones récurrent (RNN). Nous avons ensuite proposé un algorithme par la logique floue (FL). Puis, nous avons proposé la combinaison de ces deux modèles afin de construire un système prédictif qui s'appuie sur l'intégration des réseaux de neurones et la logique floue. Les résultats obtenus à partir des tests réalisés sur les modèles ont montrés que le modèle ANFIS fonctionne bien et sont très encourageants pour la prévision de l'état du projet à travers ces facteurs, et meilleurs que ceux obtenus par les modèles réseaux de neurones récurrent et par la logique floue.

**Mots clefs:** La gestion des risques, projets de construction, analyse SWOT, réseaux de neurone récurrent, la logique floue, Adaptive Neural Fuzzy Inference System.

## ABSTRACT

Managing the risk of losing or winning a contract is a major concern when budgeting for construction projects. The practice of mathematical methods is now a necessary tool for the good management of projects. For that, our problematic centered on the way of managing and controlling the factors of success or failure of construction projects, by the development of a rigorous and more precise mathematical model for the management of these risks. To solve this problem, we started with the analysis of the current environment of the Algerian construction project from a SWOT analysis, to highlight the internal and external factors that influence the relative tendering process. The construction project during the whole process. We have started to apply this tool of choice to obtain the necessary information and establish better quality construction projects. In this regard, this tool aims to identify the threats-opportunities and strengths-weaknesses linked to the environment of various national construction projects.

In the second step, we proposed models based on an artificial intelligence technique for data processing. First, we created a neural model, called Recurrent Neural Networks (RNNs). We then proposed a fuzzy logic (FL) algorithm. Then, we have suggested combining these two models in order to build a predictive system which relies on the integration of neural networks and fuzzy logic. The results obtained from the tests carried out on the models showed that the ANFIS model works well and are very encouraging for the prediction of the state of the project through these factors, and better than those obtained by the recurrent neural network models and by fuzzy logic.

**Keywords:** Risk Management, Construction Projects, SWOT analysis, Recurrent Neural Network, fuzzy logic, Adaptive Neural Fuzzy Inference System.

## المخلص

تعد إدارة مخاطر فقدان العقد أو الفوز به مصدر قلق كبير عند إعداد ميزانية مشاريع البناء. إذ أصبحت ممارسة الأساليب الرياضية الآن أداة ضرورية للإدارة الجيدة للمشاريع. لهذا، تمحورت إشكالتنا حول طريقة إدارة عوامل نجاح أو فشل مشاريع البناء والتحكم فيها، من خلال تطوير نموذج رياضي صارم وأكثر دقة لإدارة هذه المخاطر. لحل هذه المشكلة، بدأنا بتحليل البيئة الحالية لمشروع البناء الجزائري من خلال تحليل SWOT، من أجل تسليط الضوء على العوامل الداخلية والخارجية التي تؤثر على عملية المناقصة النسبية. لمشروع البناء خلال العملية برمتها. بدأنا في تطبيق هذه الأداة المختارة للحصول على المعلومات اللازمة وإنشاء مشاريع بناء ذات جودة أفضل. في هذا الصدد، تهدف هذه الأداة إلى تحديد التهديدات - الفرص ونقاط القوة والضعف المرتبطة بالبيئة لمشاريع البناء الوطنية المختلفة.

في الخطوة الثانية، اقترحنا نماذج تستند إلى تقنية ذكاء اصطناعي لمعالجة البيانات. أولاً، أنشأنا نموذجاً عصياً يسمى الشبكات العصبية المتكررة (RNNs). ثم اقترحنا خوارزمية منطقية ضبابية (FL). بعد ذلك اقترحنا الجمع بين هذين النموذجين من أجل بناء نظام تنبؤي يعتمد على تكامل الشبكات العصبية والمنطق الضبابي. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من الاختبارات التي أجريت على النماذج أن نموذج ANFIS يعمل بشكل جيد ومشجع للغاية للتنبؤ بحالة المشروع من خلال هذه العوامل، وأفضل من تلك التي تم الحصول عليها من خلال نماذج الشبكة العصبية المتكررة وبواسطة المنطق الضبابي.

الكلمات المفتاحية: إدارة المخاطر، مشاريع البناء، تحليل SWOT، الشبكات العصبية المتكررة، المنطق الضبابي، نظام الاستدلال الكيفي.

# TABLES DES MATIERES

RESUME.....	i
ABSTRACT .....	ii
المخلص.....	iii
TABLES DES MATIERES .....	iv
LISTE DES ABREVIATIONSETACRONYMES.....	x
LISTE DES FIGURES.....	xii
LISTE DES TABLEAUX.....	xiv
<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : METHODE ET PRATIQUES DE LA GESTION DES RISQUES DU PROJET DE CONSTRUCTION .....</b>	<b>6</b>
I.1. Introduction.....	6
I.2. Contexte scientifique du sujet.....	6
I.3. Définition des concepts et des approches de la gestion du risque de projet..7	
I.3.1. Définition des concepts de management des projets de construction ... 7	
I.3.2. Définition des concepts de management des risques .....	9
I.3.3. Définition du processus de suivi du risque.....	12
I.4. Les différentes approches et les outils classiques de la gestion des risques13	
I.4.1. Les méthodes quantitatives.....	14
I.4.2. Les méthodes qualitatives.....	15
I.4.3. Les méthodes inductives.....	16
I.4.4. Les méthodes déductives .....	16
I.5. Revue des travaux existants .....	17
I.6. Conclusion .....	19

<b>CHAPITRE II: ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA CONSTRUCTION PAR LA METHODE SWOT .....</b>	<b>20</b>
II.1. Introduction .....	20
II.2. Objectif et les caractéristiques de la démarche théorique .....	20
II.3. Méthode de collecte des données .....	20
II.3.1. Présentation de la méthode SWOT .....	21
II.3.2. Qu'est-ce qu'une analyse SWOT.....	23
II.3.3. L'analyse de l'environnement par la méthode SWOT .....	24
II.3.4. Exploiter les résultats par l'analyse SWOT .....	25
II.4. Conclusion.....	29
<b>CHAPITRE III: ETAT DE L'ART SUR LES APPROCHES DEL'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE .....</b>	<b>30</b>
III.1. Introduction.....	30
III.2. Les réseaux de neurones .....	31
III.2.1. Introduction.....	31
III.2.2. Historique des réseaux de neurones artificiels.....	31
III.2.3. L'inspiration biologique .....	33
III.2.4. Architecture des réseaux de neurones.....	34
III.2.4.1. Réseaux de Neurones Non-Bouclés (ou Réseaux Feedforward)34	
III.2.4.1.1. Le perceptron multicouche .....	35
III.2.4.1.2. Le modèle Adaline.....	35
III.2.4.1.3. Réseaux de neurones à fonctions de base radiale.....	37
III.2.4.2. Réseaux bouclés.....	38
III.2.4.2.1. Réseau d'ELMEN .....	38

III.2.4.2.2. Réseau de Jordan .....	38
III.2.5. Apprentissage.....	39
III.2.5.1. Apprentissage supervisé .....	39
III.2.5.2. Apprentissage non supervisé .....	40
III.2.5.3. L'apprentissage semi-supervisé.....	40
III.2.6. Fonctions d'Activation .....	41
III.2.7. Avantages et inconvénients des réseaux de neurones .....	42
III.3. La logique floue .....	43
III.3.1. Introduction à la logique floue.....	43
III.3.2. Historique de la logique floue.....	43
III.3.3. Principe de la logique floue .....	46
III.3.3.1. Fuzzification .....	48
III.3.3.2. Étape d'inférence.....	48
III.3.3.3. Défuzzification.....	49
III.3.3.4. La théorie des sous-ensembles flous .....	49
III.3.3.5. Différentes formes pour les fonctions d'appartenance.....	50
III.3.3.6. Différentes types d'inférences floues .....	51
III.3.3.6.1. Système d'inférence floue de type Mamdani .....	51
III.3.3.6.2. Système d'inférence flou de type Takagi-Sugeno.....	51
III.3.4. Conclusion .....	52
III.4. Les réseaux neuro-flou.....	53
III.4.1. Introduction.....	53
III.4.2. Définition .....	53
III.4.3. Quelques types de combinaison Neuro-Floues.....	54

III.4.3.1. Systèmes neuro-flou coopératif set concourants .....	54
III.4.3.2. Les systèmes neuro-flou fondus .....	55
III.4.3.3. Les réseaux adaptatifs.....	55
III.4.4. Principaux Neuro-Flou.....	56
III.4.4.1. FALCON ET GARIC (Fuzzy Adaptive Learning Control Network).....	56
III.4.4.2. NEFCLASS (Neuro Fuzzy Classification).....	57
III.4.4.3. NEFCON (NEuro-Fuzzy CONtrol).....	58
III.4.4.4. ANFIS (Adaptive-Network-based Fuzzy Inference System).....	60
III.4.5. Conclusion .....	61
<b>CHAPITRE IV MISE EN OUEVRE PRETIQUE DE LA DEMERCHE EXPREMENTAL : DISCUSION DES RESULTAT.....</b>	<b>62</b>
IV.1. Introduction.....	62
IV.2. Analyse stratégique du projet .....	63
IV.3. La démarche méthodologique.....	64
IV.3.1. Choix d'échantillonnage.....	65
IV.3.1.1. Objectif pédagogique.....	65
IV.3.1.2. Collecte des données .....	65
IV.3.2. Les sources documentaires .....	66
IV.3.3. Analyser et classification les données .....	66
IV.4. Application RNN, FL, ANFIS.....	67
IV.4.1. Application de Réseaux de Neurones récurrent (RNN) .....	67
IV.4.1.1. les étapes de développement du modèle.....	68
IV.4.1.1.1. Collecte des données .....	68

IV.4.1.1.2. Séparation des bases de données .....	70
IV.4.1.1.3. Choix d'un réseau de neurones .....	71
IV.4.1.1.4. Mise en forme des données pour un réseau de neurones .....	72
IV.4.1.1.5. Apprentissage du réseau de neurones .....	72
IV.4.1.1.6. Validation .....	73
IV.4.2. Application de La Logique Floue (FL).....	76
IV.4.2.1. Structure du système flou(FL).....	76
IV.4.2.2. Fuzzification des variables d'entrée et de sortie .....	77
IV.4.2.2.1. Fuzzification de la variable d'entrée .....	78
IV.4.2.2.2. Fuzzification de la variable de sortie.....	80
IV.4.2.3. Les règles d'inférence.....	80
IV.4.2.4. Défuzzification de la variable de sortie.....	83
IV.4.3. Conception détaillé de l'approche proposée(ANFIS) .....	85
IV.4.3.1. Problématique et solutions .....	85
IV.4.3.2. Synthèse d'un modèle ANFIS .....	85
IV.4.3.3. Description et structure du modèle ANFIS proposé .....	85
IV.4.3.4. Apprentissage sur ANFIS.....	87
IV.4.3.5. Test du système ANFIS entraîné.....	88
IV.5. Synthèse et comparaison des trois méthodes.....	90
IV.6. conclusion .....	94
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>95</b>
<b>REFERENCESBIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>97</b>
<b>ANNEXES</b>	

## LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

- PMBOK:** Project Management Body Of knowledge
- AFNOR:** Association Française de Normalisation(France)
- ISO:** Organisation Internationale de Normalisation
- PMI:** Petite et Moyenne Entreprise
- APR:** Analyse Préliminaire des Risques
- HAZOP:** HAZard and OPerability study
- ICI:** Imperial Chemical Industries
- AMDE:** Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets
- AMDEC:** Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets et de leur Criticité
- MADS-MOSAR:** Méthode Organisée Systémique d'Analyse des Risque
- TRI :** Three-Dimension risk Identification)
- SMACC :** Simulation multi-agent
- SWOT:** Strengths Weaknesses Opportunities Threats
- SPSS:** Statistical Package for the Social Sciences
- RNN:** Réseaux de Neurones récurrent
- FL:** La Logique Floue
- ANFIS:** Adaptive-Network-based Fuzzy Inference System
- ANN:** Artificial Neural Network
- ADALINE:** ADaptive LInear NEuren
- RBF:** Radial Basis Functions
- FAHP:** Fuzzy Analytical Hierarchy Process
- MFAHP:** Hiérarchique Floue Modifié
- FALCON ET GARIC:** Fuzzy Adaptive Learning Control Network
- NEFCLASS:** Neuro Fuzzy Classification

**NEFCON:** NEuro-Fuzzy CONtrol

**NEFCON:** Neuro Fuzzy CONtroller

**NEFPROX:** Neuro Fuzzy Function Approximator

**DUCH:** Direction de l'Urbanisme, de la Construction et de l'Habita

**OPIGI:** Office de Promotion et de Gestion Immobilière

**ESC:** Expérience dans le secteur de construction

**EPS:** Expérience d'exécuté de projets similaire dans les 5 dernières années

**lm:** Train levenberg marquardt

**gda:** Train gradient descente with adaptive learning rate

**bfg:** Train BFGS quasi newton

**gdm:** Train descente gradient avec momentum

**oss:** Train one step secant

**br:** Train bayesian regulation

**gd:** Train gradient

**Gaussmf:** Gaussian Membership fonction.

**Psigmf:** Sigmoidal product Membership fonction

**Pimf:** Pi Membership fonction.

**Trampf:** Trapezoidal Membership fonction

**Sigmf:** Sigmoidal membership fonction

**Trimf:** Triangular Membership fonction

**MPE:** Mean Percentage Error

**RMSE:** Root mean square error

**MAPE:** Mean Absolute Percentage Error

**AA%:** Average Accuracy Percentage

**R :** Coefficient de corrélation.

## LISTE DES FIGURES

Figure I. 1 : Processus du management du risque selon l'ISO31000 .....	11
Figure I. 2 : Cycle de vie des projets.....	12
Figure I. 3 : le processus de gestion des risques .....	13
Figure I. 4 : Classement des méthodes d'analyse des risques .....	14
Figure II. 1 : Procédure de préparation de la base de données .....	21
Figure II. 2 : La matrice SWOT .....	23
Figure II. 3 : Mise en œuvre de l'analyse SWOT .....	24
Figure II. 4 : Les facteurs de réalisation selon l'analyse SWOT .....	25
Figure III. 1: Réseaux de neurones à n entrées .....	35
Figure III. 2: Exemple d'un réseau de type perceptron multicouches .....	36
Figure III. 3: Structure du réseau Adaline.....	36
Figure III. 4: Réseaux de neurones à fonctions de base radiale.....	37
Figure III. 5:réseaud'ELMEN.....	38
Figure III. 6: réseau de Jordan.....	39
Figure III. 7 : Schéma de principe d'un régulateur flou .....	47
Figure III. 8 : les étapes de la résolution d'un problème par la logique floue.....	48
Figure III. 9: Principe du système neuro-flou .....	53
Figure III. 10: Système Neuro-flou coopératif.....	54
Figure III. 11: Système Neuro-flou concurrent.....	55
Figure III. 12: Le système Neuro-flou .....	56
Figure III. 13: Modèles FALCON et GARIC .....	57
Figure III. 14:ModèleNEFCLASS .....	58
Figure III. 15: Modèle NEFCON avec deux entrées, 5 règles et une sortie .....	59
FigureIII.16:ModèleNEFPROXavecdeuxentrées, 5 règle set deux sorties.....	59
Figure III. 17: Exemple de type de SANFIS.....	59
Figure III. 18: Exemple de structure de modèle neuro flou adaptatif ANFIS ....	60

Figure IV. 1: Les techniques d'identification et d'évaluation du risque.....	64
Figure IV. 2: Procédure de préparation de la base de données .....	65
Figure IV. 3: les différentes étapes pour résoudre un problème par réseau de neurone .....	67
Figure IV. 4: Topologie d'un réseau de neurones récurrents utilisé dans notre travail.....	70
Figure IV. 5: Erreur d'apprentissage du modèle .....	73
Figure IV. 6: Diagramme de régression.....	74
Figure IV. 7: L'histogramme d'erreur de formation .....	75
Figure IV. 8: Schéma du modèle logique floue .....	77
Figure IV. 9: Fuzzification de la variable d'entrée "Expérience dans le secteur de construction(ESC)" .....	78
Figure IV. 10: Fuzzification de la variable d'entrée "Ecart type du coût" .....	79
Figure IV. 11: Fuzzification de la variable d'entrée "Taux d'avancement" .....	79
Figure IV. 12: Fuzzification de la variable d'entrée "Expérience d'exécuté de projets similaire dans les 5 dernières années(EPS)" .....	79
Figure IV. 13: Fuzzification de la variable d'entrée" Les flux de trésorerie de travaux exécutés dans les 5dernièresannées" .....	80
Figure IV. 14: Fuzzification de la variable de sortie "Le succès ou l'échec du projet " .....	80
Figure IV. 15: Règles du fuzzification .....	83
Figure IV. 16: Défuzzification de la variable de sortie.....	84
Figure IV. 17: Structure du modèle ANFIS proposée sous Matlab.....	87
Figure IV. 18: Erreur d'apprentissage du modèle .....	89
Figure IV. 19: Les tests de FIS avec l'apprentissage des données .....	90
Figure IV. 20: Comparaisons entre valeur réel et prédictive par ANFIS.....	93
Figure IV.21: Comparaisons entre valeur réel et prédictive par RNN.....	93

Figure IV. 22: Comparaisons entre la valeur réel et valeur prédictive par FL ... 94

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I. 1: Différences entre recherche quantitative et qualitative .....	16
Tableau I. 2: Différences entre méthodes déductives et inductives.....	17
Tableau II.1: Matrice SWOT du projet de la construction Algérien.....	28
Tableau III. 1: Tableau récapitulatif des différents types de fonctions d'activation les plus utilisées.....	41
Tableau III. 2: Comparaison entre les réseaux de neurones et la logique floue..	43
Tableau III. 3: Différentes formes pour les fonctions d'appartenance .....	50
Tableau IV. 1: les caractéristiques des indicateurs utilisés dans notre modèle ..	69
Tableau IV. 2: Paramètres optimisés pour le modèle final .....	71
Tableau IV. 3: Comparaison entre les algorithmes d'apprentissage .....	72
Tableau IV. 4: les critères d'évaluation du projet.....	76
Tableau IV. 5: Paramètres optimisés par le modèle ANFIS .....	86
Tableau IV. 6: Les résultats obtenus par les fonctions d'appartenance .....	88
Tableau IV. 7: Paramètres statistiques de RNN et ANFIS et FL dans les phases d'Apprentissage.....	92

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

### 1. Généralités

Tout projet est soumis, durant son cycle de vie, à de plusieurs risques qui sont d'origine interne et externe particulièrement vers toutes les phases de vie (la définition et la conception, lors de la construction, en phase d'exploitation et maintenance du projet). Le bon déroulement d'un projet de construction dépend en grande part des activités menées plus précisément à bien chacune des étapes, selon leurs objectifs, par l'intermédiaire des éventuels événements indésirables qui pourraient survenir lors de l'exécution du projet. Pour garantir ce bon déroulement, il est indispensable de mettre en place un modèle permettant de conduire un management de projet efficacement en considérant les risques afférents. La gestion de ces problèmes a été extrêmement complexe pour pouvoir gérer les projets efficacement. Donc, une gestion efficace du risque est une pratique parce qu'elle réduit les pertes, et de définir et d'identifier les occasions de la réussite des projets. Mais, prendre en considération du risque et s'intégrer à tous les niveaux organisationnels pour faciliter l'introduction d'instruments de management des risques.

Dans ce contexte, la gestion du risque repose depuis fort longtemps sur des modèles complexes pour évaluer l'incertitude. Compte tenu de la disponibilité croissante d'outils de gestion des risques ont été développés, ces outils présentent une faiblesse persistante et traitent le risque de façon isolée, et le débat théorique sur les déterminants de la couverture des risques a été rarement utilisé ces dernières années, pour satisfaire la demande théorique qu'empirique et la croissance anticipée du secteur.

Après avoir analysé le contexte des projets des constructions et les parcours suggérées dans les références scientifiques, nous proposerons de développement

# Introduction générale

un modèle de gestion du risque s'appuiera sur un cadre formel basé sur l'intelligence artificiel.

Nous terminons par une conclusion générale dans laquelle nous avons exposé les principaux résultats auxquels ils ont abouti.

## 2. Problématique et objet de recherche

Cette problématique nécessite de développer un modèle d'évaluation pour y inclure l'analyse de risque du projet de construction, aux fins créer un code numérique efficace pour la gestion des risques. L'analyse bibliographique effectuée avait permis de mettre en évidence le manque d'outils et de méthodes suffisamment forts pour résoudre cette problématique. L'importance de notre problématique de projet de recherche : « **Identification et gestion du risque lié aux projets des constructions** », qu'il s'agit d'un sujet très important en Algérie qui concerne les projets de construction.

Son domaine est composé du manque de documentation et le manque de chercheurs hautement qualifiés pour mener à bien ses activités à cet égard, sensible en Algérie. Bien que cette discipline ait donné des résultats prometteurs des projets des constructions plus récents, dans les pays développés. Après avoir présenté le contexte général des problèmes associés les projets des constructions, nous nous suggérons de mettre en évidence la problématique qui fait que l'élaboration de projet de construction n'est pas à leurs meilleurs niveaux.

Cela nous conduira de trouver une solution à ces risques, en utilisant comme outil de prédiction des risques.

## 3. Les hypothèses de recherche

Au cours de nos travaux de recherche, nous allons essayer de tester l'hypothèse centrale suivante : Le manque de méthode professionnelles pratiquantes et maîtrisant les facteurs du risque qui affectent du projet de construction

## **4. Les buts du travail**

L'objectif global de la gestion des risques projet est de « diriger les responsables de projet à des procédures visent, tout en tenant compte des risques liés aux menaces, soit à les éviter, soit à en réduire les conséquences pour les rendre acceptables » [1]. Gérer les risques peut aussi prendre des risques : « il s'agit toujours d'accroître les conséquences et l'impact des événements positifs et de réduire celles des événements indésirables dans le but de diriger et piloter un organisme vis-à-vis du risque » [2]. Bien que notre objectif soit de développer un modèle de gestion des risques basée sur les facteurs affectant sur le processus d'appel d'offre, il est évidemment nécessaire de considérer l'ensemble de données et des actions menées au cours de cette phase amont pour l'efficacité du projet qui en découle, il s'appuie alors cette démarche qui englobe l'ensemble des facteurs adéquats pour concevoir, faire évoluer et vérifier un projet.

Pour cela, notre travail a contribué à la création d'un modèle mathématique permanent et solide de maîtriser les risques, en nous focalisant sur l'identification des facteurs du risque pour développer ce modèle.

## **5. Structure de la thèse**

Il est divisé en deux catégories principales, une partie théorique et une partie pratique. La partie théorique inclut les chapitres un à trois et présente les bases des techniques discutées dans ce travail. La partie pratique inclut le chapitre quatre. Donc, ce travail de recherche sera organisé en quatre chapitres:

Le premier chapitre s'intitule "METHODE ET PRATIQUES DE LA GESTION DES RISQUES DU PROJET DE CONSTRUCTION".

Pour offrir des réponses à notre problématique, nous proposerons un état de l'art du management des risques des projets. Premièrement, nous positionnerons le management de risque management de risque par rapport aux projets de

# Introduction générale

---

construction et nous introduirons avant tout les définitions et les objectifs fondamentaux au titre de la gestion des risques. Deuxièmement, nous montrerons les méthodes et les instruments existants pour déterminer les risques.

Le second s'intitule "ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA CONSTRUCTION PAR LA METHODE SWOT". Nous commence par éduquer le lecteur sur la forte croissance du secteur de la construction en Algérie, ensuite une étude de cet environnement par une analyse SWOT, qui consiste à effectuer les facteurs internes, qui identifient les forces et les faiblesses du domaine de construction et les facteurs externes, qui identifient les opportunités et les menaces présentées dans l'environnement du secteur.

Le troisième chapitre s'intitule "ETAT DE L'ART SUR LES APPROCHES DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE". Premièrement, nous introduisons par quelques concepts de base sur les réseaux de neurones artificiels, les différentes architectures et modèles seront exposés, les méthodes de l'apprentissage de ces réseaux seront également abordées. Nous avons indiqué les principales applications et les principaux réseaux de neurones qui ont été appliqués ces dernières années dans le domaine de la construction et les approches de rencontrées dans la littérature scientifique.

Puis, nous affichons un résumé de la méthode de la logique floue, et commencer par identifier et expliquer la terminologie utilisée en logique floue. Ensuite, nous mettons l'accent et la notion des règles floues et la notion des modèles flous et ainsi que les modes de raisonnement propres aux variables floues, et nous énumérons les avantages, les limitations et les domaines d'utilisation de la logique floue.

Enfin, nous proposons les phases nécessaires pour réaliser l'outil de systèmes d'inférence floue de type (ANFIS), afin d'améliorer les performances des modèles développés précédents.

# Introduction générale

---

Le quatrième chapitre s'intitule " MISE EN OEUVRE PRATIQUE DE LA DEMARCHE EXPERIMENTALE : DISCUSSION DES RÉSULTATS "est consacré aux résultats et discussions. L'application de la méthodologie commence en première étape par la création de modèle sous l'appel de réseau de neurones récurrent et ainsi de trouver jusqu'à quel degré il est possible et utile de gérer les risques par ce modèle. Et dans un deuxième temps, on utilisera un système flou avec des variables d'entrée choisies par l'analyse SWOT. Ce modèle flou est utile pour éliminer, évaluer, et pour simplifier de mieux comprendre la gestion du risque à grande échelle. Lors de la troisième étape et pour une meilleure gestion du risque de projet, on appliquera sur ce dernier une méthode hybride basée sur la logique floue et les réseaux de neurones et qui est appelée la méthode ANFIS.

Enfin, dans une **conclusion générale**, Nous résumons à ce stade les principaux résultats de l'étude afin de réaliser notre objectif : "développer un modèle mathématique permettant de gérer les risques liés aux projets de constructions".

## **6. Méthodologie de recherche empirique**

Afin d'effectuer cette étude, une bibliographie de recherche a été réalisée. Cette revue avait un double objectif : premièrement, cerner le cadre théorique de la gestion des projets et comprendre le contexte de leurs modes de management, deuxièmement, proposer un modèle de gestion du risque. Pour atteindre le premier objectif, nous nous sommes attelés à l'étude des environnements du projet, et dont nous avons ensuite examiné les théories générales de la gestion du risque. Cette étape s'appuie donc sur des documents recueillis et des techniques mis en place pour gérer les risques à travers les différentes caractéristiques des projets de constructions.

**CHAPITRE I**  
**METHODE ET PRATIQUES DE LA GESTION DES**  
**RISQUES DU PROJET DE CONSTRUCTION**

## **CHAPITRE I: METHODE ET PRATIQUES DE LA GESTION DES RISQUES DU PROJET DE CONSTRUCTION**

### **I.1. Introduction**

Les projets de constructions sont soumis à de nombreux risques qui peuvent avoir un impact significatif sur le cycle de vie de projet. Pour cela la gestion des risques est aujourd'hui un des sujets importants pour aborder le management de projet en général, et pour fournir une explication aux problèmes rencontrés sur les projets de constructions par identifier tous les événements ou des situations possibles ayant un impact négatif sur le succès globale du projet à des actions d'atténuation ces risques. À cet égard, on accordait une grande attention particulière aux moyens et méthodes de management du risque de projet.

Le présent chapitre vise à comprendre et à présenter les dernières constatations en matière de gestion de projet et de définir les différents concepts et termes clefs, c'est-à-dire qu'ils s'agissent une analyse plus approfondie des facteurs qui contribuent à la réussite, et mieux compris les principes modernes de gestion d'identifier, d'analyse, et de maîtrise des risques. Ensuite, nous examinerons les principaux outils disponibles en gestion de projet dont le but est la description des projets de constructions.

### **I.2. Contexte scientifique du sujet**

La gestion des risques de projet est une opération complexe, et une préoccupation croissante dans le secteur de la construction, étant impliquant de nombreux acteurs, et pour lesquelles les facteurs de risque sont d'origine multiples, variés dont la maîtrise conditionne directement la réussite du projet [3, 4, 5]. Pour le faire, les responsables du projet doivent établir une méthodologie pour améliorer le suivi des risques de projet sous leurs aspects les plus divers [6,7]. La responsabilité retenue par la gestion et de l'utilisation de ces solution prennent

notamment en considération d'analyse de ces projets [8]. Donc, est un thème important, vise à alerter les chefs de projet et les différents acteurs des projets sur les implications des risques de projet et les conséquences liés aux exigences des différents acteurs du projet en matière de succès du projet avec la mise en œuvre de retards, l'insatisfaction à la réalisation de performance du projet, des dépassements de coûts [9, 10]. Pour cela, développer une méthodologie d'identification et gestion des risques raisonnée dans un domaine relativement neuf pour les projets de la construction algérienne, devient indispensable tout au long du cycle de vie du projet. Le management de développement du projet est de plus en plus confronté des enjeux propres des risques donc, nous devons discuter les enjeux méthodologiques du risque, dans le cadre de la thèse.

### **I.3. Définition des concepts et des approches de la gestion du risque de projet**

Nous avons constaté qu'il existe de nombreuses de définitions du concept projet, et outils de mangement du risque de projets traité par divers auteurs.

#### **I.3.1. Définition des concepts de management des projets de construction**

**Le projet** est défini comme [11] « un processus unique, composé d'un ensemble d'activités coordonnées et contrôlées, avec des dates de début et de fin, est entrepris en vue d'atteindre un objectif qui répond à des exigences précises, notamment de délais des contraintes, de coûts et de ressources et de performances attendues ». Ils font connaitre un projet en tant que une approche spécifique, qui permettant la structurer systématique d'une réalité future » [12, 13]. Une définition spécifique de projet sera fixée en fonction d'élaboration d'une réponse adaptés aux besoins des utilisateurs qui comprend un but à l'aide d'un ressources spécifiques » [14, 15, 4]. Dans le PMBok (Project Management Body of Knowledge), le projet est le fruit d'une initiative temporaire entrepris pour créer un produit, ou un résultat unique (PMI., 2013).

## CHAPITRE I      METHODE ET PRATIQUES DE LA GESTION DES RISQUES DU PROJET DE CONSTRUCTION

---

Par conséquent, [16, 17] ont été déduits que, le projet est touché pour toute la durée du projet par différents types de facteurs qui peuvent perturber son déroulement. Puisque, la réalisation d'un projet, perçu sous une dimension économique en englobant les ressources et les risques offerts au projet, et l'indication concernant la durée de temps indique que le projet a un début et une fin. Il importait également d'accorder attention aux projets retenus concerneraient respectivement et en même temps afin d'assurer la meilleure séquence entre eux [18].

La définition du **management de projet** a été reprise par [19], AFNOR en 2003, le PMI en 2013, afin d'atteindre un objectif final de la mise en œuvre du management de projet et de contrôler la complication et prédire les comportements à suivre et les actions à mettre en œuvre. [20, 21], Ont été défini le management de projet comme, « Application de connaissances, des compétences, et des techniques dans le cadre des activités du projet afin de répondre ou de dépasser les parties concernées dans les différents projets représente un ensemble des mesures prises par une organisation afin d'identifier, planifier et réaliser un projet ». Donc, le management de projet peut être défini comme un processus de maîtrise de la réalisation des objectifs du projet [22]. Alors c'est pour cela que, le management de projet comprend toutes les activités, technologies et exploiter l'outil de gestion du projet pour mieux satisfaire les besoins des clients où le temps est décisif de manière rapide, de coûts, de qualité et de performance [23, 24, 25]. À partir de là, ce processus devrait inclure toutes les phases du cycle de vie du projet pour voir comment les éléments d'entrer son transfert en éléments de sortie sous la forme de produit livrable, comme le souhaitent les clients [26, 27]. Les organisations sont à leur tour autorisées à tous les acteurs du projet de réduire les coûts et le délai, de gérer la complexité technologique, et d'utiliser des ressources limitées, et [28, 29,30].

## I.3.2. Définition des concepts de management des risques

Sur une revue littéraire des différentes définitions prêtées au terme « risque », on peut citer:

**Le risque** est défini, conformément à la norme ISO 31000, comme l'effet de l'incertitude sur les objectifs à atteindre ou comme l'impact du risque sur les objectifs» [31]. Pour cela, [32, 28] définit le risque comme un effet de l'incertitude sur de gérer les coûts et exécute conformément aux prévisions de date d'achèvement, de maîtriser la qualité et la performance des projets, ces résultats obtenus dépassent les prévisions sont considérés comme difficilement acceptables. Ainsi, à chaque fois le risque existe, l'incertitude existe aussi, cette incertitude est l'impact de l'occurrence des événements indésirables sur les objectifs du projet [33, 34, 35]. Selon cette définition, «la gestion du risque, c'est vivre dans l'éventualité qu'un évènement futur causerait un préjudice. » [36, 37]. Étant donné que, la méthode utilisée pour analyser les risques d'un projet dépend de l'avancement du projet et, par conséquent, du niveau et de la qualité des informations disponibles par conséquent, était possible de construire une fonction de probabilité sur les données agrégées totales relatives aux estimations ou mesurées, de nature statistique. [38, 39, 40], Il peut également être la cause d'un évènement, qu'il soit demandé ou craint, sa conséquence éventuelle, voire même la mesure de sa conséquence [41,42]. Les risques de projet étaient toujours demeuré, mais aucune mesure n'a été prise pour les avertir, c'est le cas est vrai pour la défaillance d'un projet, parce que le personnel est rarement proactif dans la gestion des risques. Nous verrons que le risque peut être décrits par le côté positif, surtout lorsque des profits sont générés, et non de pertes [43].

**L'évènement risqué** est un évènement dont l'apparition est incertaine et a une influence positive ou négative sur les objectifs du projet [44, 45].

**Un facteur de risque** est un élément suggéré un évènement grave. Dans le cadre

du projet, un suivi régulier est entrepris. Les risques tendent à faire dévier le projet de façon significative du résultat souhaité, pour le traité [46]. La **gestion de projets** est un double problème sur la conception et la planification des projets à venir puis d'un passage à l'acte au travers de projet lui-même [47]. Donc, la gestion des risques projet doit identifier les événements à risque, les analyser qualitativement et quantitativement, c'est-à-dire déterminer leur probabilité d'occurrence, les qualifier, et leur impact potentiel sur les objectifs. Ils devraient également établir un plan d'action des indicateurs pour la surveillance des risques qui sont cruciaux [48, 49]. Il doit aussi proposer des indicateurs de suivi pour les risques jugés critiques, puisque la difficulté est dans la hiérarchisation des facteurs principaux [50, 51, 52, 53]. Pour cela l'effort porte plus spécialement sur l'identification des facteurs de risque souligne combien il est important de détecter les premiers, et des mesures nécessaires seront appliquées en vue de prévenir la réalisation de ces risques [54]. Les éléments correspondantes ne se limitaient pas à l'identification des facteurs, pouvaient comporter les sources, les événements, les conséquences et la probabilité. La détermination des risques peut également répondre aux préoccupations des intervenants [55, 56, 57]. Donc, il est nécessaire d'identifier des scénarios de cause à effet largement possibles, car il sera difficile d'intégrer un risque non spécifié à ce stade dans une analyse ultérieure. Pour être efficace, il est nécessaire de s'appuyer sur des outils et techniques d'identification des risques adaptés aux objectifs et compétences du prestataire [49], peut être aussi représentée par l'intermédiaire d'une série d'action et de mesures faites pour traiter toutes types d'exposition de risque. Elle inclut habituellement l'identification, la mesure, le contrôle et la surveillance de risque [58, 59, 60]. Le schéma de risque permet d'aligner les concepts de défi et de menace. Une fois qu'on aura analysé les risques, il tend à devenir un problème de management,

même si on continue à parler de gestion des risques. De fait, le règlement de respect ou ne pas respect un risque relève principalement du management [61].

Le processus du management du risque dans la norme ISO 31000 comprend cinq activités clés, comme indiquées dans la figure I.1 ci-dessous:

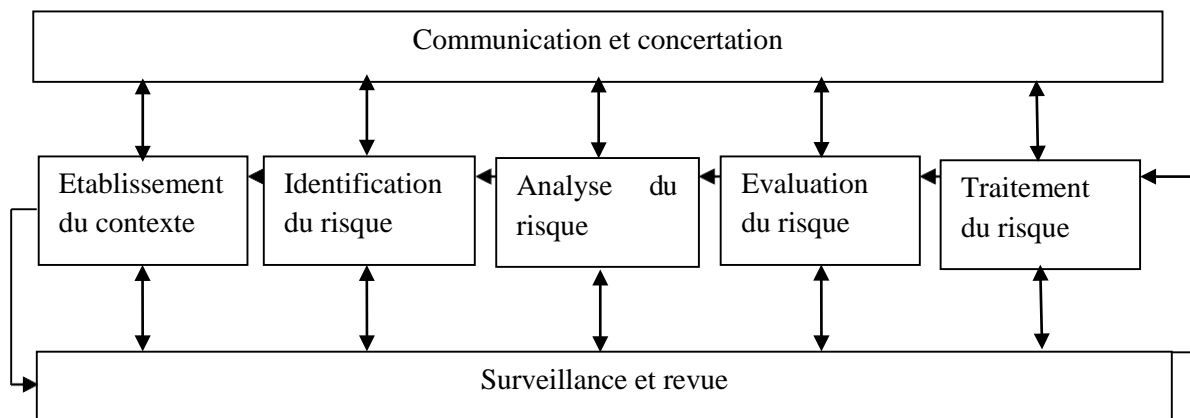


Figure I. 1 : Processus du management du risque selon l'ISO 31000

Il devrait donc s'agir d'un processus permet d'identifier, d'analyser et d'évaluer les facteurs de risque et les possibilités différentes pour toute la durée du projet, [62] a ajouté que les objectifs attendus de le processus de gestion des risques ne correspond pas sur toute la vie utile du projet.

Quelles que soient la complexité et la taille du projet, dans le cycle de vie, l'effort qui devrait fondée sur le temps et des étapes du projet, et il importe de comprendre que le projet peut arrêter n'importe quand, au cours des principales phases touchant à la fois les phases pour d'autre motifs, se représente comme illustré sur la figure I.2. Nous confondrons sur cette courbe la phase de démarrage, puis la phase de préparation et d'exécution, et enfin une phase du clôture de travail.

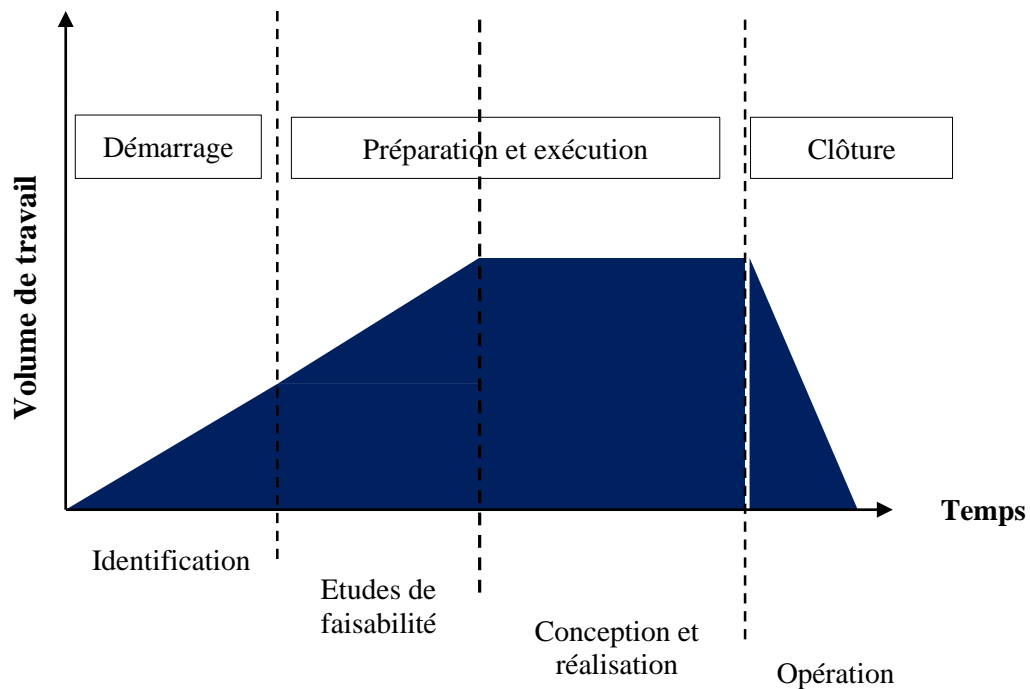


Figure I. 2 : cycle de vie des projets [63]

### I.3.3. Définition du processus de suivi du risque

Dès qu'il aurait créé le profil de risque créé, la structure de direction devra fixer la stratégie de gestion de ces risques. Selon cette définition, [64] «la gestion des risques signifie vivre dans l'éventualité d'un événement futur qui cause un préjudice, ce processus participatif sur les secteurs et se lie à d'autres informations relatives aux toutes les étapes de réalisation du projet ». Il convient donc de recruter du personnel qualifié pour gérer les risques et minimiser les pertes entraînées [55]. [65], et ils sont également par les nouvelles circonstances qui caractérisent actuellement le monde des affaires [66, 67]. Afin de préciser les conditions des contrôles et les mécanismes de la surveillance et de déclaration des expositions doivent être clairement définie [68]. Alors, juste la stratégie de gestion des risques a été défini par l'organe de direction, le processus de suivi des risques doit être clarifié [69, 70]. Finalement, le processus de suivi des risques doit

préciser et communiquer aux organes dirigeants les résultats. La figure I.3 représente du processus de gestion des risques comprend les étapes principales :

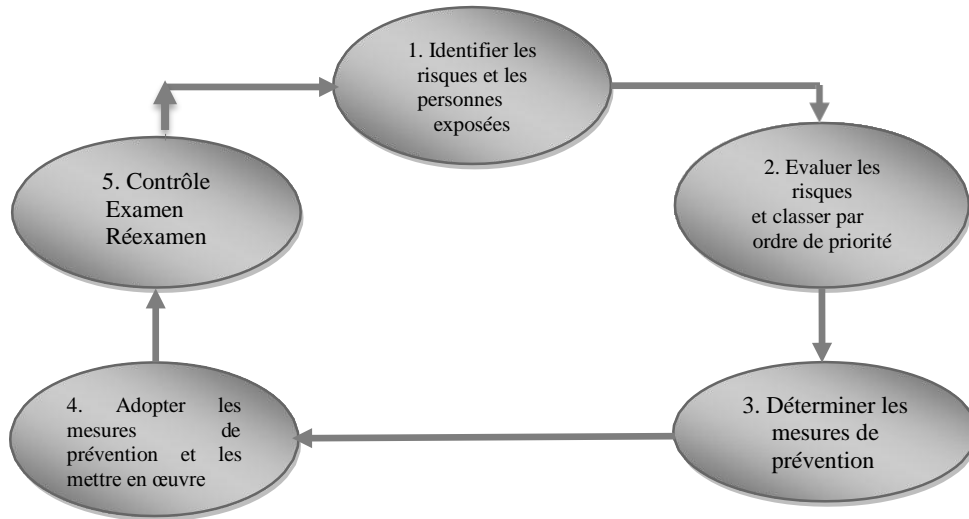


Figure I. 3 : Le processus de gestion des risques

## I.4. Les différentes approches et les outils classiques de la gestion des risques

Il a été que le management pourrait comprendre de grand nombre de méthodologie et d'outils permettant afin de gérer ces outils [71, 72, 73, 74, 75,]. Toutefois, ces techniques visent à aider les gestionnaires à concentrer leurs efforts sur les activités et les ressources les plus problématiques qui influent sur les objectifs du projet [76]. La gestion des risques est progressivement devenue un outil de performances clés pour les gestionnaires de projet et d'entreprise, quel que soit le domaine d'activité considéré [77, 78]. L'objet d'un outil d'analyse assisté par ordinateur, de ces systèmes est destiné à formuler et résoudre automatiquement de ses équations de mouvement. Cela nécessite des développer des techniques systématiques d'élaboration des équations et des méthodes numériques pour leur résolution [79, 80, 81]. C'est la logique de recherche qui vise à atteindre les performances en réduisant les risques, avec qui garde cette pensée qu'une technique peut être une clef de réussite [44,82].

Ces outils et approches semblent donc limités à partir les étapes dans la figure I.4 :

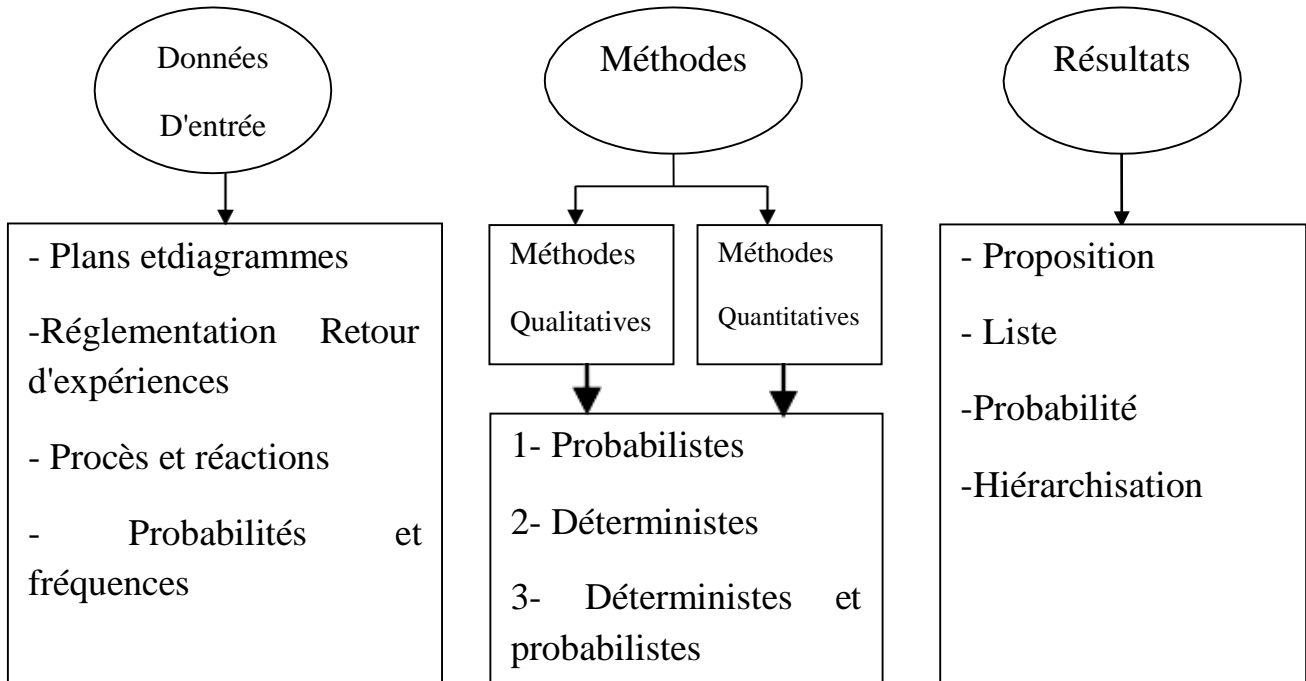


Figure I. 4: Classement des méthodes d'analyse des risques

#### **I.4.1. Les méthodes quantitatives**

La méthode quantitative utilise des données subjectives, et dépend du jugement, et de l'expertise de ceux qui les font, réunions de groupe, d'entretiens individuels et observation des consommateurs. En effet, l'enquête quantitative consiste à créer des variables entre lesquelles ils tenteront d'établir des relations statistiques, par l'intermédiaire d'un questionnaire établi, n'analysez pas le sens que les acteurs donnent à leurs pratiques, aux événements qui peuvent s'être produits. Les analyses quantitatives présentent de nombreux avantages parce qu'elles elles permettent:

- Établir des objectifs de sécurité
- Juger de l'acceptabilité des risques d'intégrer les notions de la fréquence des essais, la durée des situations graves.

- Evaluer la probabilité des composantes de la sûreté opérationnelle.
- Mesurés et hiérarchisés les risques et classement des activités par ordre de priorité.
- Chercher à améliorer la coordination et la collaboration en matière de sécurité entre différents opérateurs
- Organiser les actions à entreprendre en engageant d'abord celles permettant de réduire considérablement les risques.

#### **I.4.2. Les méthodes qualitatives**

Cette méthode produit et analyse des données descriptives, comme les mots écrits ou dits et le comportement observationnel des personnes [83]. Il traite des données qui sont difficiles à quantifier, et il ne rejette pas les chiffres ou les statistiques. Cette méthode utilise pour:

- Détection des besoins,
- Prise de décision,
- Optimisation des opérations, des performances,
- Sélection des phénomènes,
- Tester des hypothèses scientifiques.

Les différences entre recherche quantitative et qualitatives comme on peut le voir sur le Tableau I.1 suivant:

# CHAPITRE I      METHODE ET PRATIQUES DE LA GESTION DES RISQUES DU PROJET DE CONSTRUCTION

Tableau I. 1: Différences entre recherche quantitative et qualitative

<b>Différences entre recherche quantitative et qualitative</b>	
<b>Recherche quantitative</b>	<b>Recherche qualitative</b>
Questions plutôt biomédicales	Plutôt adaptée à l'étude de phénomènes sociaux
Mesure et quantifie des variables	Explore l'existence et la signification de ces phénomènes
Relations causales qui existent entre les critères mesurables	-Étude des sujets dans leur environnement - Comprendre le contexte
Teste des hypothèses	Crée des hypothèses
Déductive	Inductive

### **I.4.3. Les méthodes inductives**

Les données d'extrapolation sont collectées sans formuler au préalable une hypothèse, et des explications sont extraites de ces données en généralisant les faits observés. La critique de cette méthode est son manque d'efficacité, ou beaucoup de données doivent être collectées.

### **I.4.4. Les méthodes déductives**

La méthode déductive basée sur des concepts et des théories acceptés, qui visent simplement à tester certaines hypothèses concernant les causes d'un phénomène, puis ces hypothèses sont testées au cours de l'analyse en mettant en œuvre des admissions ou des dispositions. Cette approche est actuellement la plus répandue, et est appelé rationnel. Comme le montre le Tableau I.2ci-après:

# CHAPITRE I      METHODE ET PRATIQUES DE LA GESTION DES RISQUES DU PROJET DE CONSTRUCTION

Tableau I. 2: Différences entre méthodes déductives et inductives

<b>Méthodes</b>	
<b>Déductives</b>	<b>Inductives</b>
- Arbre des causes : Arbre des défaillances ou des défauts ou des fautes.	- APR (Analyse Préliminaire des Risques) - Arbre des conséquences - AMDE/AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets et Criticité) - Nœud papillon - MADS-MOSAR (Méthode Organisée Systémique d'Analyse des Risque) - HAZOP (HAZard and OPerability)

## I.5. Revue des travaux existants

Avant de présenter nos méthodes d'une manière plus structurée, il nous semble nécessaire de faire une revue des travaux existants aux notions fondamentales de notre recherche.

La majorité des travaux déployés à la suite de la gestion des risques sur le recensement des facteurs du risque, pour aider les responsables de projet à choisir les meilleures décisions qui nuisent un impact négatif sur le succès global du projet.

Une certains des travaux ont également porté aux décisions en matière de réduction le risque de projet ainsi qu'aux les facteurs, est présentée dans [84], les auteurs proposent 25 facteurs de réussite du projet. Ces facteurs sont évalués ensuite en fonction de leur incidence et de leur contribution au rendement réel du projet selon trois critères : délais, coûts et qualité.

De telles études permettraient d'orienter les professionnels et les chercheurs à cerner les facteurs critiques dans l'industrie de la construction.

Dans [85], les auteurs proposent une approche basé sur TRI (Three-dimension Risk Identification), se concentre sur la phase d'identification des risques de projet de construction pour surmonter les limites, à travers une combinaison de deux paramètre : la classification des risques de projet, et leur projection sur les différentes phases de projet, afin d'identifier les sources des risques et l'incertitude, et la détermination de leur impact.

Dans [86], les auteurs utilisent une approche d'aide à la décision basée sur le couplage d'un modèle à base d'agent (SMACC) et d'une méthode multicritère d'aide à la décision (ELECTREIII).

Cette approche a été appliquée à un cas d'étude réel contient 17 tâches depuis la phase d'étude d'opportunité jusqu'au la phase de livraison de l'ouvrage, et à partir cette vision statistique des risques fournir des indicateurs sur le projet .donc, ces indicateurs sont intégrés dans le cadre d'un processus d'aide à la décision ayant pour de définir la stratégie la plus adaptée pour répondre aux risques du projet.

Dans [87], l'auteur discute les principales préoccupations des travaux de recherche internationaux dans le domaine d'identification des risques pour les projets de construction, il présente ensuite comment, au sein du projet de recherche GERMA, ces questions sont abordées, pour développer et mettre en œuvre un cadre de modélisation adapté au contexte français.

Dans [88], les auteurs proposent une méthode statistique basé sur l'utilisation des données qualitatives, un échantillon de 30 répondants a été sélectionné aléatoirement à partir le projet de construction en Inde, pour identifier les principaux facteurs de risque qui affectent le processus de succès de projet de construction.

Une autre approche mettant l'accent sur la simulation des risques est présentée dans [89, 90]. Ici, les auteurs proposent une approche linguistique floue, pour évaluer les facteurs d'incertitude dans le groupe de décision tels que l'influence des experts, et le jugement de sélection des critères des risques seront évaluées après identifiés les facteurs de risque en comparant la distance relative des facteurs de risque à l'autres.

Un des résultats principaux de ces études est l'estimation du niveau de chaque type de risque et détermine le nombre réel pour chaque facteur de risque à travers la phase de défuzzification.

### **I.6. Conclusion**

Dans le présent chapitre, nous cherchions à comprendre la notion analytique à améliorer la gestion des risques. Premièrement, nous avons clairement établi de nombreuses définitions des concepts du projet, à travers des normes et parfois des travaux de groupes de recherche. Puis, nous avons présentés les principales méthodes et techniques d'analyse de risque, et nous avons découvert que la plupart des instruments relatifs à la gestion de projet ne prennent pas en compte de toutes les caractéristiques et de tous les facteurs fondamentaux du projet. Après analyse, nous avons pu concluons que la grande majorité des outils de gestion des risques n'est pas applicable à l'ensemble du processus de gestion des risques, que les méthodes très répandues consistent à recenser et évaluer les risques qui dépendent généralement des projets et de son environnement.

Enfin, après déceler ces méthodes d'analyse de risque nous avons proposé dans le chapitre suivant une technique d'évaluation des risques liés aux projets de construction.

**CHAPITRE II:**  
**ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA**  
**CONSTRUCTION PAR LA METHODE SWOT**

## **CHAPITRE II:ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA CONSTRUCTION PAR LA METHODE SWOT**

### **II.1. Introduction**

Le présent chapitre sur la démarche méthodologique, pose un regard synthétique sur l'analyse SWOT. L'approche générale de cette méthodologie étudiera l'environnement du projet de construction algérienne repose sur une analyse stratégique SWOT. Puisque l'environnement de la construction est constitué de plusieurs projets, de nombreux facteurs qui peuvent rendre l'ensemble de projet plus vulnérable aux risques, et c'est pour cette raison que nous allons concerner à l'étude de l'environnement interne et externe, ainsi que l'analyse des facteurs de risque, en vue de mettre des informations statistiques et analytiques pour évaluer et bonifier l'environnement interne et externe du projet.

### **II.2. Objectif et les caractéristiques de la démarche théorique**

La recherche théorique a pour but de réaliser les taches suivantes :

- Collecter les informations nécessaires sur l'environnement du projet de construction algérienne.
- Repérer les cas qui sont conformes aux critères de sélection et aux objectifs de recherche.

Le graphique d'établir un cadre de configuration de la base de données fondé sur la figure II.1 ci-après.

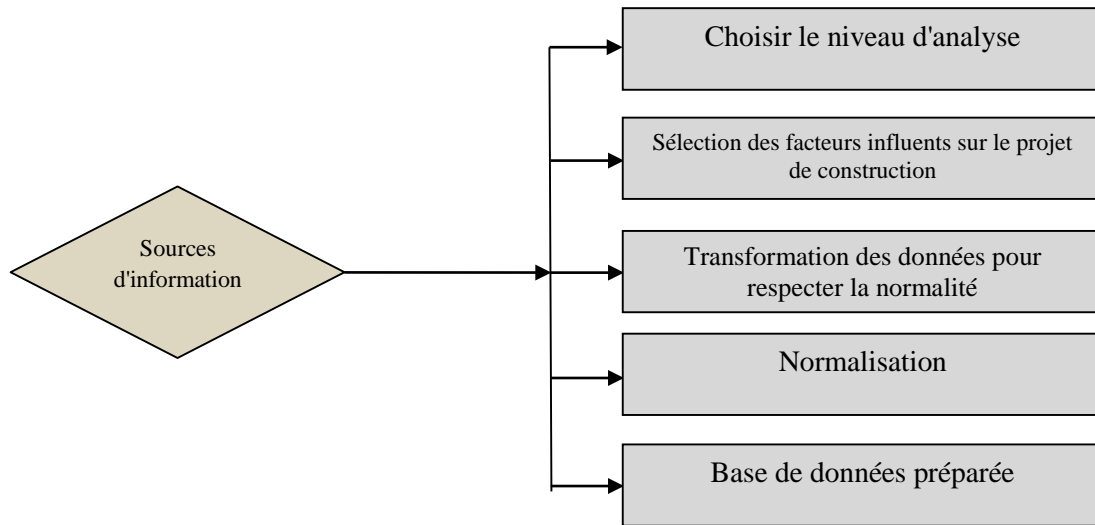


Figure II. 1: Procédure de préparation de la base de données

### II.3. Méthode de collecte des données

La première approche adoptée dans notre travail utilisé une méthode de collecte de données par une analyse SWOT est une stratégie envisageable pour prévenir des risques concernant l'environnement de projet comporte quatre niveaux. Il aura pour objet de sensibiliser une prise de conscience de cette stratégie de prévention et la manière dont ils s'appliquent aux divers projets de constructions.

#### II.3.1. Présentation de la méthode SWOT

La dénomination SWOT est l'acronyme anglais des termes (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats). Un des équivalents en français s'appelle l'analyse FFOR (Forces, Faiblesses, Opportunités, Risques), a été développé dans les années 1960 aux USA, par 4 professeurs de la Harvard Business School, Lerner, Christensen, Andrews et Guth,».

La méthode SWOT est simple, souple et accessible à diverses catégories d'organisations. Cependant, son utilisation présente certains inconvénients, la pertinence et l'efficacité de cet outil dépendent de la capacité des organisations participantes soit mise à jour régulièrement et qu'il soit aussi complet que possible à la lumière de la réalité qu'ils examinent.

La présente analyse « SWOT » vise à tenir compte des facteurs internes et externes dans la stratégie, élargir le potentiel des forces et des possibilités pour minimiser l'impact des menaces. Cette forme d'analyse permet d'aider l'entité à trouver la meilleure façon d'utiliser ses forces, d'exploiter les opportunités, de résoudre les faiblesses et d'atténuer les menaces externes [91]. Par conséquent, il est possible de déterminer la combinaison des forces et des faiblesses de l'organisation peut permettre de composer avec les changements de l'environnement, ou encore, il est possible de créer de nouvelles opportunités qui bénéficieraient davantage des ressources uniques ou des compétences de base de l'organisation [92, 93]. En outre, l'analyse devrait tenir compte sur secteurs, et toutes les mesures concernant ce secteur seront internes et tout ce qui ne peut pas l'être, l'externe. Les analyses SWOT sont souvent extraites sous la forme d'un tableau à quatre cellules détaillant les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces [94]. On trouvera exposés ci-dessous une description des diverses composantes de la matrice de manière suivante:

**A. Des forces :** consistent à identifier les points forts par rapport aux concurrents de l'entreprise pour définir de nouvelles opportunités extérieures pour la réalisation de la stratégie, ce sont les atouts de l'entreprise et de ses gammes de produits ou services.

**B. Faiblesses :** contrairement aux forces, les faiblesses sont des inconvénients internes, ce sont les points faibles de l'entreprise ou des gammes de produits ou services.

**C. Les menaces :** sont des problèmes en dehors de l'organisation, ou des contraintes externes, qui peuvent empêcher le développement d'un secteur. Donc, définie et collecte les savoir-faire interne à l'entreprise pour répondre les menaces extérieures.

**D. Opportunités :** Les opportunités sont des possibilités externes positives, qui peuvent être exploitées, elles sont conformes aux faits ou tendances du marché et de son environnement qui sont plutôt favorables.

Nous commençons la mise en œuvre de l'analyse SWOT par:

- La détermination du niveau d'analyse
- L'identification et l'étude des quatre facteurs
- Mettre en liaison les facteurs et de combinaison, qui est en harmonie avec la création de la matrice de croisement.

La matrice SWOT se représente par une matrice découpée en quadrants (Figure II.2), doit être clairement identifié les facteurs positifs et les facteurs négatifs c'est-à-dire : forces, opportunités, faiblesses, menaces.





POSITIVE	NEGATIVE	
Strength  Forces	Weaknesses  Faiblesses	I N T E R N E
Opportunities  Opportunités	Threats  Menaces	
		E X T E R N E

Figure II. 2: La matrice SWOT

### II.3.2. Qu'est-ce qu'une analyse SWOT?

L'analyse stratégique SWOT, est l'outil le plus important dont nous disposons pour résoudre et recenser les facteurs du risque, afin de définir les domaines d'intervention stratégiques à développer de façon plus scientifique et efficace. Il faut mettre en place un nouveau programme pour rendre les menaces et prévention

liées aux risques, et il s'agit là également cette analyse une bonne vue analytique des points forts et des points faibles, et surtout des opportunités et des menaces qui pèsent sur le territoire étudié, devraient mener à des propositions stratégiques pour le développement d'une région, capable de rééquilibrer son fonctionnement. Par ailleurs, on reproche à l'analyse quelques critiques Même bien structurée, l'analyse SWOT reste un outil subjectif. Elle nécessite des efforts soutenus à un consensus avant de finaliser l'analyse indispensable, pour trouver une solution juste et globale au problème. La Figure II.3 suivant illustre la mise en œuvre de l'analyse SWOT.

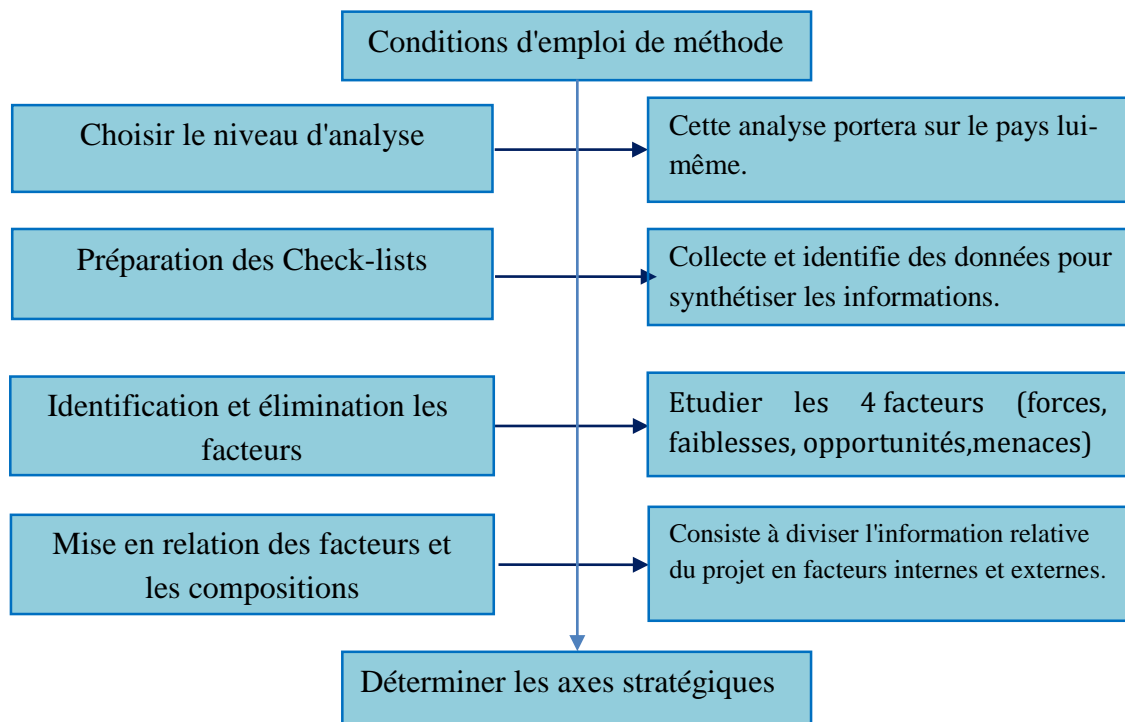


Figure II. 3: Mise en œuvre de l'analyse SWOT

### II.3.3. L'analyse de l'environnement par la méthode SWOT:

Il est nécessaire de retrouver les objectifs du projet, et son environnement et trouver un compromis parmi ces critères. Grâce à ce cadre analytique, rendre compte clairement et fidèlement des caractéristiques qui sont étudiées dans une

analyse descriptive, sur la base des projets de construction en Algérie. Puis, une analyse statistique utilisée pour présenter les données recueillies pendant l'analyse SWOT, pour pouvoir faire face aux cas pour auxquelles le nombre d'échantillon est suffisant pour assurer la fiabilité des résultats, et les résultats seront interprétés par du logiciel SPSS. Il est nécessaire de recenser les facteurs qui seront réaffirmés grâce à des analyses statistiques, à l'aide du progiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Les analyses statistiques sont réorganisées dans un tableau synthétique (**Annexe A**).

**L'environnement externe:** sont les facteurs qui influenceront sur le projet extérieur à l'organisation qui poursuit ses objectifs. Les principaux facteurs déterminants pour l'évaluation de l'environnement du projet.

**L'environnement interne:** est composé des facteurs endogènes ont une incidence sur le projet, les principaux facteurs déterminants pour l'évaluation du caractère du projet. La figure II.4 présente un exemple de réalisation des facteurs selon l'analyse SWOT.

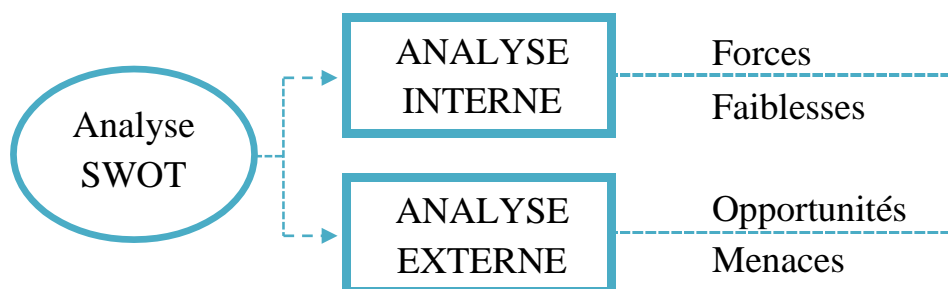


Figure II. 4: Les facteurs de réalisation selon l'analyse SWOT

### **II.3.4. Exploiter les résultats par l'analyse SWOT**

Notre principal objectif est de faire une analyse de l'environnement actuel du projet de la construction algérienne, pour tenir compte des facteurs internes et externes qui influent sur le processus d'appel d'offres relatives aux projets de

construction pendant tout ce processus. Donc, on a identifié les facteurs de risque et d'opportunité dont l'origine réside dans l'environnement du projet, L'analyse environnementale et l'identification des facteurs de risque et d'opportunité provenant de l'environnement.

On a appliqué cet outil de choix pour préparer les informations nécessaires et d'améliorer la qualité des projets de construction tendant à déterminer les quatre facteurs (forces, faiblesses, menaces, opportunités) du projet lié à son environnement pour décider de poursuivre ou non le projet. Les résultats de l'analyse SWOT, font qu'il peut être posé les forces et les opportunités qu'il faut maximiser pour la revitalisation et les faiblesses et les menaces qui sont à neutraliser. Les résultats établis grâce au modèle SWOT, qui va consister à effectuer deux facteurs:

1- un facteur externe, qui identifie les opportunités et les menaces présentes dans l'environnement, qui concernent les situations des environnements des projets de constructions.

2- un facteur interne, qui identifie les forces et les faiblesses du domaine d'activité stratégique, qui concernent les situations des environnements d'appel d'offres.

En conséquence, Les résultats de l'analyse SWOT, Permettent d'apprendre comment:

- Les forces peuvent être utilisées pour accroître le recours aux possibilités qui ont été constatées, et les forces peuvent être utilisées pour surmonter les menaces identifiées ?
- remédier aux faiblesses qui peuvent être minimisés à surmonter les menaces identifiées?

## **CHAPITRE II      ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA CONSTRUCTION PAR LA METHODE SWOT**

---

L'interprétation de la matrice finale (Tableau II.1), qui examine les facteurs internes et externes qui influent sur le processus d'appel d'offres relatives aux projets de construction algérienne pendant tout ce processus.

Tableau II.1: Matrice SWOT du projet de la construction Algérien

MISE EN OEUVRE DE FATCEUR POUR L'ENVIRONNEMENT DE PROJET DE CONSTRUCTION	
Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Portefeuille technologique du niveau de notoriété</li> <li>-Un grand nombre de soumissionnaires et de corps de métier visés par le projet.</li> <li>- Le délai entre la date de publication de l'appel d'offre et la date de limite de soumission est suffisant pour permettre aux fournisseurs de bien étudier le dossier.</li> <li>L'adjudication du contrat au meilleur soumissionnaire.</li> <li>-La pénétration sur le marché</li> <li>-De la présence géographique de la structure de gouvernement d'entreprise</li> <li>-Le nombre de projets soumis d'un appel d'offres au même moment</li> <li>-Le support du côté de la division de construction de grands travaux pour gagner l'appel d'offre.</li> <li>-Le calendrier de l'appel d'offre adapté</li> <li>-Les périodes de temps allouées pour l'appel d'offres et la construction adéquat.</li> <li>-Bonne compétence en gestion de projet</li> <li>-Bonne compétences en expertise.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Les délais inadéquats pour la soumission des offres</li> <li>- Mauvaise connaissances du marché de projet</li> <li>- La période comprise entre la date de publication de l'appel d'offre et la date de limite de soumission est insuffisant.</li> <li>- Manque de formation</li> <li>- Absence de mécanisme de protection des renseignements obtenus des soumissionnaires.</li> <li>- L'information consignée dans le dossier d'offre du projet n'est pas toujours complète.</li> <li>- Manque de ressources et de formation d'appel d'offre</li> <li>- L'absence de seuil de rejet des soumissions</li> <li>- Absence de procédures et de mécanismes pour prévenir la rentabilité du projet</li> <li>- Manque de matériel</li> <li>- La procédure donne à tous les soumissionnaires admissibles la possibilité de concourir,</li> <li>- Les offres ne sont ouvertes qu'à l'expiration du délai, lors de l'ouverture officielle et public des offres</li> <li>- Les négociations ne sont admises qu'avec le fournisseur sélectionné après examen des différentes offres.</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les soumissionnaires étaient responsables de la réalisation d'examens détaillés du site.</li> <li>- L'émergence d'une nouvelle réglementation</li> <li>- L'ouverture de nouveaux marchés</li> <li>- L'apparition d'une nouvelle technologie</li> <li>- Le client a accepté le cahier des charges et aucune modification n'a été apportée</li> <li>-L'employeur accepte de prendre le financement des examens de terrain additionnel.</li> <li>-Le cahier des charges décrivant exactement quelles étaient les exigences techniques, esthétiques et contractuelles.</li> <li>- le système d'assurance de la qualité de l'entrepreneur coopérer et associer un soutien permanent en termes de nouvelles approches en matière d'ingénierie et de gestion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existence de projet concurrent en même temps que lancement d'appel d'offre.</li> <li>- L'inexistence d'antécédents d'inexécution de marchés durant les cinq (5) dernières années avant la date limite de présentation de la soumission.</li> <li>- Inflation</li> <li>- Existence d'un conflit d'intérêt quelconque.</li> <li>- Existence d'autre projet dans la même zone</li> <li>-Capacité des clients à acquérir le futur projet</li> <li>-Performance du projet concurrent dépasse votre projet.</li> <li>- Construction impossible dans cette région.</li> <li>- Rupture avec les partenaires</li> <li>- Les résultats de qualifications de soumissionnaire ne sont pas adéquats.</li> </ul>

L'étude environnementale du projet fournira la stratification des facteurs de risque et l'identification d'opportunités qui ont été identifiées et de réévaluer leurs analyses sur le plan quantitatif. Quand la matrice SWOT est écrite, il importe évidemment d'examiner pour notre cas les faiblesses dues à l'absence d'une gestion de connaissance et management des projets, pour déterminer les stratégies qui permettent de les améliorer au cours du cycle de vie de projet. Pour cela, nous utilisons cette base de données s'agissant des risques d'un projet de construction pour développer dans prochains chapitres nos modèles neuronaux.

#### **II.4. Conclusion**

Nous avons vu, que l'examen d'une étude par une analyse SWOT sur l'environnement externe et interne du projet. Ce faisant, entre autres mesures, elle identifie, et analyse les principaux facteurs de risque et d'opportunités ayant une incidence sur le projet et qui y sont attachés semble indispensable est nécessaire pour le management des risques. C'est ce qui nous a contraints à porter dans ce chapitre, une attention toute particulière, à l'analyse de l'environnement de projet de la construction. Donc, ce chapitre a pour but de mettre en évidence le cadre le plus approprié à la problématique de notre recherche. Nous avons choisi comme démarche méthodologique l'analyse stratégique SWOT, est pour nous un outil nécessaire pour identifier les différents facteurs du risque liés aux projets de construction, afin d'établir les axes stratégiques à développer de façon exacte et efficace le modèle de gestion du risque.

**CHAPITRE III**  
**ETAT DEL'ARTSUR LES APPROCHES DE**  
**L'INTELLIGENCEARTIFICIELLE**

## **CHAPITRE III: ETAT DE L'ART SUR LES APPROCHES DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE**

### **III.1. Introduction**

Ce chapitre constitue une introduction aux méthodes de commande de l'intelligence artificielle telle que, les réseaux de neurones et les systèmes flous les systèmes hybrides neuro flous, il est organisé en trois parties :

Dans la première partie, nous étudierons une étude détaillée sur l'emploi des réseaux de neurones. Après une brève présentation de quelques notions générales sur les réseaux de neurones, nous présentons les différentes familles de structures neuronales les plus utilisées, et leurs caractéristiques avec la classification des principales approches connues dans la littérature. Ensuite, nous mettrons les algorithmes d'apprentissage des paramètres de ces structures et nous accordons un intérêt particulier à l'algorithme de rétropropagation.

Pour la deuxième partie, nous discuterons en détail les principes de la logique floue et ses applications dans le domaine de construction. Puis, nous devons dresser et identifier les différents paramètres discriminatoires de cette technique ainsi les principales mesures de leur conception.

Nous exposons dans la dernière partie, la technique d'hybridation entre ces deux approches, réseaux de neurones artificiels (RNN) et la logique floue (FL). Après, une analyse détaillée de différents modèles, nous nous concentrerons à la mise au point d'un système flou, en tirant les profits de la logique floue et des réseaux de neurones.

## **III.2. Les réseaux de neurones**

### **III.2.1. Introduction**

Le principal but de ce chapitre est de définir les réseaux de neurones, basée sur les concepts de base relative aux réseaux de neurones ainsi que les propriétés mathématiques de certains d'entre eux. Des recherches très récentes ont porté sur la nouvelle génération des systèmes intelligents, en mettant particulièrement à l'élaboration des systèmes experts.

Puis, L'utilisateur des réseaux de neurones rassemble des données représentatives et utilise ensuite les algorithmes d'apprentissage, qui apprendront automatiquement la structure des données, nous parlerons de leur apprentissage.

### **III.2.2. Historique des réseaux de neurones artificiels**

Les réseaux de neurones artificiels (Artificial Neural Network ANN) datent en réalité des années 50. Donc, l'origine des RNAs vient de la modélisation mathématique du cerveau humain qui sont l'œuvre par Warren McCulloch et Walter Pitts en 1943, que l'impulsion nerveuse est le résultat d'un processus mathématique simple conduit par chaque neurone intellectuel utilisé dont l'impact collectif d'un réseau de neurones interconnectés. Les réseaux de neurones sont également très attrayants dans la mesure où la plupart de leurs principes sont basés sur des modèles intrinsèques de systèmes de neurones biologiques pour le traitement de l'information [95]. Les réseaux de neurones ont émergé lors des recherches sur l'intelligence artificielle, avec pour but de reproduire la tolérance à la faute et l'apprentissage les systèmes biologiques de neurones, en modélisant la structure intrinsèque du cerveau [96], qui sont utilisés dans de nombreux domaines, pour l'établissement de modèles relatifs à processus et la synthèse de lois de commande [97]. Pour cela, les premières initiatives prises dans le secteur des constructions sont prometteuses dans les années 50. Le manque d'approfondissement de la théorie et des conflits

de priorités ont limité les possibilités de collecte de données, a gelé ces travaux jusqu'aux années 80. Un bref historique des travaux effectués sur le réseau de neurones:

(Warren S et al, 1943) [98] montrent que les réseaux de neurones formels simples en principe réaliser des fonctions logiques, et calculer n'importe quelle fonction arithmétique.

(D.O.Hebb, 1949) [99] suggère une approche mathématique en neurodynamique, et la loi portant modification les caractéristiques des connexions entre neurones qu'il propose représente ce type de résultats. (Bernard Widrow, et al 1960) [100] développe le modèle "Adaline", un réseau simple qualifié par une règle de descente de gradient pour réduire au minimum l'erreur carrée moyenne, ce qui est à l'origine de l'algorithme de rétro-propagation de gradient, il est aujourd'hui généralement utilisé avec les Perceptrons multicouches.

(J.J.Hopfield, 1982) [96] présente une théorie du fonctionnement des réseaux de neurones, donc fixe et charge le comportement dont le renforcement serait favorisé pour son modèle, grâce à sa loi sur l'apprentissage d'accepter au résultat escompté, ce modèle reste largement utilisé dans les problèmes d'optimisation. (David H Ackley et al, 1985) [101], ont entrepris des études biologiques importantes sur un algorithme d'apprentissage adapté aux réseaux de neurone multicouches, à organisation automatique qui ont simulé ces propriétés.

(D. E. Rumelhart et al, 1986) [102] développe un modèle linéaire de la rétro-propagation de l'erreur qui améliore les paramètres d'un réseau de neurones à plusieurs couches, dans lequel des poids sont ajustés en utilisant la mesure de l'entropie de Shannon, avec les connexions modifiables, et il montre comment l'activation synchrone de plusieurs de neurones employée pour représenter chaque bit de données.

Cela a marqué le début d'une large recherche ont été faites en réseaux de neurones connaît un essor fulgurant et les applications de ce succès académique suivent au cours des années 90.

### **III.2.3. L'inspiration biologique**

Les RNAs sont une famille de fonctions non linéaires, composé de plusieurs éléments de calcul (neurones), fortement connectés de processeurs élémentaires opérant en parallèle et connectés entre eux par des poids ; chaque protocole de traitement préliminaire calcule une seule sortie à partir des renseignements fournis. Permettant ainsi de construire par apprentissage, une très large classe de modèles et de contrôleurs, qui reçoivent et traitent les signaux de l'extérieur par ses entrées, et sont données des signaux de sortie, qui sont en fait les activités de certains neurones [103]. Le cerveau est, en réalité, composé d'un très grand nombre de neurones, et de cerveaux humains qui élargissent sa mémoire et améliorent le traitement de ses informations en réorganisant automatiquement, constamment et en temps réel, ses communicants. Ces cerveaux devraient être appliqués en relation étroite avec plusieurs milliers d'interconnexions pour chaque cellule nerveuse.

Chaque neurone est une cellule spécialisée, capable de créer, de transmettre et de recevoir des signaux électrochimiques. Comme toutes les cellules biologiques, les neurones ont un objet cellulaire, des extensions qui fournissent des informations de neurone, et un prolongement transmet les informations recueillies par le neurone, la jonction entre deux neurones est appelée la synapse. Cette impulsion traverse les synapses à des milliers d'autres neurones, qui à leur tour, envoyer le signal à l'ensemble du système neuronal c'est-à-dire, le cerveau biologique. Ainsi, ce modèle biologique simple constitue la base du modèle mathématique du neurone formel. Ils peuvent ainsi créer ou exécuter diverses tâches cognitives extrêmement très complexes comme

l'apprentissage ou même la connaissance, nous n'avons pas abordé toute l'étendue de la complexité du cerveau, cependant, cette interprétation est grandement améliorée si elles sont étayées par des données biologiques conduisant à des modèles mathématiques convaincants.

### **III.2.4. Architectures des réseaux de neurones**

#### **III.2.4.1. Réseaux de Neurones Non-Bouclés (ou Réseaux Feed-Forward)**

Les réseaux de neurones *feed-forward* (ou non-bouclée) sont induits dans une large mesure plus actifs à l'égard du règlement pour résoudre les différentes problématiques concrètes et sont donc les plus couramment utilisés. D'une manière générale, ce type possède un comportement stable et une responsabilité à l'erreur, c'est-à-dire une structure dans laquelle les neurones ne sont connectés que dans une seule direction.

Parmi ses dispositions, les neurones de la couche cachée et de la couche de sortie sont connectés avec toutes les unités de la couche précédente. Les entrées et les sorties sont compatibles aux nerfs moteurs et sensoriels. En outre, on peut utiliser pour calculer les effets multiplicateurs. Aussi, lors de l'exécution du réseau, les valeurs des variables d'entrée sont envoyées aux unités d'entrée, ensuite les couches cachées et les couches de sortie sont mises en œuvre progressivement dans l'ordre séquentiel. Toutes les unités auxquelles les services se proposeraient une valeur d'activation en utilisant la somme pondérée de la sortie unitaire à la couche précédente.

Enfin, si on l'ensemble du réseau mise en œuvre, les neurones de la couche de sortie sont les sorties de l'ensemble du réseau. Un biais dépend aux neurones de la couche précédente pendant l'intermédiaire d'un poids, généralement appelé seuil. Le biais est le neurone entre la couche cachée et la couche de sortie qui émet un signal d'intensité 1, il existe également un terme de biais, dans

lequel la fonction d'activation est en permanence égale à 1. La figure III.1 montre de façon schématique comment sont ordonnées les couches du réseau feed-forward.

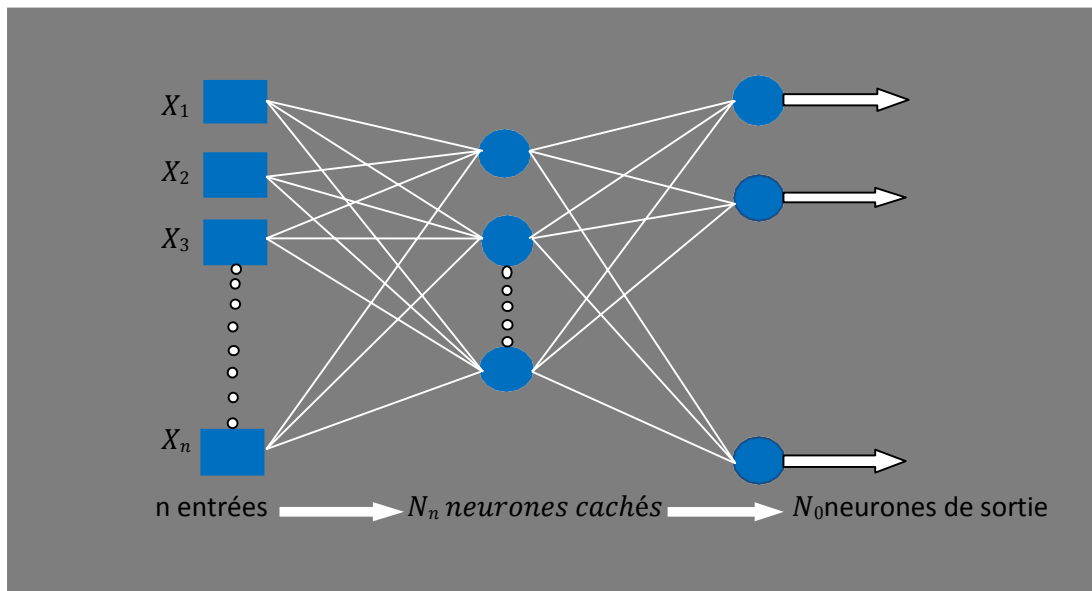


Figure III. 1: Réseaux de neurones à n entrées

Selon le type d'architecture, on peut trouver nombreux modèles de réseaux de neurones parmi lesquels en obtient:

#### III.2.4.1.1. Le perceptron multicouche

Le mécanisme perceptron existe un produit développé par le psychologue Frank Rosenblatt à la fin des années 50. Le perceptron multicouche peut modéliser des fonctions même très complexes, où le nombre de couches et le nombre d'unités à chaque couche déterminant la complexité de la fonction, et il est également important de bien choisir le nombre de couches cachées ainsi que les méthodes d'apprentissage [104]. Donc, un tel réseau servirait à l'identification et en contrôle. Les perceptrons multicouches sont des réseaux de type feedforward (voir figure III.2), schéma d'un réseau de neurones multicouches totalement connecté à trois entrées, quatre unités de la première couche cachées, trois unités de la deuxième couche et deux sorties.

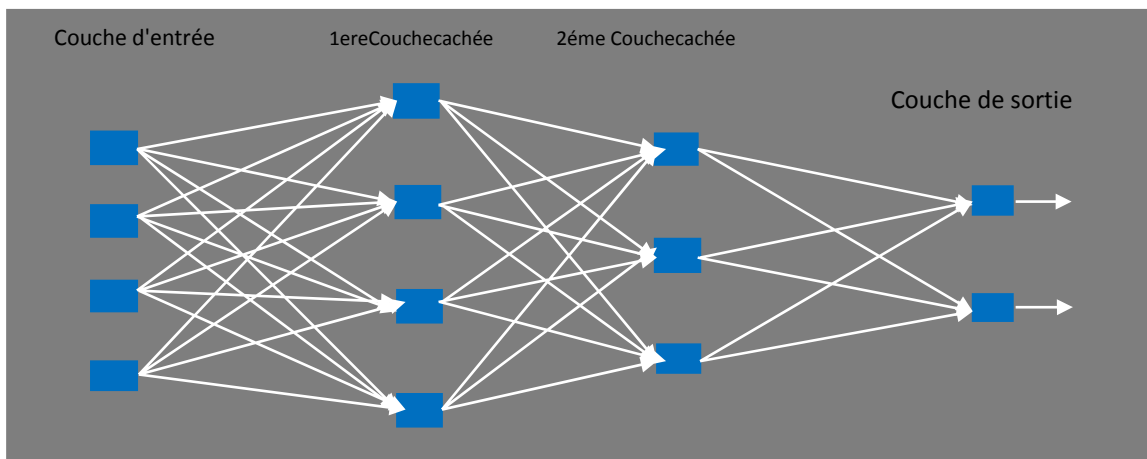


Figure III. 2: Exemple d'un réseau de type perceptron multicouches

### III.2.4.1.2. Le modèle Adaline

Le réseau de neurones Adaline (*ADaptive Linear NEuron*) appartient à la famille des perceptrons a été proposé et développé par Widrow et Hoff. Les premiers modèles de ces réseaux étaient le perceptron et l'Adaline, des réseaux à deux couches qui ont montré leur limitation dans la résolution des problèmes non-linéaires, et contient un seul neurone à fonction d'activation linéaire et une entrée vectorielle de nombreux éléments. Cette connectivité n'est établie qu'entre les neurones de couches qui se succèdent, et peut être entière ou non selon le problème envisagé. Le schéma de principe d'un Adaline est donné dans la figure III.3.

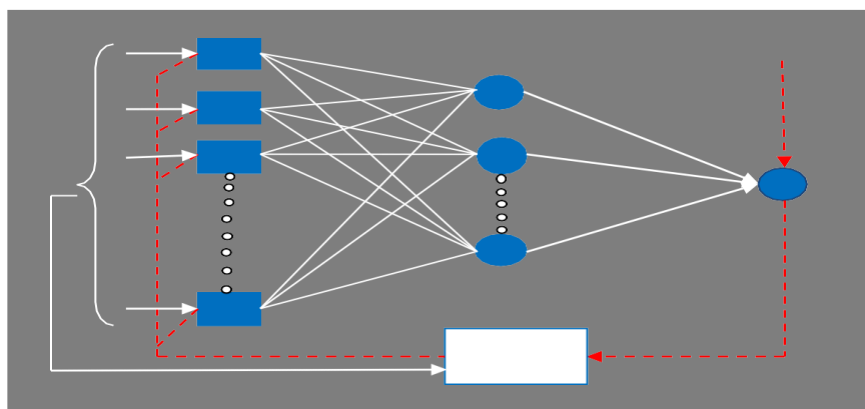


Figure III. 3: Structure du réseau Adaline

### III.2.4.1.3. Réseaux de neurones à fonctions de base radiale

Les réseaux de neurones à fonction de base radiale (*Radial Basis Functions*), constituent probablement le type de réseaux de neurones le plus utilisé. Ces réseaux appartiennent à la famille des réseaux non bouclés, sont des réseaux de neurones à une seule couche cachée sous-tendent des fonctions d'activation à base radiale, et les entrées sont connectées directement aux neurones de la couche cachée. Les signaux de ces entrées sont envoyés à chaque unité radiale de base dans la couche cachée, d'abord nous essayons de calcul la distance euclidienne entre le vecteur d'entrée et le vecteur de prototypes de chaque neurone. Cela correspond à la position de la fonction de base dans la couche des données d'entrée. Chaque neurone de la couche de sortie calculera ensuite la somme pondérée de ses entrées que vous transférerez à la fonction de transfert afin de produire ses sorties. Toutes les informations contenues dans sa base de réseau poser un point fixe dans la zone d'état vers lequel le développement du système aboutit à partir d'un point voisin [105]. Le réseau de neurones RBF est donné dans la figure III.4.

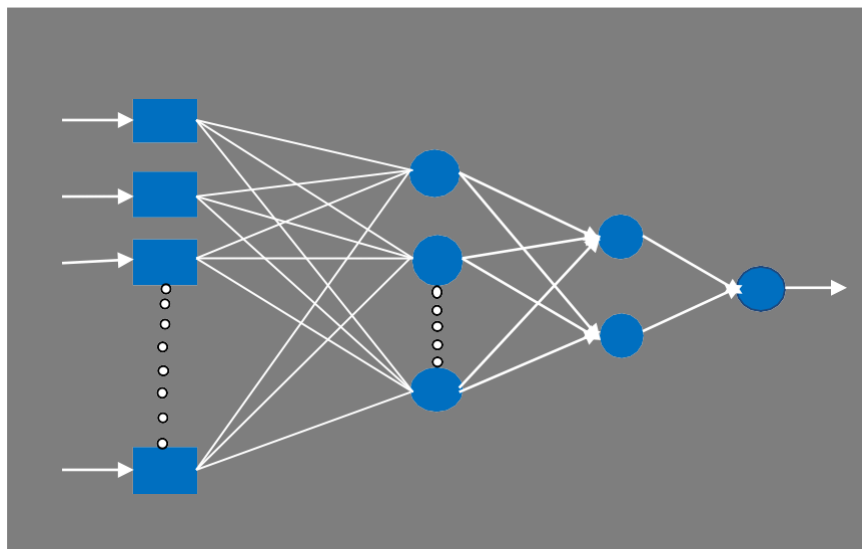


Figure III. 4: Réseaux de neurones à fonctions de base radiale

III.2.4.2. Réseaux bouclés

Appelés aussi réseaux récurrents (*recurrent networks*) possèdent une structure similaire à celle des réseaux unidirectionnels, ils sont complétés par des connexions entre éléments d'une même couche ou vers des couches en amont.

Tout réseau de neurones bouclé, aussi complexe soit-il peut être placé sous une forme canonique, consiste en un réseau de neurones non bouclé, dont certaines sorties sont dus aux entrées par des bouclages de retard unité [106]. Dans ce type d'architecture, aussi, on distingue deux familles de réseaux:

III.2.4.2.1. Réseau d'ELMEN

Le modèle général d'un réseau d'ELMEN est donné par la figure III.5

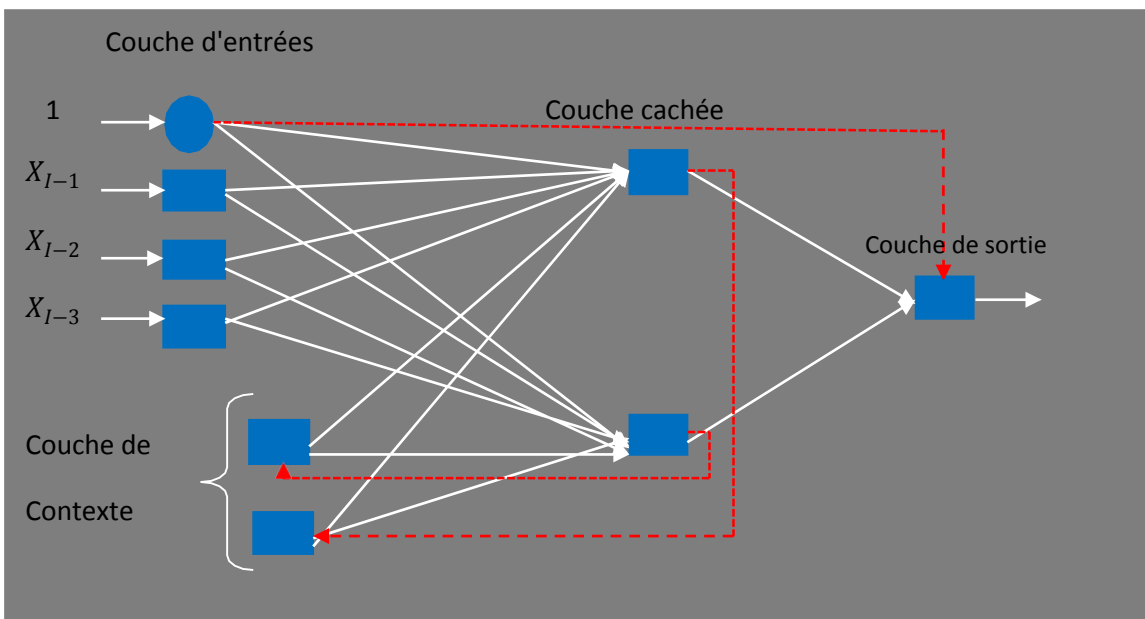


Figure III. 5: réseau d'ELMEN

III.2.4.2.2. Réseau de Jordan

Le modèle général d'un réseau de Jordan est donné par la figure III.6 :

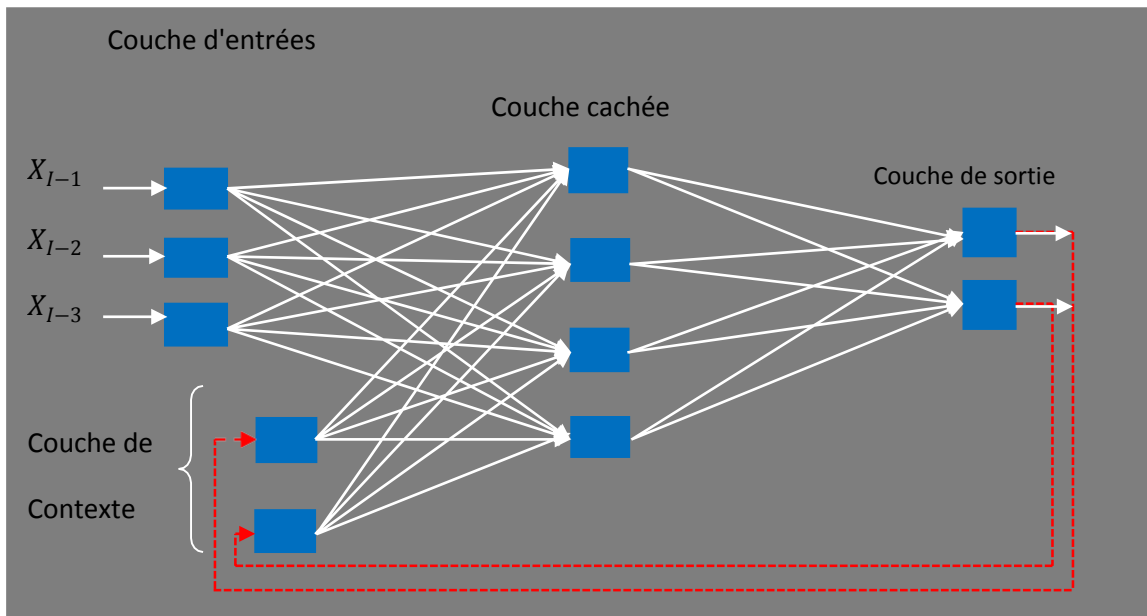


Figure III. 6: réseau de Jordan

### III.2.5. Apprentissage

L'apprentissage est une étape très importante dans le développement d'un réseau de neurones dans lequel le comportement du réseau est ajusté itérativement jusqu'à ce que le comportement désiré soit obtenu, en ajustant le poids des neurones à une source d'information bien définissent. Il sera par conséquent important de traduire l'apprentissage par un changement dans la valeur des poids qui relient les neurones d'une couche à l'autre, revient à utiliser cette technique pour améliorer les mécanismes d'apprentissage [107]. Pourtant, certains principes de règles d'apprentissage qui peuvent être incorporés notamment: les règles d'apprentissage supervisé, non supervisé et semi supervisé:

#### III.2.5.1. Apprentissage supervisé

Il s'agit l'apprentissage le plus courant utilisé et il est bien maîtrisé, doit être supervisées lorsque les informations se composent de couples de valeurs du type : (valeurs d'entrées, valeurs de sorties désirées), en comparant pour chacun d'entreeuxlasortieeffectiveeduréseautlasortiedésirée.L'apprentissage est

terminé lorsque tous les couples entrée/sortie sont identifiés par le réseau. Dans ce type d'apprentissage, le superviseur enseigne au réseau l'ensemble de ces couples, par une méthode d'apprentissage, comme la rétro-propagation du gradient de l'erreur.

### **III.2.5.2. Apprentissage non supervisé**

Cet apprentissage est également connu sous le nom professeur, il est fondé sur le principe de propager l'activation des neurones envers une donnée entrée et de rétro-propager l'erreur produite en sortie. L'algorithme du rétro-propagation de gradient est un des algorithmes supervisés les plus utilisés. Cette stratégie exige la présence des valeurs des sorties désirées pour chaque échantillon présenté en entrée.

### **III.2.5.3. L'apprentissage semi-supervisé**

Dans cet apprentissage la règle n'est pas une fonction de la tâche que doit accomplir le réseau, mais une fonction du comportement local des neurones. Pour cela, les informations fournies dans l'entrée provoquent une auto- adaptation du réseau afin de produire des valeurs de sortie proches en réponse à des valeurs d'entrée similaires, nous n'avons qu'une seule base d'entrées, et qui exige de déterminer ses sorties conformément aux fonctions détectées entre les différentes entrées.

A partir les différents poids d'un réseau donné, nombreuses méthodes d'apprentissage peut être utilisé. Dans un but est d'adapter les poids des connexions du réseau pour produire la somme des erreurs sur tous les neurones de la couche considérée, la sortie obtenue est comparée à la sortie désirée, une erreur est alors obtenue. D'après de sa faute, le gradient de l'erreur qui se produit de la couche de sortie vers la couche d'entrée, d'où le terme de rétro- propagation.

### III.2.6. Fonctions d'Activation

Lorsque, il est important de choisir le bon type de fonction d'activation des neurones dans un réseau de neurones, et peut affecter profondément la performance du réseau. Les fonctions d'activation des neurones de sortie résultants sont, le plus souvent des cas, la fonction d'identité, mais ce choix peut varier d'une tâche à l'autre. Tableau III.1 propose les différents types de fonctions d'activation de neurones pour les neurones cachés et les neurones de sortie:

Tableau III. 1: Tableau récapitulatif des différents types de fonctions d'activation les plus utilisées

	<b>Fonction</b>	<b>Formule mathématique</b>
<b>Seuil</b>	Binaire (fonction de Heaviside)	$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } X < 0 \\ 1 & \text{si } X \geq 0 \end{cases}$
	Stochastique	$F(X, T) = 1 \text{ avec la probabilité } \frac{1}{1 + e^{-\frac{X}{T}}}$
	Signe	$f(x) = \begin{cases} -1 & \text{si } X < 0 \\ 1 & \text{si } X \geq 0 \end{cases}$
<b>Sigmoïde</b>	Symétrique	$f(X, K) = \frac{2}{1 + e^{-KX}} - 1$
	Positive	$f(X, K) = \frac{1}{1 + e^{-KX}}$
<b>Linéaire</b>	Identité	$f(X, K) = K \cdot X$
	Saturé symétrique	$F(X, K) = \begin{cases} -1 & \text{si } X < -\frac{1}{K} \\ 1 & \text{si } X \geq \frac{1}{K} \\ K \cdot X & \text{si } -\frac{1}{K} \leq X < \frac{1}{K} \end{cases}$
	Saturé positif	$F(X, K) = \begin{cases} 0 & \text{si } X < 0 \\ 1 & \text{si } X \geq \frac{1}{K} \\ K \cdot X & \text{si } 0 \leq X < \frac{1}{K} \end{cases}$

**III.2.7. Avantages et inconvénients des réseaux de neurones**

L'utilisation commune des réseaux de neurones et de la logique floue résumer l'apport du neuro-flou. On peut tirer les bénéficiers des deux méthodes : les aptitudes à poursuivre l'apprentissage de la première façon et la lisibilité et la flexibilité de la seconde. Le Tableau III.2 contient une ventilation entre les la logique floue et des réseaux de neurones.

Tableau III. 2: Comparaison entre les réseaux de neurones et la logique floue.

	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>Réseaux de neurones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Le modèle mathématique n'est pas nécessaire.</li> <li>•Aucune connaissance fondée sur les règles.</li> <li>•Plusieurs algorithmes d'apprentissage sont disponibles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Le modèle mathématique nécessaire</li> <li>•La connaissance antérieure sur les règles peut être utilisée</li> <li>•Une interprétation et implémentation simple.</li> </ul>
<b>Logique floue</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Boite noire</li> <li>•L'adaptation à des environnements divers est difficile et le réapprentissage est obligatoire</li> <li>•La connaissance antérieure ne peut pas être employée (apprentissage à partir de zéro).</li> <li>•Pas de garantie sur la convergence de l'apprentissage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Les règles doivent être disponibles</li> <li>•Impossible d'apprendre</li> <li>•Adaptation aux changements environnementaux est délicate.</li> <li>•Aucunes méthodes formelles pour l'ajustement.</li> </ul>

### **III.3. La logique floue**

#### **III.3.1. Introduction à la logique floue**

Ce présent chapitre consiste essentiellement en une utilisation de la logique floue. De nos jours, la prospérité d'une logique floue est devenue un axe de recherche ciblée sur lequel se concentrent de nombreux scientifiques.

Les modèles de logique floue vagues sont plus conformes à la différente situation ou les données insuffisantes et inexactes acceptent de façon explicite l'incertitude entourant la certitude, et plus appropriés pour intégrer différentes opinions d'expert, lorsque, elle peut intégrer facilement l'information décrite dans un langage linguistique et accepte de façon explicite l'incertitude entourant la certitude. En particulier, ils fournissent un cadre dans lequel les données d'expérience et l'apport des experts peuvent évaluer conjointement l'incertitude et identifier les problèmes importants, en étudiant la représentation et l'inférence de connaissances inexactes.

#### **III.3.2. Historique de la logique floue**

La logique floue a été mise au point par le professeur L. A. Zadeh de l'Université de Berkeley (Californie) en 1965. La logique floue a été effectivement appliquée en 1973, aux problèmes de réglage des systèmes. Selon ce principe, il existe plusieurs valeurs de vérité pour cela, la première application expérimentale d'un contrôleur flou a été effectuée par Mamdani en 1974 et Assilian, 1975, avec des applications en matière de protection et de la maîtrise, par des règles linguistiques comparables d'avoir établi des relations entre leurs variables d'entrée et de sortie. En 1978 notamment, la théorie des possibilités est introduite afin de traiter des concepts d'imprécision mais aussi d'incertitude.

Cette approche élaborée et appliquée un grand développement surtout au Japon depuis les années 1980, en particulier avec les idées brillantes de Takagi-Sugeno

et la suggestion d'un modèle flou en 1985. Les ensembles flous ont été développés depuis 40 ans mais elles n'ont produit que des applications industrielles importantes depuis environ 20 ans en raison de ces développements, et a fait le lien entre les ensembles flous et la modélisation improbable de l'incertitude par la théorie des possibilités, avec l'utilisation des fonctions d'appartenances des ensembles flous servent à représenter les idées [108]. Maintenant, sur le plan pratique des systèmes flous sont trop nombreux et ils sont largement utilisés dans la modélisation [109, 110,111].

Ceci est l'histoire condensée des travaux menés sur l'application de la logique floue:(A. Nieto-Morote, F et al, 2011) [112], propose une méthodologie intègre les connaissances et l'expérience acquise auprès de nombreux experts, puisqu'ils effectuent l'identification des risques et leur structuration, ainsi que les jugements subjectifs de chacun de ces instruments concernant les critères qui sont également pris en compte pour apprécier le facteur de risque global. Tous ces facteurs sont exprimés par des échelles qualitatives qui sont définies par des nombres flous trapézoïdaux pour saisir l'imprécision des variables linguistiques, avec l'utilisation d'un algorithme pour traiter les incohérences dans la relation de préférence floue.

(Pejman Rezakhani, 2012) [89], a proposé un modèle flou à plusieurs critères de la prise de décision qui est basé sur deux avantages d'une auto optimisation et aucune limitation pour les experts. En appliquant la logique floue pour évaluer les facteurs d'incertitude dans le groupe de décision tels que l'influence des experts ,des poids ,leur préférence et le jugement de sélection des critères des risques seront évalués .après identifiés les facteurs de risque en comparant la distance relative des facteurs de risque à l'autre.

(Babak A et al, 2012 ; Preeda Sansakorn et al, 2015) [113, 90] ont présenté un modèle d'évaluation des risques en utilisant la technique de raisonnement flou, visant à de manière significative pour évaluer le risque des données et informations concernant le projet de construction, et surtout aider les gestionnaires de projet de surveiller les risques .le modèle proposée se compose de trois étapes: collecte des informations, identification des risques, évaluation des risques.

(A. Sotoodeh Gohar et al, 2012; Hesham Abd El Khalek et al, 2016) [114, 115] étudié le processus hiérarchie d'analyse de floue (FAHP) (fuzzy analytical hierarchy process), pour l'évaluation des risques de projet de construction à travers, classement les facteurs des risques en deux groupe principaux comme facteurs internes et des facteurs externes, chaque groupe principal se compose des plusieurs facteurs.

(Emad Roghanian, 2015) [116], présente une modèle couvre trois parties du processus de gestion des risques par la détermination des risques et analyses quantitative des risques puis, la planification de la réponse aux risques. Enfin, ce modèle a été exécuté avec un exemple numérique, et le volume du risque du projet a été calculé pour une entreprise présumée, afin de vérifier la méthode proposée.

(A. Arokia Prakash, 2017) [117], traite les informations inexacts que les projets de construction tout en prenant des décisions, par la théorie des ensembles flous. Un questionnaire a été préparé avec 52 facteurs de risque qui sont attendus dans les projets de construction et remplis par les entrepreneurs. (Hesham Abd El Khaleka et al, 2017; Katti Rhushikesh Siddhappa et al, 2016) [118, 119], fournissent un outil rapide et efficace pour le responsable de projet permettant d'évaluer le projet par une méthode floue dans de nombreux types différents d'industries.

(C. Sadhana, S et al, 2017 ; Alireza VALIPOUR et al, 2015 ; Tarek Zayed et al, 2013) [120, 121, 122], présentent une évaluation préalable des risques en utilisant les compétences analytiques, aussi connues sous le nom de théorie hiérarchique floue modifiée (MFAHP), afin de surmonter les risques. Les critères de risque sont recensés au moyen d'une étude de divers projets recueillis auprès du gestionnaire de projets. L'importance de cet outil est précisée en fonction des principaux facteurs de risque identifiés.

(Ankur Gupta et al, 2018) [123] lance des études sur l'examinations l'impact de la gestion des risques à la réussite du projet de construction, en raison des caractéristiques uniques des activités de construction, vise à trouver de nouvelles sources de risque et permet d'éviter l'incertitude et élaborer une réponse acceptable de la direction du risque.

(A. Ardeshir, M et al, 2019) [124], proposent une combinaison de la logique floue (FMEA) et du mode de défaillance (FTA), et Analytical Hierarchy Process (AHP-DEA) ont été appliquée pour améliorer le processus de gestion des risques de sureté. Grace à deux types de projets de construction à grande échelle ont également considérés comme des études de cas. On a pensé que le risque de chute d'une hauteur concernée les deux types de projets. De plus, les facteurs aggravant le risque de blessures chez les travailleurs qui tombent ont été jugés négliger la sécurité et le manque d'équipement de protection individuelle ainsi que e manque de formation appropriée pour les travailleurs de la construction.

### **III.3.3. Principe de la logique floue**

La logique floue est un type des mathématiques et par conséquent, une série complète de concepts-clés est développée. Ces notions permettent une justification de quelques grands principes fondamentaux. A partir cela, une règle floue est des suggestions floues implicites ou explicites recours floue [125]. Dans ce contexte, Le principe du réglage par la logique floue est similaire

à la démarche humaine dans le sens de faire face aux les variables choisies doivent cependant être examinés ne sont pas des variables logiques, mais des variables linguistiques proches du langage humain [126, 127, 128]. Sur la base de ce principe, divers développements ont vu le jour et, ces variables linguistiques sont traitées à l'aide de règles qui indiquent une certaine connaissance du comportement du système à organiser. Il existe actuellement deux types d'approches pour le réglage par logique floue. L'une de ces méthodes, les règles des procédures remplies de variables à l'aide d'une approche numérique au moyen d'un microprocesseur spécialisé ou non ou d'un ordinateur. D'autres approches ont essentiellement trait à l'utilisation du variable de façon analogique, le principe d'un régulateur flou comme indiqué dans le FigureIII.7.

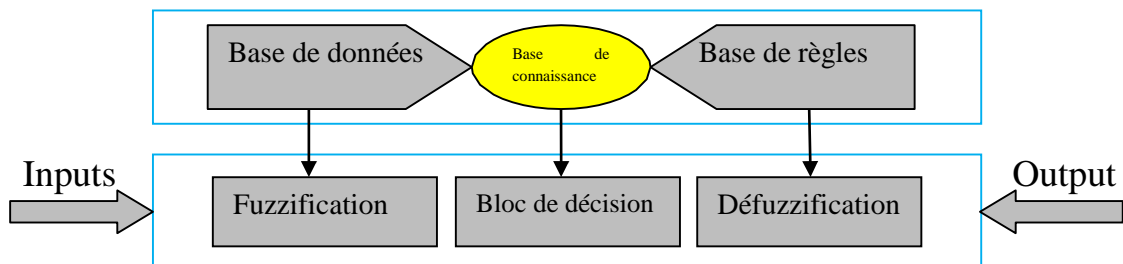


Figure III. 7: Schéma de principe d'un régulateur flou

Le concept de la logique floue permet d'étendre la notion de la logique classique, lié aux variables booléennes ne prenant que deux valeurs 0 et 1. Il est alors de se rapporter à des variables des coefficients d'appartenance décrites par des sous-ensembles flous qui prennent les valeurs dans l'intervalle  $[0, 1]$  et quantifient l'incertitude sur la variable, partant de ces variables de base, on peut dire que la logique floue est une logique basée sur des variables qui peuvent des valeurs "vrai" ou "faux" des valeurs intermédiaires avec une certaine probabilité, en engageant et en format intervenir les principes de la logique floue. [129, 130] En utilisant une série de notions clés développées qui ont permis de justifier et de présenter certains arrangements fondamentaux.

Donc, les éléments indispensables à la mise en œuvre du réglage par la logique floue sont:

- Les règles d'inférence
- Les opérateurs flous
- Les variables floues.

Les étapes visant à résoudre un problème par la logique floue mise en lumière dans la figure III.8.

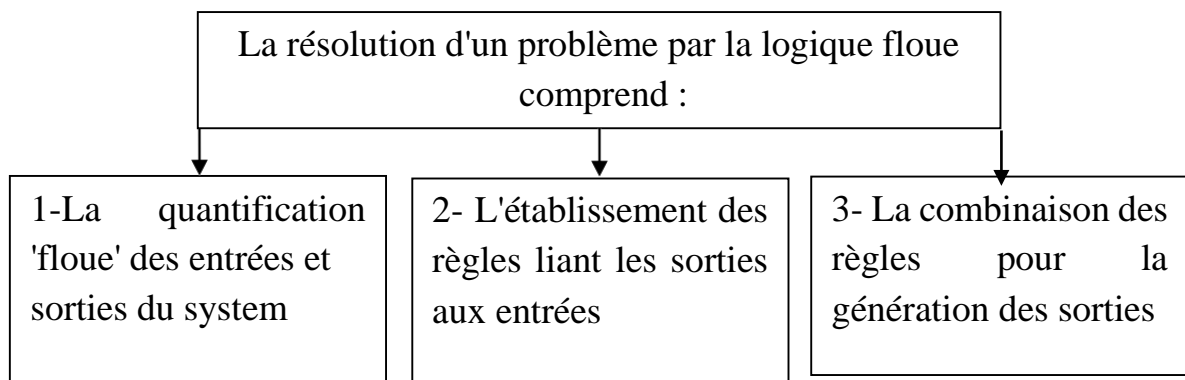


Figure III. 8: les étapes de la résolution d'un problème par la logique floue

### **III.3.3.1. Fuzzification**

L'étape de fuzzification consiste à déterminer les caractéristiques des variables linguistiques utilisées dans le système. Pour chacune de ces variables, vous devez d'abord connaître l'intervalle de leur définition, le nombre d'ensembles flous et les formes des fonctions d'appartenance correspondantes [128, 116, 131]. Cela présente donc une transformation des entrées réelles en une partie floue définie sur une partie de représentation liée à l'entrée. Cette zone de représentation est décrite généralement par un sous-ensemble flou. Pendant la phase de la fuzzification, chaque variable d'entrée et de sortie associées à des sous-ensembles flous [132].

### **III.3.3.2. Étape d'inférence**

L'étape d'inférence est un mécanisme permettant de diffuser plus systématiquement et régulièrement l'information au moyen d'un ensemble de règles définies pour

représenter tout problème. Chaque règle produit une conclusion partielle qui est ensuite regroupée aux autres règles pour fournir une agrégation.

Après avoir modifié les règles, il maintient à calculer les degrés d'appartenance des variables d'entrée et de sortie aux ensembles flous associés, avait été effectué selon ce critère, on aurait pu évaluer plus facilement l'importance et l'incidence de la règle, et chaque règle se compose d'emplacements sont reliés par les opérateurs ET, OU et favorable à une participation par l'opérateur ALORS. L'agrégation de ces règles est un traitement doivent faire à une valeur unique de la variable de sortie après défuzzification.

### **III.3.3.3. Défuzzification**

Cette étape consiste à convertir la variable linguistique issue du système d'inférence flou en valeur numérique. A partir, l'étape de la fuzzification, chaque variable de sortie et d'entrée est liée à des sous-ensembles flous. Les méthodes les plus couramment utilisées sont:

- La méthode des surfaces
- La méthode des hauteurs
- La méthode du centre de gravité
- La méthode des maximums

### **III.3.3.4. La théorie des sous-ensembles flous**

La théorie des sous-ensembles flous répond au besoin de représenter des connaissances inexacts dues soit à un manque de précision de l'observateur qui s'exprime en langage naturel, soit à des erreurs de mesures de l'instrument d'observation [133]. Ce concept de sous-ensemble flou est un prolongement des sous-groupes d'un ensemble. Des règles floues mal équilibrées ont permis de déduire des renseignements sur l'état du système en fonction des qualifications linguistiques fournies par l'étape de fuzzification.

Ces connaissances sont également des qualifications linguistiques [134].

**III.3.3.5. Différentes formes pour les fonctions d'appartenance**

Il existe diverses formes de fonctions d'appartenance, le Tableau III.3 présente les formes les plus courantes.

Tableau III. 3: Différentes formes pour les fonctions d'appartenance

Fonctions d'appartenance	La forme
<p>La fonction triangulaire : Elle est définie par trois paramètres {a, b, c}, qui déterminent les coordonnées des trois sommets.</p> $f_{(x)} = \max \left\{ \min \left( \frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{c-x}{c-b} \right), 0 \right\}$	
<p>La fonction trapézoïdale : Elle est définie par quatre paramètres {a, b, c, d}</p> $f_{(x)} = \max \left\{ \min \left( \frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-b} \right), 0 \right\}$	
<p>La fonction gaussienne : Elle est définie par deux paramètres {σ, N}</p> $f_{(x)} = \exp \left( - \frac{(x-N)^2}{2\sigma^2} \right)$	
<p>La fonction sigmoïde : Elle est définie par deux paramètres {A, B}</p> $f_{(x)} = \frac{1}{1 + \exp(-A(x-B))}$	

### **III.3.3.6. Différentes types d'inférences floues**

#### **III.3.3.6.1. *Système d'inférence floue de type Mamdani***

Le système NF hybride de Mamdani utilise la technique d'apprentissage supervisé pour faire un apprentissage des paramètres des fonctions d'appartenances. L'architecture du système NF hybride de Mamdani est composée cinq couches :

- La première couche : Chaque nœud dans cette couche qui correspond à une variable d'entrée transmet des valeurs d'entrée à la prochaine couche.
- La deuxième couche (Fuzzyfication) : chaque nœud dans cette couche correspond à un terme linguistique approprié à une des variables d'entrée dans la couche 1. Un algorithme de regroupement décidera du nombre initial et du type de fonctions d'appartenance qui doit être alloué à chacune des variables d'entrée.
- La troisième couche (Permise des règles) : un nœud dans cette couche représente la partie antérieure d'une règle. Habituellement un opérateur t- norme est utilisé dans ce nœud.
- Quatrième couche (partie conclusion des règles) : elle a deux tâches fondamentales à savoir : combiner les nouveaux antécédents des règles, le nombre de nœuds dans cette couche sera égal au nombre de règles.
- Cinquième couche (Défuzzification) : elle fait la combinaison de toutes les conclusions des règles qui utilisaient un opérateur et finalement calculent la sortie après défuzzification.

#### **III.3.3.6.2. *Système d'inférence flou de type Takagi-Sugeno***

Les contrôleurs flous de type sugeno pour lesquels l'expression générique des règles devient une structure à 5 couches qui affine les règles floues par des experts humains entre les différents sous-groupes flous pour décrire le comportement d'entrée-sortie d'un système complexe.

Les systèmes NF de type Takagi-Sugeno font usage d'un mélange d'algorithme de rétro propagation pour fixer les coefficients des combinaisons linéaires concernant les conclusions des règles et de créer un apprentissage des fonctions d'appartenance.

#### **III.3.4. Conclusion**

Dans cette partie, nous trouvons que l'attention de la logique floue, à savoir, la fuzzification, l'inférence puis la défuzzification. Cette stratégie prend en considération à la fois des connaissances d'un expert humain et de l'incertitude et de l'imprécision des données traitées par le contrôleur. Dans de telles conditions, le modèle de logique floue donne une place plus importante permettra d'attirer davantage pour son analyse utile d'enjeux marquée par une insuffisante de connaissances. Comme ces paramètres s'influencent mutuellement, il est peu probable qu'une méthode de synthèse traitant indépendamment chaque sous système du contrôleur flou puisse fournir un résultat «optimal». À n'importe quel moment, l'expert pourrait prendre à sa charge des changements que ce soit dans les règles d'inférence ou les méthodes choisies.

### III.4. Les réseaux neuro-flou

#### III.4.1. Introduction

Les réseaux de neurones et la logique floue présentent des avantages et des inconvénients distincts. Pour surmonter les inconvénients de l'un et de l'autre, on a opté pour se combiner les deux systèmes, pour donner des systèmes neuro-flous, ce qui a rendu la performance de ces systèmes. Cette méthode répond à ce besoin, à l'aide leur algorithme d'apprentissage et leur précision dans l'ajustement numérique, bien que ce système soit plus complexe et difficile à mettre en œuvre que les deux systèmes précédents, en organisant les règles d'inférence ou les fonctions d'appartenance pour mieux convenir à l'expérience cependant, et sont utilisées les données de formation pour le système de logique floue et le réseaux de neurone pour compléter et améliorer les règlements et socialiser les fonctions d'appartenance.

#### III.4.2. Définition

Les systèmes neuro-flous sont des systèmes flous formés par un algorithme d'apprentissage inspiré de la théorie des réseaux de neurones [135].

La figure III.9 montre comment est exposé le principe du système neuro-flou.

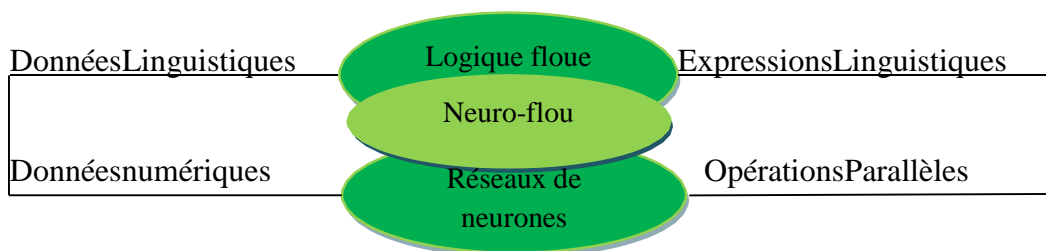


Figure III. 9: Principe du système neuro-flou

### III.4.3. Quelques types de combinaison Neuro-Floues

Il existe de nombreux types qui combinent les réseaux de neurone et les systèmes flous, en fonction leur architecture et la formation recherche entre le système d'inférence flou et les réseaux de neurones. Peuvent être classifiées en fonctionnelle et structurelle [136]. Dans ce type d'architecture, aussi, on distingue trois familles de réseaux:

#### III.4.3.1. Systèmes neuro-flou coopératifs et concourants

Un système Neuro-flou coopératif qui est habituellement basé par un algorithme clustering flou, et peut-être qualifié de désuet au mécanisme d'apprentissage de réseaux de neurones artificiels détermine les fonctions d'appartenance de Système d'inférence flou à partir données d'apprentissage. Les fonctions d'appartenance sont généralement arrondies à partir RNA par les données d'apprentissage. Dans un système neuro-flou concourant, RNA aide le système flou continûment pour déterminer les paramètres exigés particulièrement si les paramètres d'entrée du contrôleur ne peuvent pas être mesurés directement [137, 138]. Dans certains cas les sorties de système d'inférence floue ne peuvent pas s'appliquer directement au processus [139]. Les figures III.10 et III.11 représentent les modèles neuro-flou coopératifs et concourants.

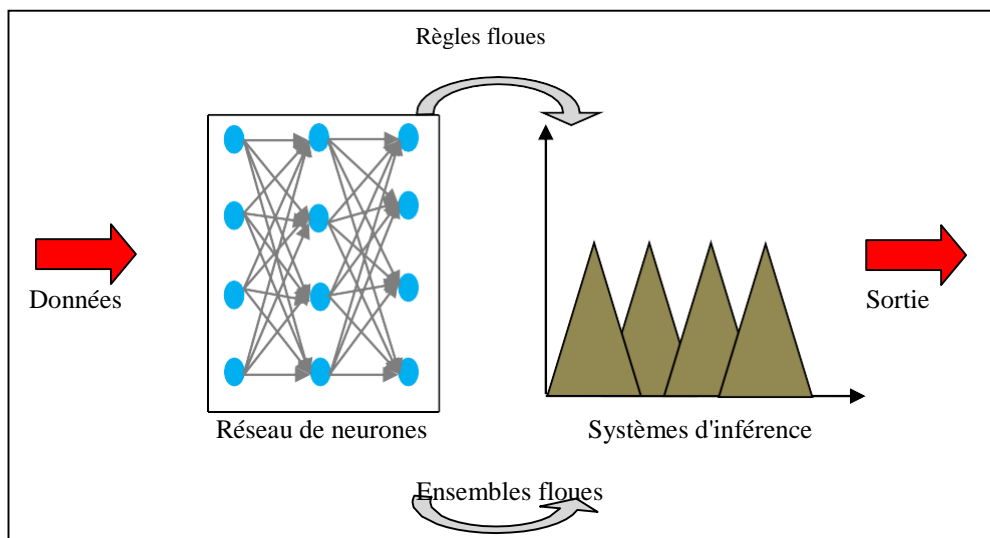


Figure III. 10: Système Neuro-flou coopératif

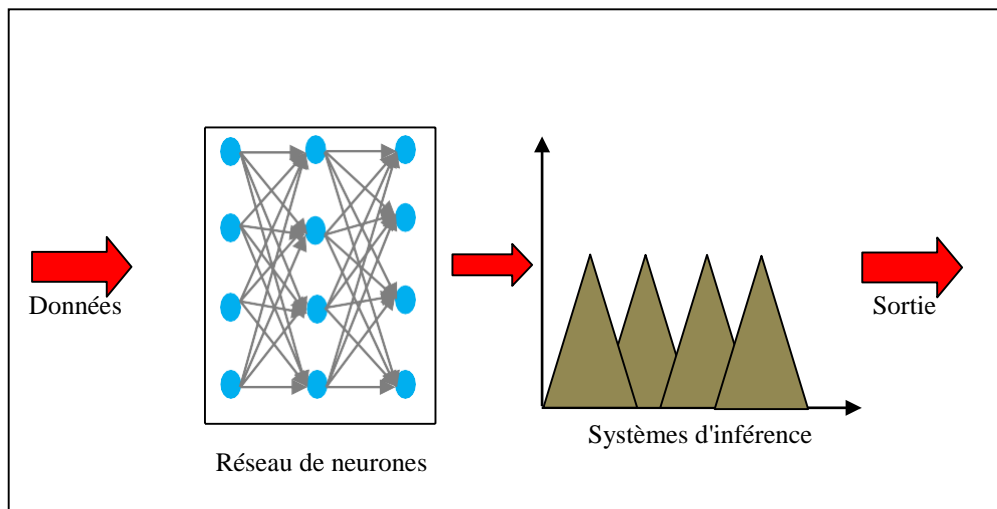


Figure III. 11: Système Neuro-flou concurrent

#### III.4.3.2. Les systèmes neuro- flou fondus

Les systèmes Neuro-Flou fondue fusionnées partagent les structures de données et la représentation de connaissance, et ses réseaux sont utilisés pour déterminer les paramètres d'un système d'inférence floue. Une façon courant d'appliquer un algorithme d'apprentissage à un système flou est à représenter-la dans une structure particulière.

#### III.4.3.3. Les réseaux adaptatifs

Dans le cas le plus général, un réseau adaptatif est hétérogène et chaque nœud peut avoir une fonction différente des autres nœuds, comme son nom implique. Donc est une structure de réseau dont le comportement global d'entrée-sortie encore été identifié par les valeurs de la collection de paramètres ajustables. Plus spécifiquement, la configuration d'un réseau adaptatif consiste en un ensemble de nœuds liés par des liens orientés, où chaque nœud est un processus unique qui exécute une fonction statique fixée sur ses signaux d'entrées pour créer un signal unique à la sortie de nœud et chaque nœud détermine la direction de d'un nœud à l'autre [140].

### III.4.4. Principaux Neuro-Flou

Les fonctions utilisées dans l'apprentissage de système d'inférence sont habituellement non différentiables. Ce problème peut être résolu en utilisant des fonctions différentiables dans le système d'inférence ou près ne pas utiliser l'algorithme d'apprentissage de RNA [141, 142], Correspond à l'utilisation de réseaux de neurones et de systèmes flous organisés en séquence ou en parallèle. Il existe beaucoup possibilités d'interdépendance [143]. Certains types de systèmes Neuro-Flou principaux sont illustrés dans la figure III.12 suivant:

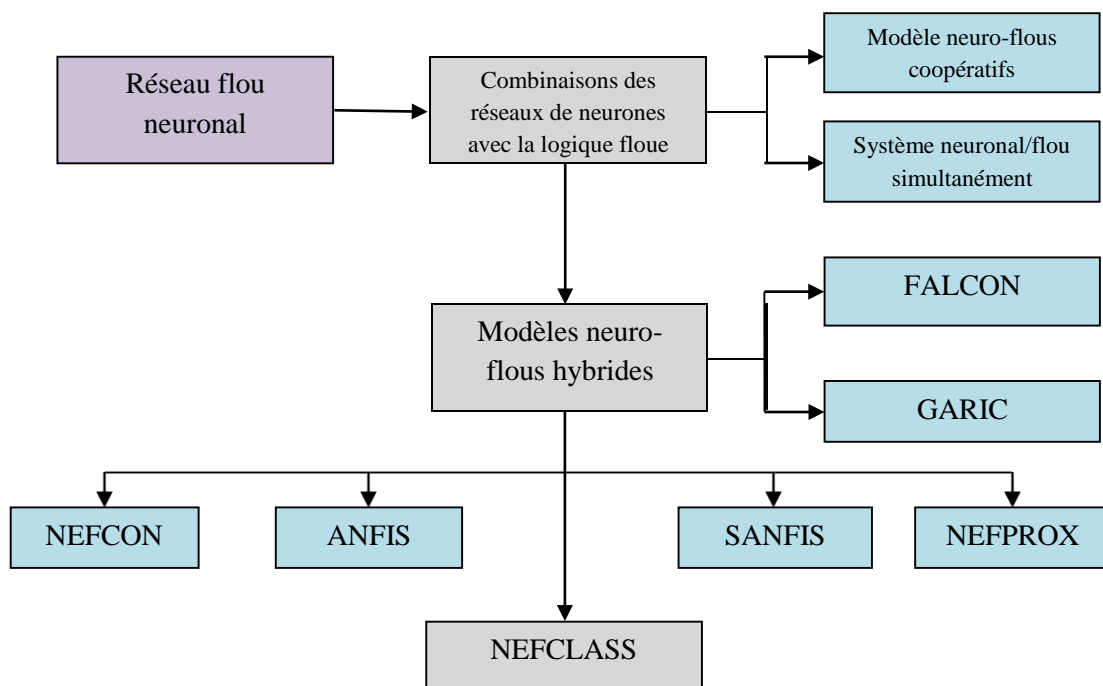


Figure III. 12: Le système Neuro-flou

#### III.4.4.1. FALCON ET GARIC (Fuzzy Adaptive Learning Control Network)

FALCON à une architecture cinq couches, utilisant la fuzzufication en entrée et la défuzzification en sortie. Cela correspond à l'interprétation correcte de la méthode de Mamdani [144], Il y a deux neurones pour chaque variable de sortie. Une pour les sorties désirées et l'autre est pour la sortie de FALCON. Dans ce modèle, la première couche cachée sert à fluidifier les variables d'entrées.

Et la deuxième couche cachée définit les parties techniques des règles floues suivie par les parties conséquences des règles dans la troisième couche cachée.

**GARIC:** Ce modèle est rarement utilisé dans la pratique mais il donne de meilleurs résultats sur le plan de la commande, utilise un algorithme d'apprentissage hybride qui comprend l'apprentissage sans surveillance pour localiser les fonctions d'appartenance et base des règles initiales et l'apprentissage supervisé pour optimiser l'ajustement des paramètres du MF pour générer les sorties désirées, comme définies dans la figure III.13.

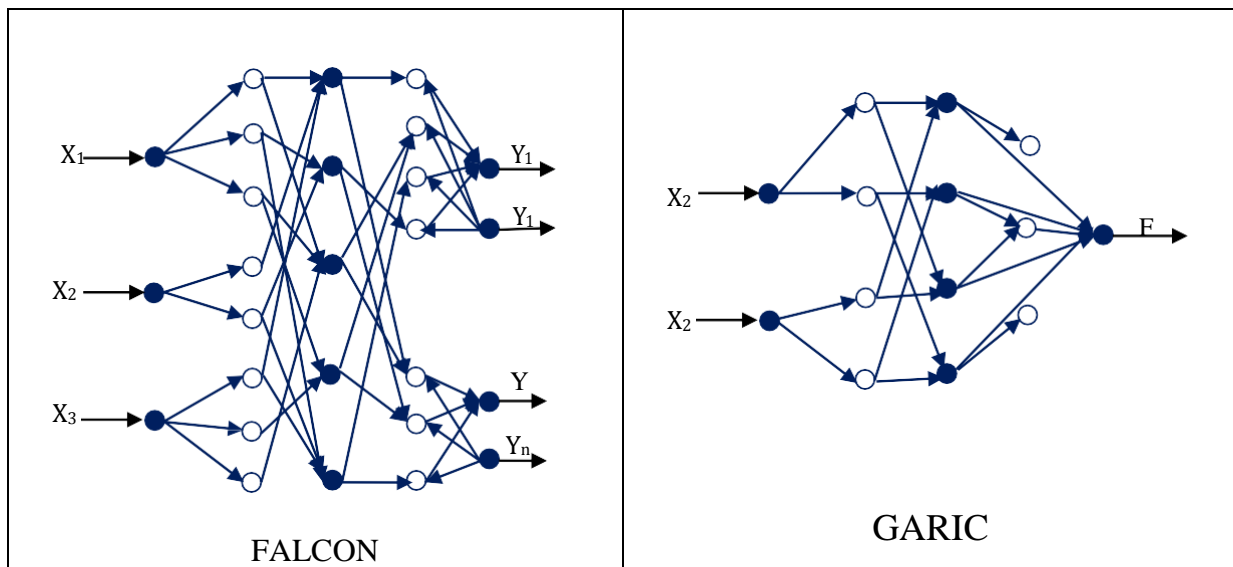


Figure III. 13: Modèles FALCON et GARIC

#### III.4.4.2. NEFCLASS (Neuro Fuzzy Classification)

Ce modèle est facile à mettre en œuvre, il évite l'étape de défuzzification, avec précision dans le résultat final, avec une vitesse plus rapide supérieure que les autres modèles. Il est généralement utilisé pour la classification, et se compose de 3 couches: une couche d'entrée à fonctions d'appartenance, et la deuxième couche est une couche cachée répondant à des besoins par l'ensemble des règles

et une couche de sortie qui spécifie en un minimum de principes. L'architecture de ce modèle est indiquée à la figure III.14.

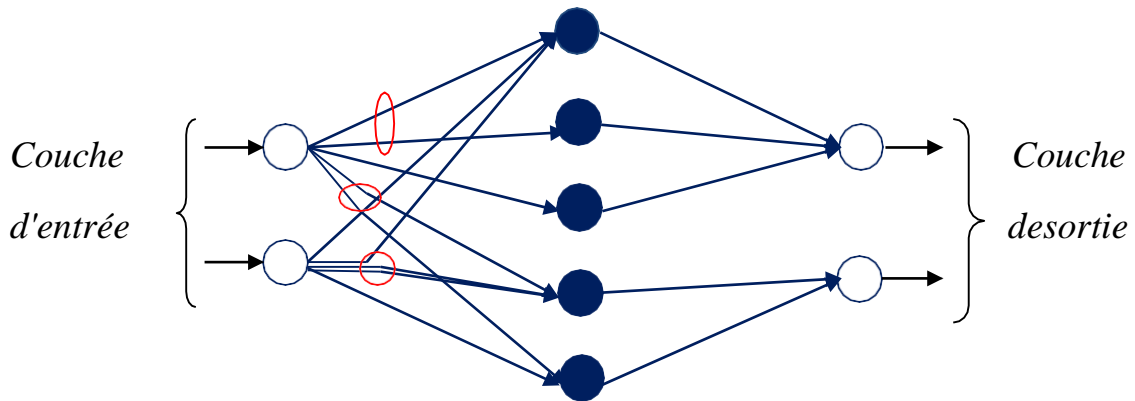


Figure III. 14: Modèle NEFCLASS

### III.4.4.3. NEFCON (NEuro-FuzzyCONtrol)

NEFCON: Ce modèle est utilisé dans les cas où les problèmes de contrôle et de régulation ne peuvent pas être résolus par un contrôleur supervisé, pilotes au contrôle et la régulation, et comprend deux couches dont les poids sont les ensembles flous et les règles floues. NEFCON utilise autant de connaissance préalable que possible en utilisant des règles connues à l'avance, et par l'utilisation d'une mesure d'erreur basée sur la connaissance [145]. Plusieurs architectures, mettant en œuvre cette approche hybride, ont été décrites dans (les figure 15, 16, 17), nous présentons exemple du modèle NEFCON (Neuro Fuzzy CONtroller), NEFPROX (Neuro Fuzzy function Approximator) et SANFIS.

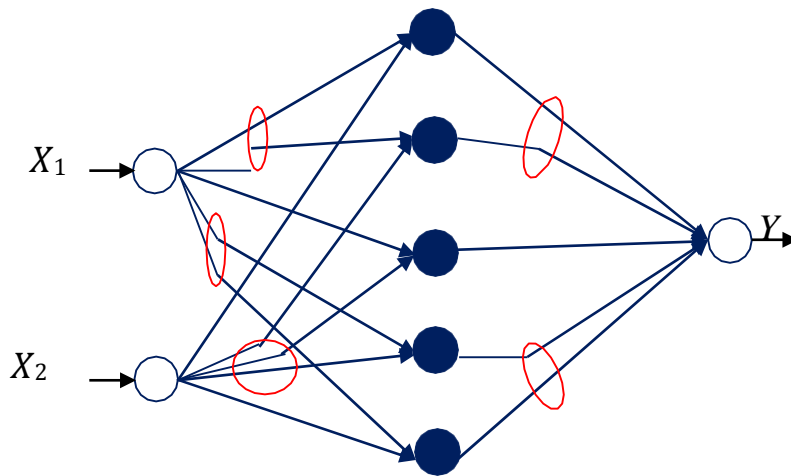


Figure III. 15: Modèle NEFCON avec deux entrées, 5 règles et une sortie

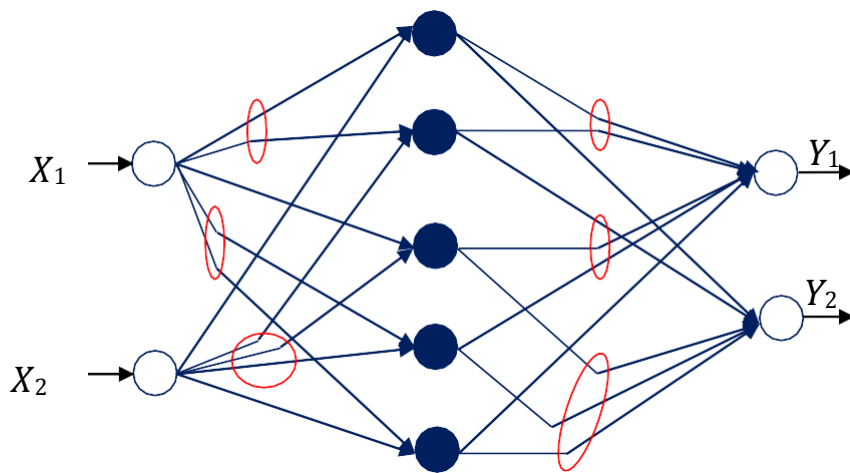


Figure III. 16: Modèle NEFPROX avec deux entrées, 5 règles et deux sorties

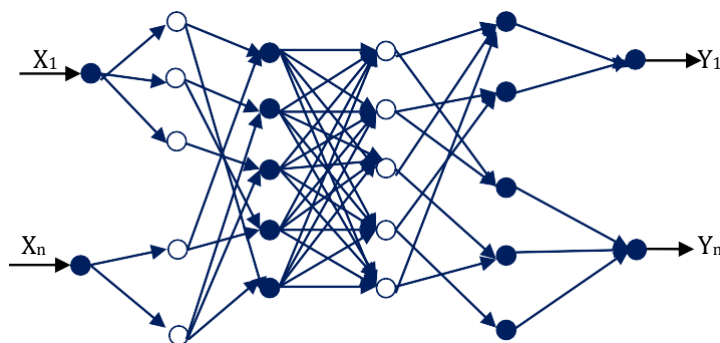


Figure III. 17: Exemple de type de SANFIS

III.4.4.4. ANFIS (Adaptive-Neuro-based Fuzzy Inference System)

ANFIS (Adaptive-Neuro-based Fuzzy Inference System) a été proposé par Jang [146], ce modèle est un système flou mis en application dans le cadre des réseaux adaptatifs, basé sur l'algorithme d'apprentissage hybride basé sur la rétro-propagation. Il donne de très bons résultats pour de fonctions non linéaires approximatives. Le schéma du principe de ce modèle est précisé dans la figure III.18.

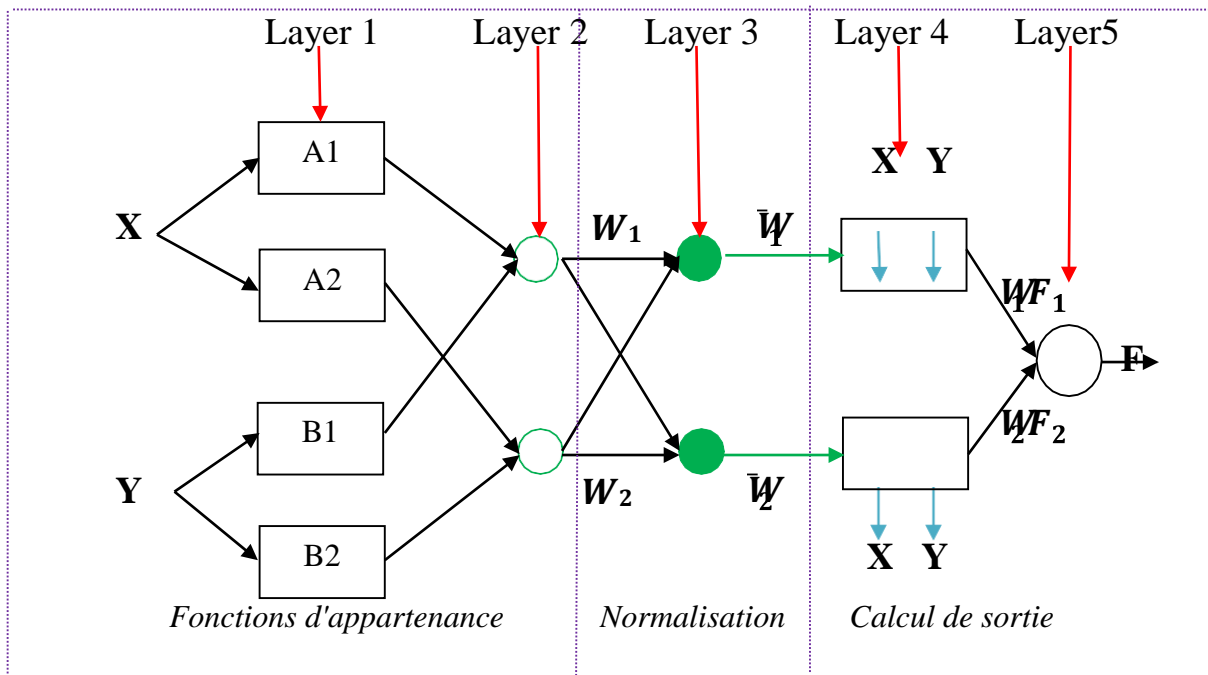


Figure III. 18: Exemple de structure de modèle neuro flou adaptatif ANFIS

### **III.4.5. Conclusion**

Le présent chapitre donne une revue des techniques d'intelligence artificielle largement utilisée dans le risque de projet, et ils sont: les réseaux de neurones artificiels, la logique floue et le neuro-flou.

Premièrement, les caractéristiques de base des réseaux de neurones sont présentées et les différents algorithmes d'apprentissage sont classés. Les données utilisées figures parmi ceux qui appellent les améliorations les plus importantes par l'apprentissage qui repose sur la minimisation l'erreur entre les sorties du réseau et celles désirées.

En second lieu, nous avons donné un concept et une introduction de logique floue, avec une caractéristique principale de ces réseaux est intrinsèque de la logique floue. Il était donc tentant de lier ces deux approches dans un même système dit Hybride. Il fallait mettre en place ce système pour répondre aux besoins exigés par notre projet. Nous avons introduit le concept et différents types des réseaux neuro-flous. D'après l'étude que nous avons présenté le modèle neuro-flous est très performant selon ses caractéristiques et largement utilisé dans les réalisations pratiques.

**CHAPITRE IV**  
**MISE EN OEUVRE PRATIQUE DE LA DEMARCHE**  
**EXPREMENTALE: DISCUSSION DES RÉSULTAT**

## CHAPITRE IV : MISE EN OUEVRE PRETIQUE DE LA DEMERCHE EXPREMENTAL : DISCUSION DES RESULTAT

### IV.1. Introduction

Cette partie est consacrée aux résultats et discussion. Ils seront traités de manière détailler la présentation des résultats de notre étude qu'elle a déployés pour développer un modèle de prédiction basé sur l'intelligence artificielle. Nous avons choisi la méthodologie pour construire un système d'intelligence artificiel, puis il a été amélioré mathématiquement pour d'obtenir un meilleur résultat dans le diagnostic du modèle étudié, et augmente les performances et fournit une bonne stabilisation en cas de gestion du risque.

La variété et la diversité des facteurs et la difficulté dans leurs choix, rendent de l'application de la technique proposée pour leur traitement un peu difficile, surtout on a un certain nombre assez important de variables d'entrée et mettaient ainsi un nombre important de fonctions d'appartenance associées à ces variables. C'est pour cette raison, dans notre cas l'application de la méthodologie commence par de bien choisir les paramètres des modèles que nous voulons améliorer à apporter, compte tenu la base de l'analyse SWOT concernant les facteurs du risque lies à l'environnement du projet de construction. Puis, on a donné une analyse statistique pour identifier les facteurs du risque. Par conséquent, les données de cet échantillon sont utilisées pour exécuter les ensembles de données de nos modèles qui permettent la prédiction du risque.

En premier lieu, on applique la modèle neuronale qui nécessite l'apprentissage du modèle avant l'application. On étudiera ensuite, la logique floue à la gestion du risque.

La combinaison de ces deux modèles permet de développer un modèle hybride sous l'appellation 'ANFIS'. Nous avons utilisé la même donnée que celle trouvée à travers l'analyse SWOT pour les trois méthodes.

Les résultats montrent que l'algorithme d'apprentissage de notre modèle ANFIS fonctionne bien dans le processus de gestion du risque et il convenait de mieux l'intégrer au taux de convergence, avec une réduction satisfaisante par rapport les deux modèles réseaux de neurone récurrent et la logique floue.

Enfin, nous avons conclu que le modèle ANFIS maintient son excellente précision de prédiction par rapport au cas réel, ce qu'a démontré notre étude après plusieurs essais c'est-à-dire le modèle ANFIS à une influence et un degré élevé de capacité de généralisation en cas de risque.

#### **IV.2. Analyse stratégique du projet**

Les données sur les projets de construction réalisés sont collectées sur les diverses entreprises qui se rapportent aux projets de construction et sur les questionnaires de projet. Le jeu de données est collecté à base du projet réel en Algérie, dans la période allant entre 2006-2016. Concernant la condition d'une bonne estimation des facteurs et conduire à des résultats cohérents, on a proposé une analyse SWOT de la préparation de ces données. Cette méthode d'analyse est concerné les principaux facteurs qui peuvent entraîner un événement lié au risque, et l'impact de chaque facteur lié à des projets de construction, cette méthode pour améliorer l'efficacité qu'ils fournissent une discussion sur tout l'événement d'environnement de projet de construction.

Ensuite, nous analysons et préparons les données en utilisant une technique statistique pour effectuer le type de traitement, et connaître la nature des variables, pour sélectionner les meilleurs facteurs à utiliser par la suite (Cette technique statistique a été présentée dans **Annexe A**). Une fois la méthode sélectionnée, nous proposons les modèles de prédiction.

À cet égard, cette étude s'attache à réaliser par les méthodes et les techniques de diagnostic fondé sur la figure IV.1 ci-après:

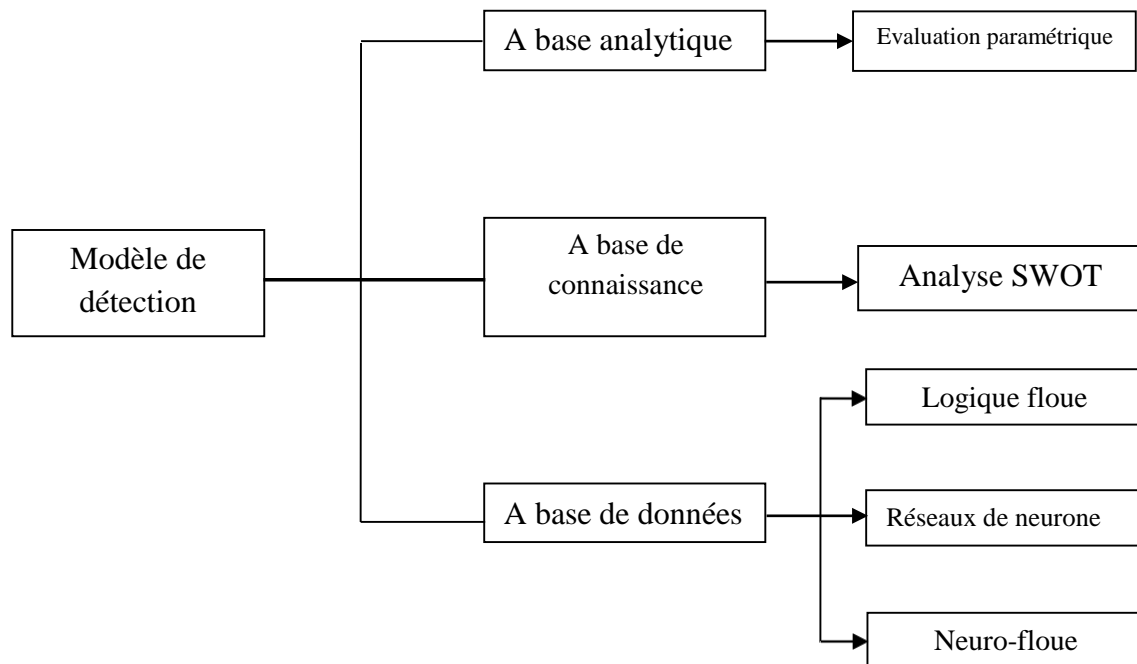


Figure IV. 1: Les techniques d'identification et d'évaluation du risque

### IV.3. La démarche méthodologique

On trouvera plus loin dans la présente partie une approche méthodologique, des instruments de collecte de données, de la stratégie de traitement et d'interprétation des données. Il s'agit de décrire la démarche méthodologique suivie en vue d'aboutir aux résultats de la recherche présentés au-dessous. Le schéma d'analyse stratégique du risque est indiqué sur la figure IV.2.

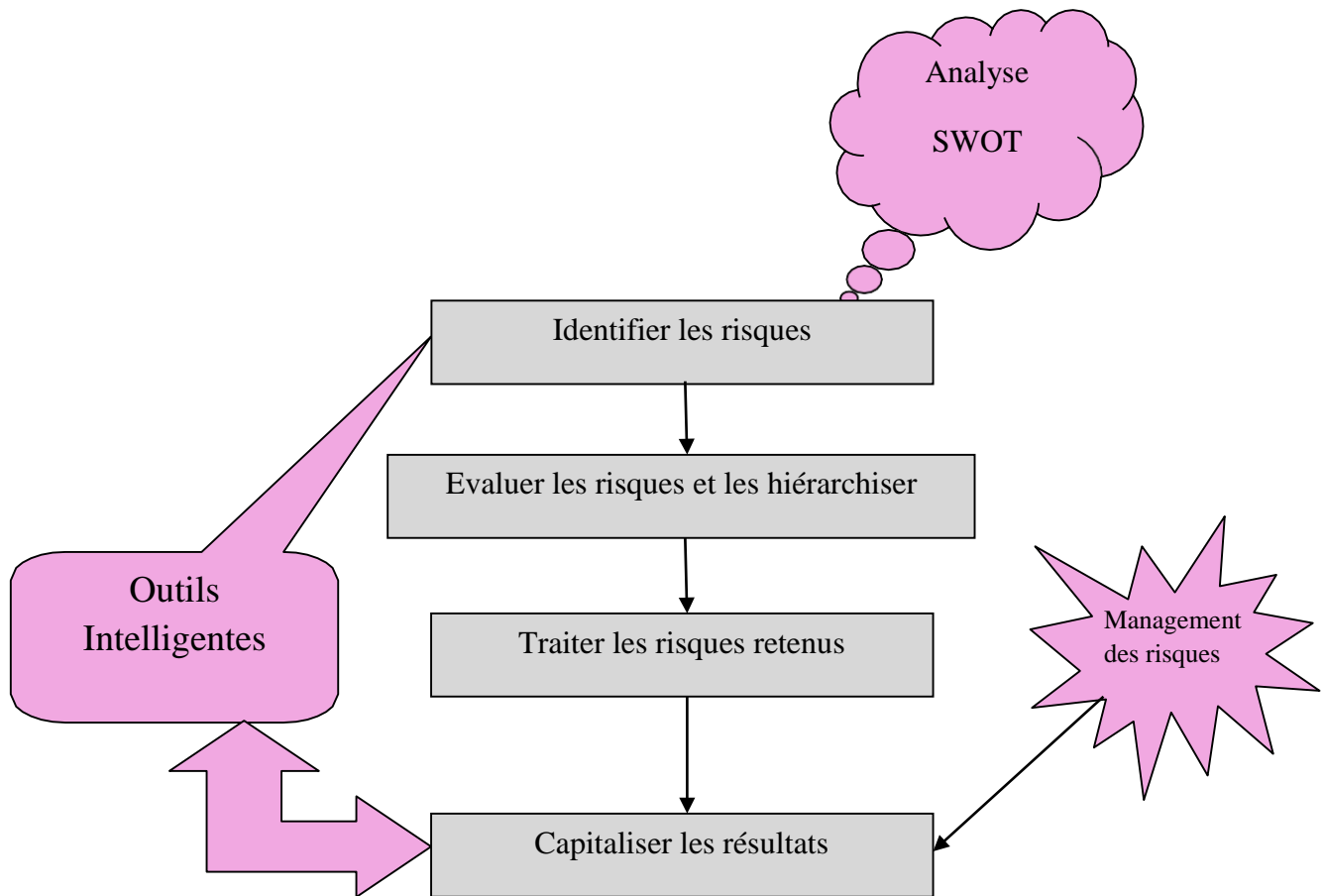


Figure IV. 2: Procédure de préparation de la base de données

### IV.3.1. Choix d'échantillonnage

**IV.3.1.1. Objectif pédagogique :** Pour atteindre notre objectif, notre démarche méthodologique est réalisée les objectifs suivantes:

- Collecter les informations nécessaires sur la réalité des projets de construction algérienne à travers l'analyse SWOT, pour identifier les différents facteurs du risque.
- Vérifier nos hypothèses.

### IV.3.1.2. Collecte des données

Pour obtenir des bons résultats et réaliser nos objectifs, il est impératif d'utiliser une méthode qui permet d'explorer et de confirmer les données. Notre emploi est une

stratégie d'analyse d'environnement du projet se focalisant notamment sur l'approche SWOT a été privilégiée dans l'identification des facteurs. Cette section a simplement pour objet de proposer une formule d'évaluation et de quantification des risques sur une base de données particulière.

#### **IV.3.2. Les sources documentaires**

Les sources documentaires utilisées dans notre travail de recherche sont collectées selon la DUCH (Direction de l'Urbanisme, de la Construction et de l'Habitat) et OPIGI (Office de Promotion et de Gestion Immobilière), pour les données d'entrée et sortie voir **Annexe B**.

#### **IV.3.3. Analyser et classer les données**

De cette façon, nous allons commencer à voir une vision claire et globale d'ensemble des données. Après une analyse statistique de données, on cherche essentiellement à résumer l'impact de chaque variable, avant d'entamer l'identification des facteurs.

Sur cette base de notre étude, les facteurs choisis sont étroitement liés à l'analyse SWOT (Tableau II.1).

Cette étude vise à analyser l'impact de la gestion des risques sur la performance du projet de construction en Algérie à partir d'une analyse SWOT, Sur un échantillon de 120 projets de construction, a été élaboré pour identifier les facteurs qui affectant sur le succès ou l'échec du projet de ces projets et complété ces informations par une analyse statistique. Par l'analyse du paquet (SPSS) la relation entre les facteurs des risques et l'état du projet du projet pour identifier spécifiquement les facteurs de risques à travers leur impact. En d'autres termes, Elle donne une vue globale instantanée de l'importance de chaque facteur identifié sur l'amélioration des résultats des projets (voir **Annexe A**).

#### IV.4. Application RNN, FL, ANFIS.

Pour notre application nous avons utilisé le logiciel MATLAB, pour trouver le modèle le plus adapté, qui est un logiciel très puissant de calcul numérique très utilise, qui intégrait des centaines de fonctions mathématiques et d'analyse numérique. Le modèle ANFIS a produit des bons résultats, les résultats sont comparés et discutés comme suit.

##### IV.4.1. Application de Réseaux de Neurones récurrent(RNN)

Un réseau de neurones récurrents est un réseau de neurones artificiels présentant des connexions récurrentes. Ce modèle consiste en une série d'unités interdépendantes interagissant non linéairement. Les techniques d'entrainement du réseau sont les mêmes que pour les réseaux classiques, néanmoins les réseaux de neurones récurrents de heurtent au problème de disparition du gradient pour apprendre à mémoriser des événements passés. On trouvera illustrées à la figure IV.3 les différentes étapes pour résoudre un problème par un réseau de neurone.

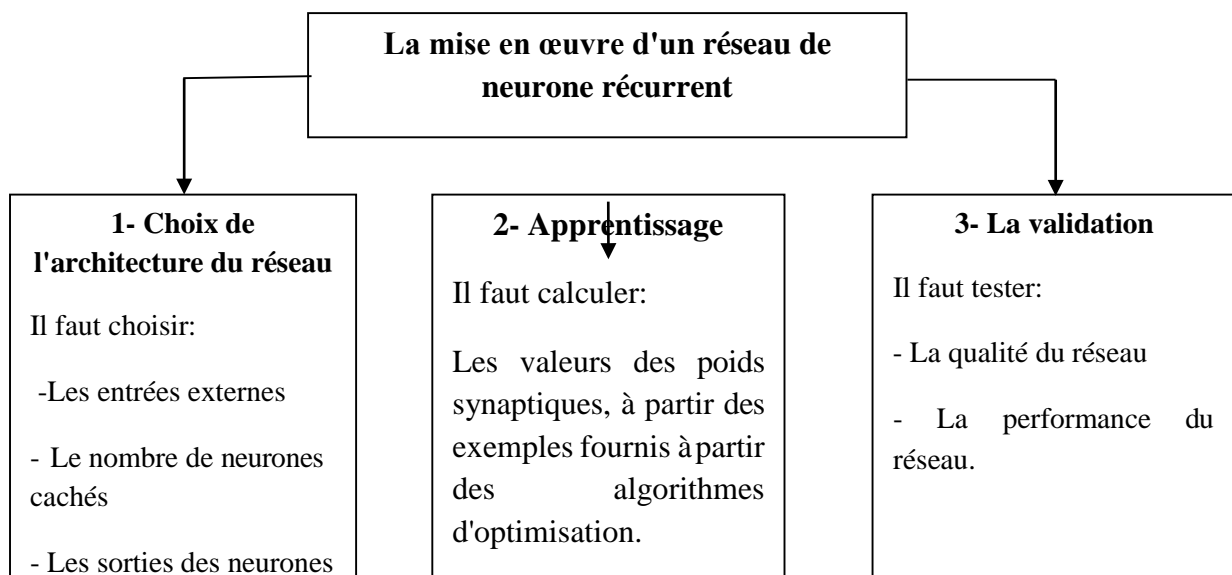


Figure IV. 3: les différentes étapes pour résoudre un problème par réseau de neurone

#### IV.4.1.1. Les étapes de développement notre modèle

##### IV.4.1.1.1. *Collecte des données*

- Données d'entrée

Un ensemble de données y compris 120 projets de construction de données provenant mon étude ont été utilisés pour les réseaux de neurone récurrent. De ceux-ci, 96 projets de données à travers la méthode d'analyse utilisée précédemment ont été servis pour la formation du réseau, et le reste (24 projets), devant être utilisé comme l'ensemble de données de test des données d'apprentissage.

- Données de sortie:

On a utilisé un facteur de sortie : L'état du projet de construction (le succès ou l'échec du projet de construction).

Le tableau IV.1 présente les caractéristiques sélectionnées pour prédire l'état du projet de construction, d'après les cinq vecteurs d'entrées suivant [Expérience dans le secteur de construction (ESC), Ecart type du coût, Taux d'avancement, Expérience d'exécuté de projets similaire dans les 5 dernières années (EPS), Les flux de trésorerie de travaux exécutés dans les 5 dernières années], le vecteur de sortie contient [Le succès ou l'échec du projet]. Le programme développé est présenté dans (l'Annexe C). L'évaluation technique des projets sera faite selon les critères ci-après :

Tableau IV. 1: les caractéristiques des indicateurs utilisés dans notre modèle

Type de paramétré	Indicateurs	Qualitatif/ Quantitatif	Continu/ Discret	Bornes
Entrées	Expérience dans le secteur de construction	Quantitatif	Discret	[01ans : plus que15 ans]
	Ecart type du coût	Quantitatif	Discret	[0.5 : >15%]
	Taux d'avancement (%)	Quantitatif	Discret	[< 50% : 100%]
	Expérience d'exécuté de projets similaire dans les 5 dernières années	Quantitatif	Discret	[1 projet : 5projets]
	Les flux de trésorerie de travaux exécutés dans les 5 dernières années	Quantitatif	Discret	[0 DA- 500000000DA]
Sorties	Le succès ou l'échec du projet	Qualitatif	Discret	[Faible : Très bonne]

Le modèle du réseau utilisé pour prédire l'état du projet selon les différents facteurs est illustré sur la figure (Figure IV.4). L'architecture neuronale proposée contient 05 neurones dans la couche d'entrée 08 neurones dans la couche cachée et un seul sorti. Le choix du nombre de neurones en couche cachée est déterminé à partir des essais jusqu'à aboutir à une erreur acceptable entre la sortie du réseau et celle attendue. Son apprentissage a été lancé avec l'aide de l'algorithme de rétro-propagation du gradient basé sur l'erreur.

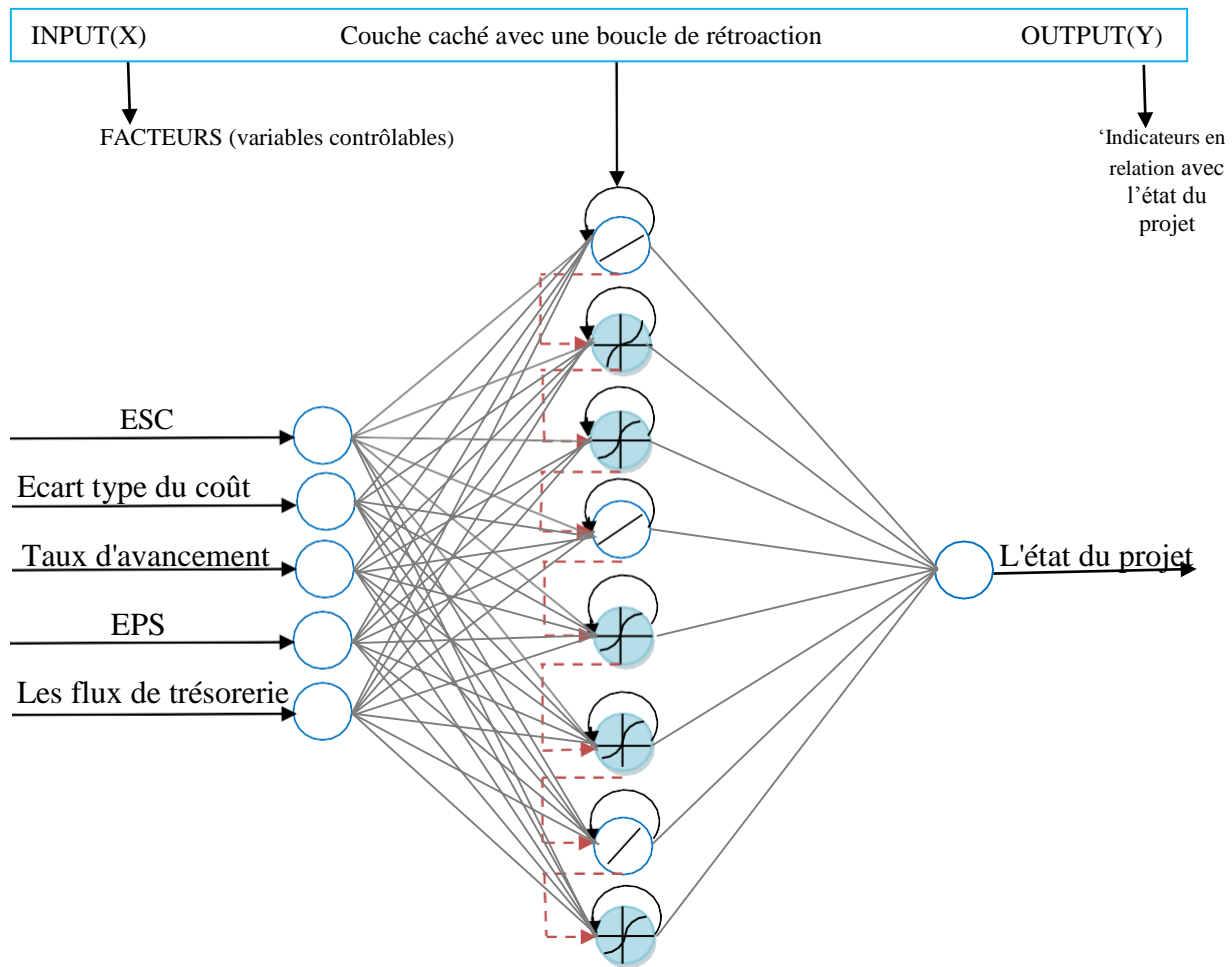


Figure IV. 4: Topologie d'un réseau de neurones récurrents utilisé dans notre travail

#### IV.4.1.1.2. Séparation des bases de données

La seconde étape est la phase d'apprentissage, sur lesquelles porte à initialiser les paramètres de corrélation des trois phases (apprentissage, test et validation). Le but ultime est de trouver des solutions viables qui permettront de jeter les bases de nombre de neurones par couche cachée, sachant que nous avons testé plusieurs nombres de couches cachées, et selon les résultats du test on utilise la structure de huit neurones dans une seule couche cachée. Les paramètres optimisés pour notre modèle qui figurent au tableau IV.2.

Tableau IV. 2: Paramètres optimisés pour le modèle final.

Paramètre	Valeur optimisée		
Architecture/Règle d'apprentissage	Rétro propagation des erreurs		
Nombre de neurones	Couche d'entrée/ Couche de sortie	05	01
	Couche cachée	08	
La fonction de transfert	Couche cachée	Sigmoïde	
	Couche de sortie	Linéaire	
Base de données (Apprentissage / Test)	96	24	

#### IV.4.1.1.3. *Choix d'un réseau de neurones*

La création d'un nouveau réseau de neurones (mynet) qui contient des entrées et des sorties normalisées, un certain nombre de couche cachées et de neurones par couche, passe par l'utilisation d'une fonction de transfert. Après plusieurs tentatives, le tableau IV.3 ci-dessous montre une comparaison entre différents algorithmes d'apprentissage en termes de nombre d'itérations maximale, dans notre cas on a fixé 1000 itérations.

Tableau IV. 3: Comparaison entre les algorithmes d'apprentissage

Algorithme	Nombre d'itération	Performance
Train levenberg marquardt (lm)	1000	5.16 e <sup>-8</sup>
Train gradient descente with adaptive learning rate (gda)	990	8.72e <sup>-7</sup>
Train BFGS quasi newton (bfg)	800	7.16e <sup>-5</sup>
Train descente gradient avec moneutum (gdm)	850	3.21e <sup>-5</sup>
Train one step secant (oss)	900	3.21e <sup>-5</sup>
Train bayesian regulation (br)	810	5.01e <sup>-6</sup>
Train gradient (gd)	985	4.88e <sup>-6</sup>

#### IV.4.1.1.4. *Mise en forme des données pour un réseau de neurones:*

Nous avons utilisé un réseau avec 05 entrées et un seul neurone en sortie. La valeur donnée par le neurone d'entrée et de sortie pouvant prendre toutes les valeurs comprises dans l'intervalle [-1,1]. On a proposé une boucle de rétroaction dans la couche cachée, elle n'affecte donc pas la couche d'entrée dans la phase de propagation en avant.

#### IV.4.1.1.5. *Apprentissage du réseau de neurones*

Il n'y a pas actuellement de méthodes pour trouver la configuration optimale. Ailleurs nous avons essayé de nombreux réseaux et gardé le meilleur. La composition a été approuvée dans notre étude est un réseau neuronal avec une couche cachée de 08 neurones. La méthode d'apprentissage est une méthode de rétro-propagation Levenberg-Marquardt.

Cependant, en soupesant la détermination des poids et biais du réseau qui en sont les paramètres s'effectuent par l'intermédiaire d'un apprentissage supervisé.

La Figure IV.5 montre le résultat d'une erreur quadratique moyenne après 1000 epochs, et la performance égale " $5.1594 \times 10^{-8}$ ".

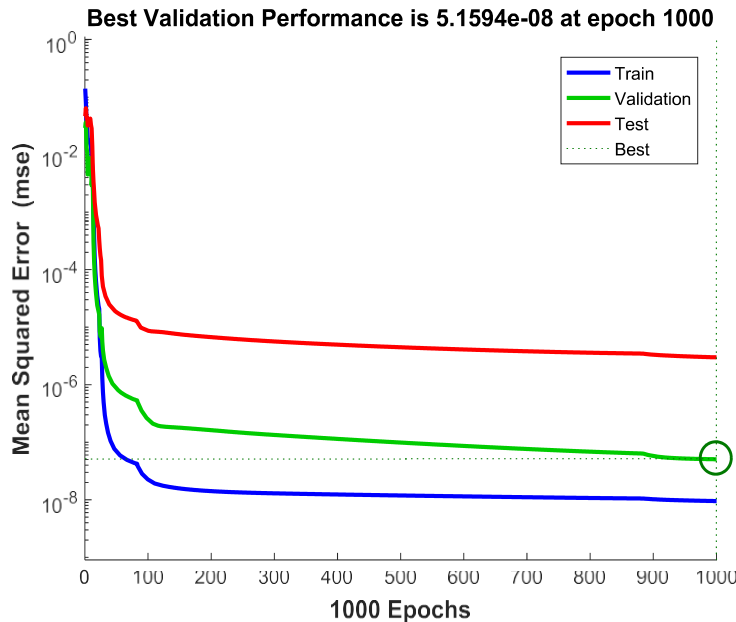


Figure IV. 5: Erreur d'apprentissage du modèle

#### IV.4.1.1.6. Validation

L'analyse des résultats obtenus à partir des phases d'apprentissage, de test et de validation conduit à l'utilisation d'un réseau de taille "RNN 05-08-01" pour le modèle de prévision l'état du projet de construction. Les fonctions de transfert sont: Fonctions de transfert « Tansig » pour la couche cachée, fonctions de transfert « purelin » pour la couche de sortie.

Les représentations de régression suivantes montrent qu'il existe une relation linéaire entre l'état du projet et les facteurs d'entrées. Le coefficient de corrélation des mesures et la direction d'une relation linéaire entre deux variables. La valeur de R varie entre -1+1. Il y a une plus forte corrélation entre les sorties et les paramètres d'entrée est le coefficient de corrélation (R value). Les résultats sont montrés sur la figure IV.6.

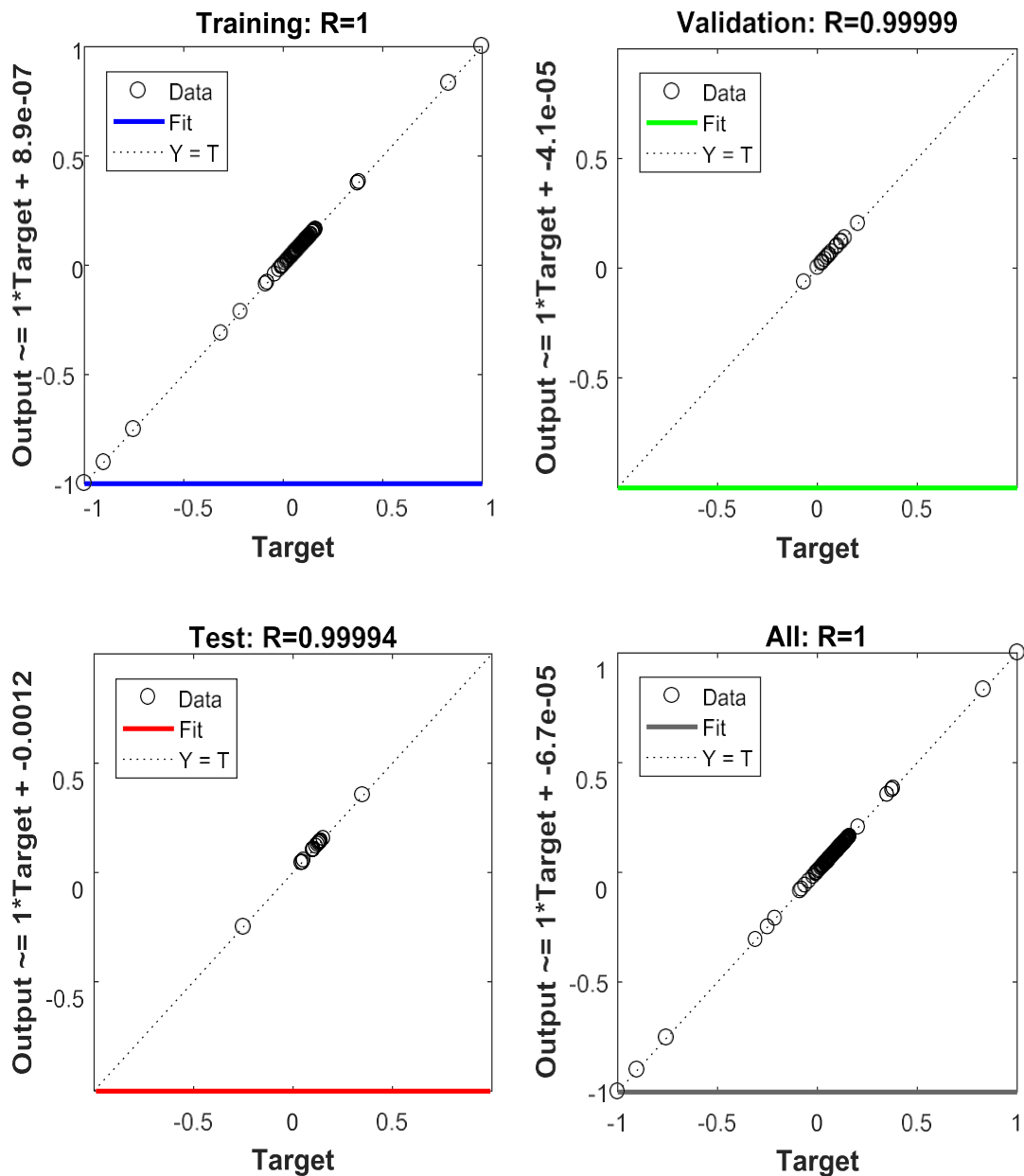


Figure IV. 6: Diagramme de régression

L'histogramme sur la Figure IV. 7 représente la variation des 'erreurs, ce qui nécessiterait la vérification supplémentaire de la performance du modèle de réseau de neurone. Les barres vertes représentent des données de validation, les barres bleues représentent des données de développement du modèle et les barres rouges représentent des données de test.

Dans ce cas, vous pouvez voir que tandis que la plupart d'erreurs chutent entre -0.00027 et 0.000001, c'est un point de formation avec une erreur de 30 et des points de validation avec des erreurs de 23 et 26. Figure IV.7 présenté l'histogramme d'erreur de formation.

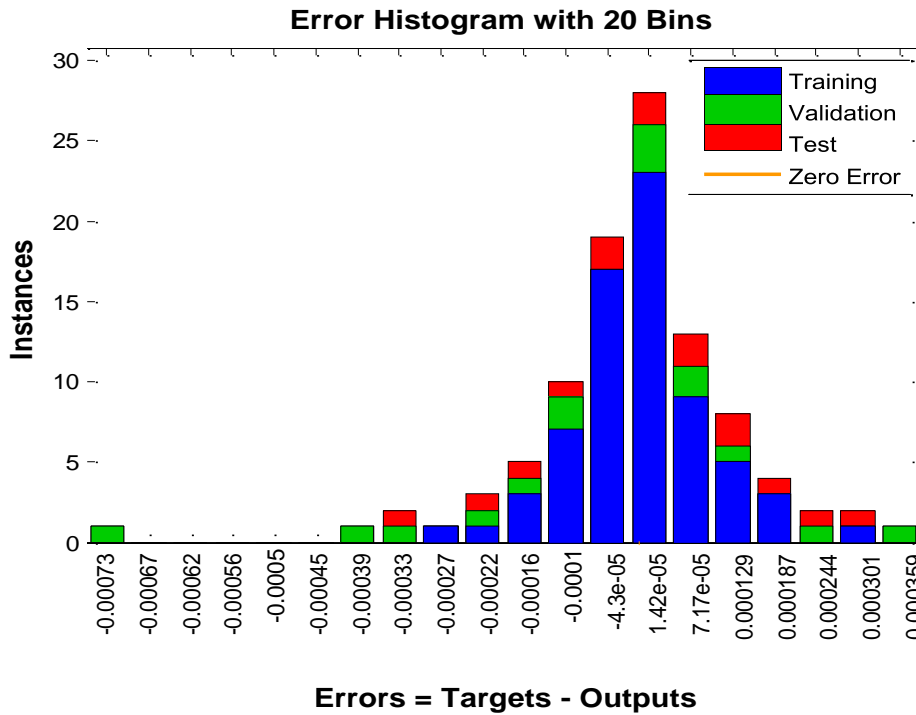


Figure IV. 7: L'histogramme d'erreur de formation

**IV.4.2. Application de La Logique Floue (FL)**

Pour réaliser le modèle flou, on adopte les composants suivant:

**IV.4.2.1. Structure du système flou (FL)**

Dans le cadre de l'application des systèmes de logique floue à l'évaluation des risques, nous avons choisi, un système d'inférence floue de type "Trimf" avec cinq variables à l'entrée (ESC, Ecart type du coût, Taux d'avancement, Les flux de trésorerie, EPS) et une seule variable à la sortie qui représente le succès ou l'échec du projet. Ces méthodes apparaissent aussi sur l'interface graphique montrée sur la figure IV.8. Le programme développé est exposé dans (**l'Annexe D**). L'évaluation de l'état d'avancement des projets sera faite selon les critères ci-après:

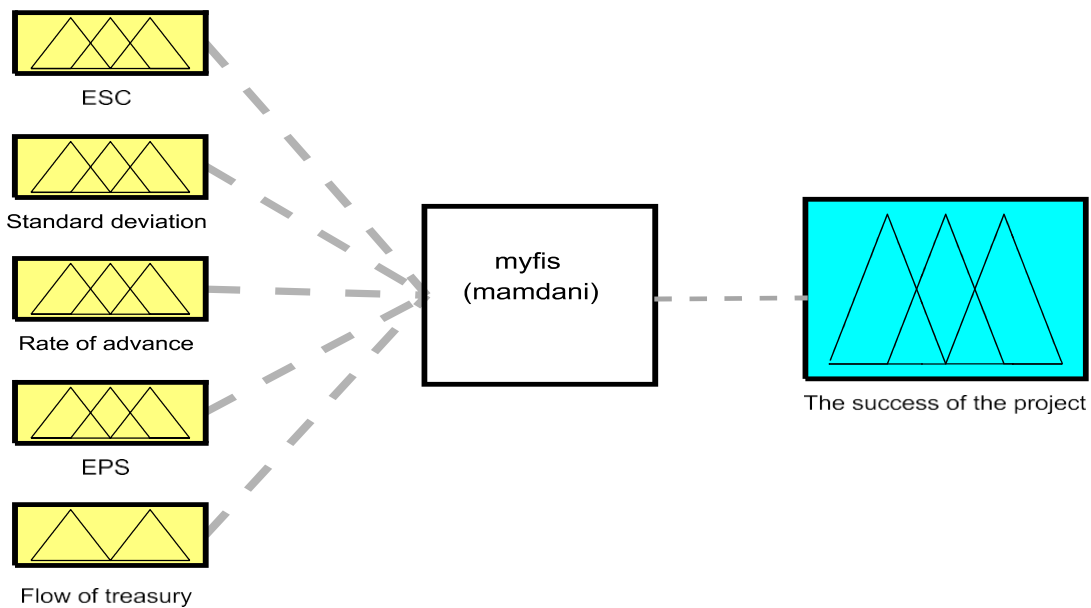
Tableau IV. 4: les critères d'évaluation du projet

	<b>Critères d'évaluation</b>	<b>Barème</b>	<b>Approche pour l'appréciation</b>
<b>X1</b>	1-Expérience dans le secteur de construction	20 Points	<b>Plus que 15 ans : 20 points</b> <b>Entre 10 et 15 ans : 10points</b> <b>Entre 1 et 10 ans : 5points</b>
<b>X2</b>	2-Ecart type du coût	20 Points	<b>&lt;5% : 20points</b> <b>5-15% : 10points</b> <b>&gt;15% : 5points</b>
<b>X3</b>	3-Taux d'avancement	20 Points	<b>75-100% : 20 points</b> <b>50-75 :10points</b> <b>&lt; 50% : 5points</b>
<b>X4</b>	4-Expérience d'exécuté de projets similaire dans les 5 dernières années.	20 Points	<b>Plus de 5 projets : 20 points</b> <b>Entre 3 et 5 projets : 10 points</b> <b>De 1 à 3 projets : 5 points</b>
<b>X5</b>	5-Les flux de trésorerie de travaux exécutés dans les 5 dernières années.	20 Points	<b>Égal ou supérieur à Montant total des marchés de travaux : 20 points</b> <b>Inférieur à Montant total des marchés de travaux : 10 points</b>

À l'issue de l'évaluation:

- ✓ Un projet ayant obtenu un total de moins de **50 points** est perte.
- ✓ Un projet **> 50 points** est réussite.

Le graphique qui suit montre un échantillon du processus d'évaluation des projets fondé sur le modèle de logique floue.



System myfis: 5 inputs, 1 outputs, 18 rules

Figure IV. 8: Schéma du modèle logique floue

#### IV.4.2.2. Fuzzification des variables d'entrée et de sortie

L'explication du résultat dans le programme du MATLAB, dès qu'une valeur discrète cinq entrées passe par une des courbes représentant les 'membership functions'. Même si la valeur de probabilité (entre 0 et 1) est extrêmement petite, la courbe est immédiatement ajoutée dans le calcul des Max-Min.

Une analyse complémentaire plus poussée des erreurs d'arrondis mérite d'être faite pour deux (2) raisons. Premièrement, il y a de nombreux calculs qui sont exécutés pendant l'étape de fuzzification et durant l'agrégation et une accumulation des erreurs d'arrondis pourraient se produire. Deuxièmement, pour accélérer la vitesse des opérations, il serait pertinent d'employer des types de variables ayant moins

de précision et cela pourrait également ajouter une erreur d'arrondis.

Dans la mesure ou devrait se poursuivre probablement ce projet, c'est-à-dire dans l'éventualité probable ou la programmation serait optimisée, cette fonction doit, en simplifiant, noter dans un log le module testé. Le code est évidemment adaptable pour résoudre, par l'application de la logique floue.

#### IV.4.2.2.1. Fuzzification de la variable d'entrée

On a choisi un domaine de variation de  $[-20\ 20]$ , et trois fonctions d'appartenance. La première fonction appelée 'très bonne', et la deuxième fonction est bonne, et la troisième fonction est moyenne.

Les fonctions d'appartenance de l'erreur utilisées par le modèle floue sont choisies identiques de formes triangulaires, et sont définies sur l'intervalle  $[-1, 1]$  comme le montre les figures suivantes:

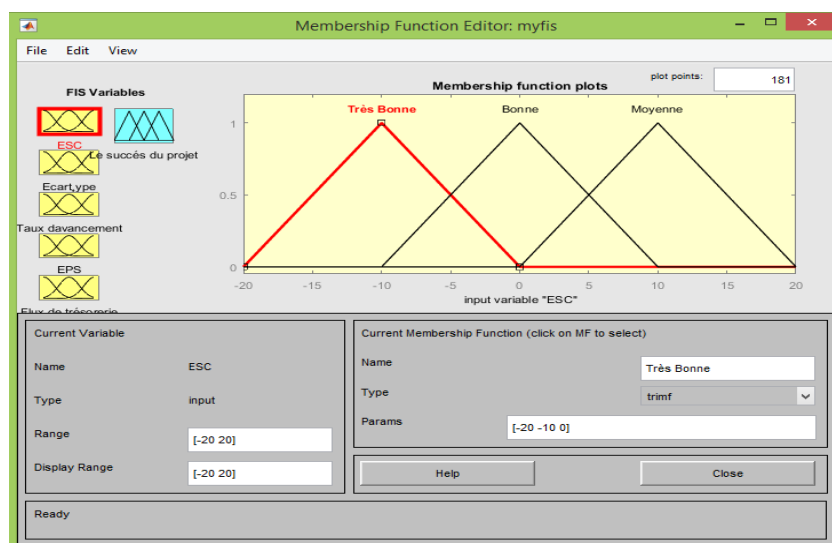


Figure IV. 9: Fuzzification de la variable d'entrée "Expérience dans le secteur de construction (ESC)"

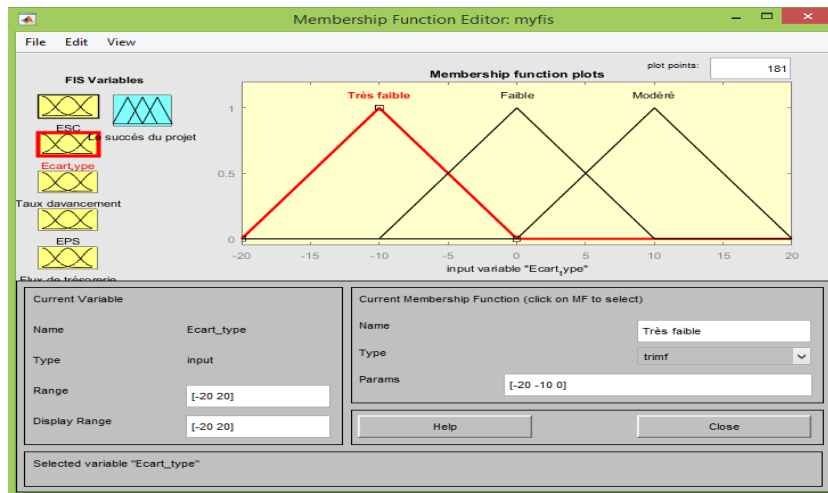


Figure IV. 10 : Fuzzification de la variable d'entrée "Ecart type du coût"

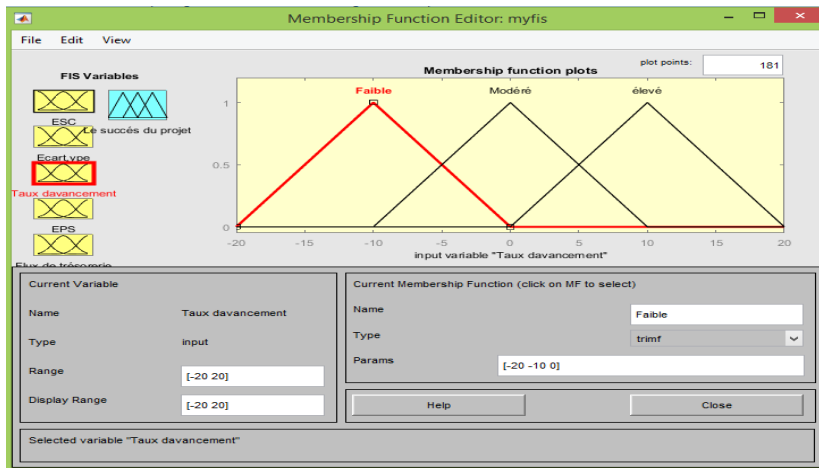


Figure IV. 11: Fuzzification de la variable d'entrée "Taux d'avancement"

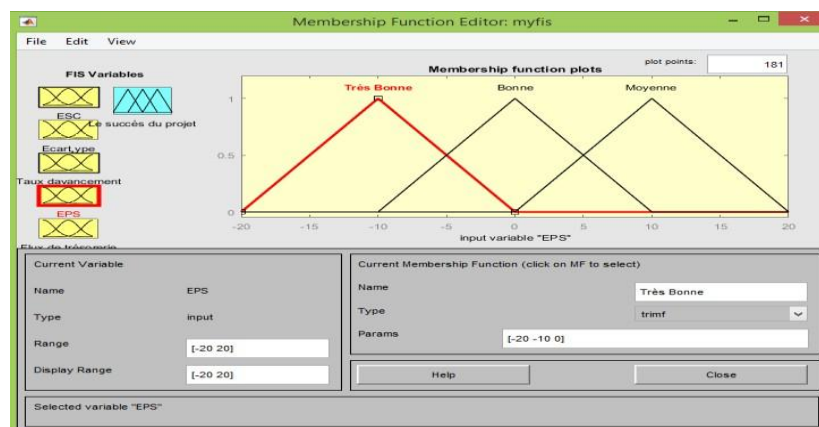


Figure IV. 12: Fuzzification de la variable d'entrée "Expérience d'exécuté de projets similaire dans les 5 dernières années (EPS)"

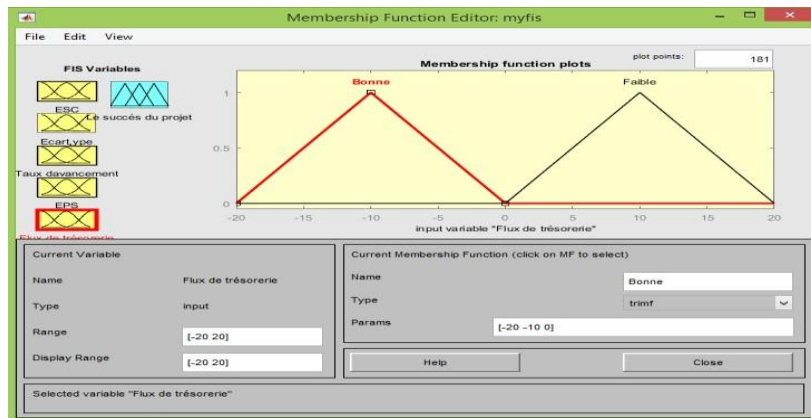


Figure IV. 13: Fuzzification de la variable d'entrée " Les flux de trésorerie de travaux exécutés dans les 5 dernières années"

**IV.4.2.2.2: Fuzzification de la variable de sortie**

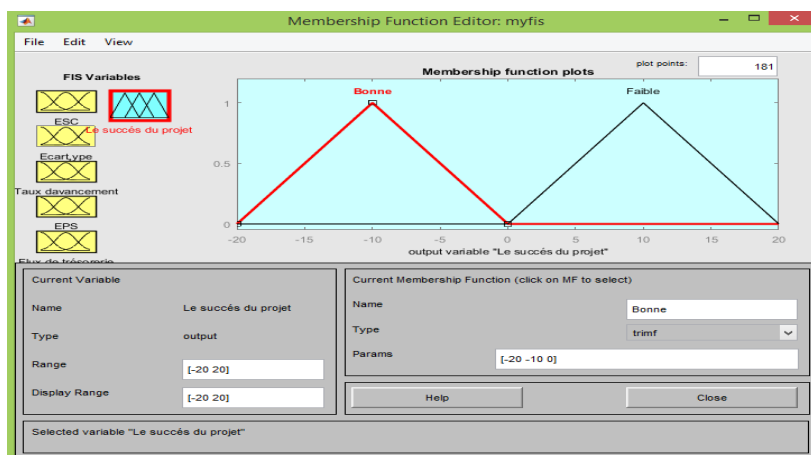


Figure IV. 14: Fuzzification de la variable de sortie "Le succès ou l'échec du projet "

**IV.4.2.3. Les règles d'inférence**

Les règles d'inférence sont décrites par une matrice dite d'inférence qui rassemble toutes les règles d'inférence représentent les groupes projet flous des critères d'entrées, l'intersection d'une ligne et d'une colonne donne l'ensemble flou de la variable de sortie définie par la fonction triangulaire. Le raisonnement montré dans un système d'inférence flou peut être réalisé en trois étapes (fuzzification, d'inférence des règles, défuzzification), quel que soit le nombre des règles utilisées. Nos règles possibles selon la fuzzification des différentes variables

d'entrée et de sortie, présenté dans la figure IV.15 choisis sont les suivantes (5 variables d'entrée et une fonction d'appartenances pour chacune des variables, on obtient 16 règles d'inférences:

1. SI ('ESC' est Très Bonne) et ('Ecart type' est Très faible) et (' Taux d'avancement' est faible) et ('EPS' est Très Bonne) et ('Flux de trésorerie' est Faible) alors le projet est succès.
2. SI ('ESC' est Très Bonne) et ('Ecart type' est Faible) et (' Taux d'avancement' est Modéré) et ('EPS' est Bonne) et ('Flux de trésorerie' est Bonne) alors le projet est succès.
3. SI ('ESC' est Très Bonne) et ('Ecart type' est Faible) et (' Taux d'avancement' est Modéré) et ('EPS' est Bonne) et ('Flux de trésorerie' est Faible) alors le projet est succès.
4. SI ('ESC' est Très Bonne) et ('Ecart type' est Modéré) et (' Taux d'avancement' est élevé) et ('EPS' est moyenne) et ('Flux de trésorerie' est Bonne) alors le projet est perte.
5. SI ('ESC' est Très Bonne) et ('Ecart type' est Modéré) et (' Taux d'avancement' est élevé) et ('EPS' est moyenne) et ('Flux de trésorerie' est Faible) alors le projet est perte.
6. SI ('ESC' est Bonne) et ('Ecart type' est Très faible) et (' Taux d'avancement' est faible) et ('EPS' est Très Bonne) et ('Flux de trésorerie' est Bonne) alors le projet est succès.
7. SI ('ESC' est Bonne) et ('Ecart type' est Très faible) et (' Taux d'avancement' est faible) et ('EPS' est Très Bonne) et ('Flux de trésorerie' est Faible) alors le projet est succès.
8. SI ('ESC' est Bonne) et ('Ecart type' est faible) et (' Taux d'avancement' est Modéré) et ('EPS' est Bonne) et ('Flux de trésorerie' est Faible) alors le projet est perte.

- 
9. SI ('ESC' est Bonne) et ('Ecart type' est Modéré) et (' Taux d'avancement' est élève) et ('EPS' est moyenne) et ('Flux de trésorerie' est Faible) alors le projet est perte.
10. SI ('ESC' est Bonne) et ('Ecart type' est Modéré) et (' Taux d'avancement' est élève) et ('EPS' est moyenne) et ('Flux de trésorerie' est Bonne) alors le projet est perte.
11. SI ('ESC' est moyenne) et ('Ecart type' est Très faible) et (' Taux d'avancement' est faible) et ('EPS' est Très Bonne) et ('Flux de trésorerie' est Good) alors le projet est perte.
12. SI ('ESC' est Moyenne) et ('Ecart type' est Très faible) et (' Taux d'avancement' est faible) et ('EPS' est Très Bonne) et ('Flux de trésorerie' est Faible) alors le projet est succès.
13. SI ('ESC' est Moyenne) et ('Ecart type' est faible) et (' Taux d'avancement' est Modéré) et ('EPS' est Bonne) et ('Flux de trésorerie' est Good) alors le projet est perte.
14. SI ('ESC' est Moyenne) et ('Ecart type' est faible) et (' Taux d'avancement' est Modéré) et ('EPS' est Bonne) et ('Flux de trésorerie' est Faible) alors le projet est perte.
15. SI ('ESC' est Moyenne) et ('Ecart type' est Faible) et (' Taux d'avancement' est Modéré) et ('EPS' est Moyenne) et ('Flux de trésorerie' est Good) alors le projet est perte.
16. SI ('ESC' est Moyenne) et ('Ecart type' est Modéré) et (' Taux d'avancement' est élève) et ('EPS' est Moyenne) et ('Flux de trésorerie' est Faible) alors le projet est perte.

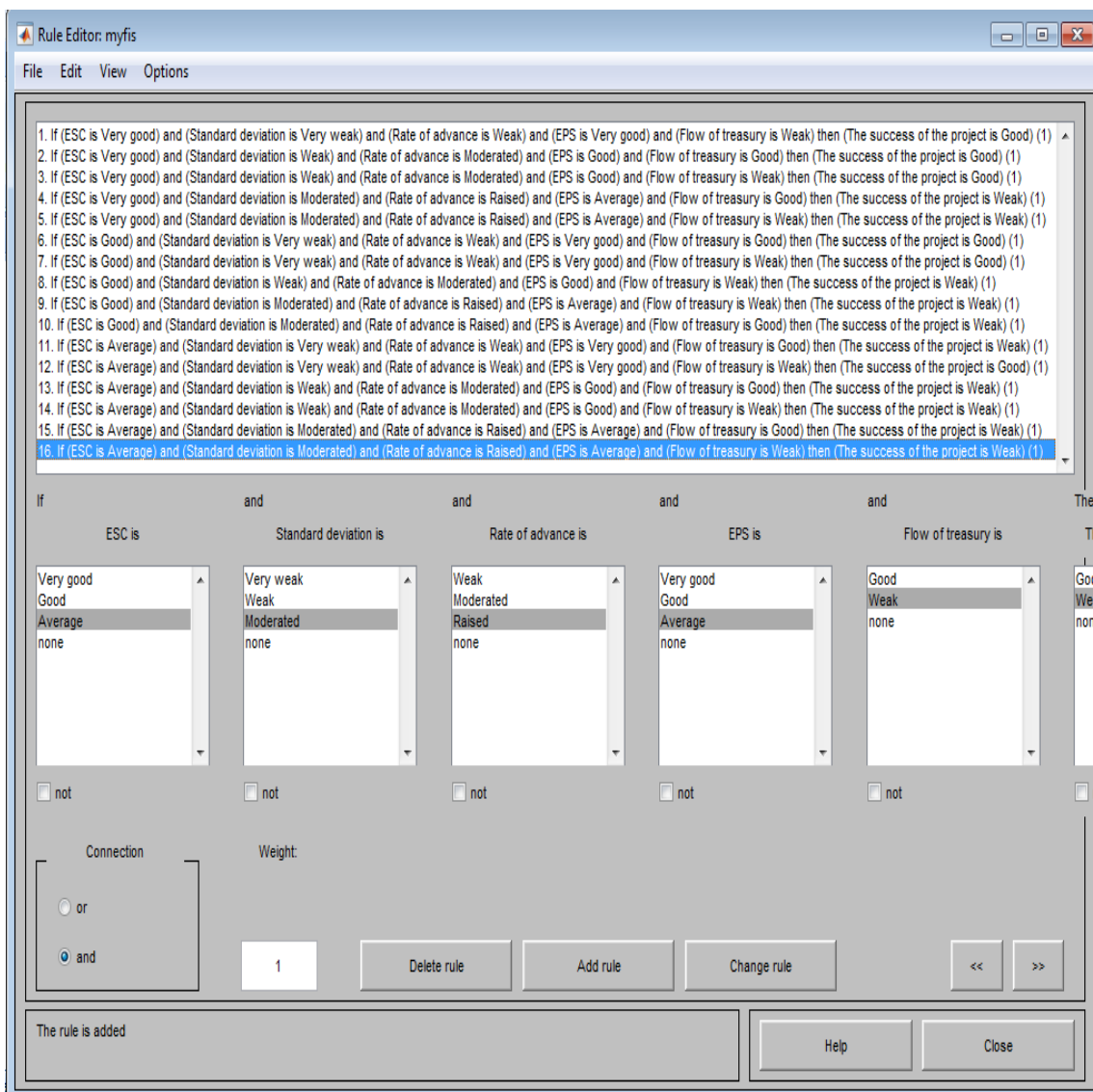


Figure IV. 15: Règles du fuzzification

**IV.4.2.4. Défuzzification de la variable de sortie**

La Figure IV.16 montre la défuzzification pour l'exemple pratique donné, de tous les facteurs de la base de données. Dans cette figure les entrées (Expérience dans le secteur de construction (ESC) = **-5.25**, Ecart type du coût = **0.404**, Taux d'avancement = **0.808**, Expérience d'exécuté de projets similaire dans les 5 dernières années (EPS) = **-2.83**, Les flux de trésorerie de travaux exécutés dans les 5 dernières années = **7.27**, et la sortie (Le succès ou l'échec du projet = - **0.505**).

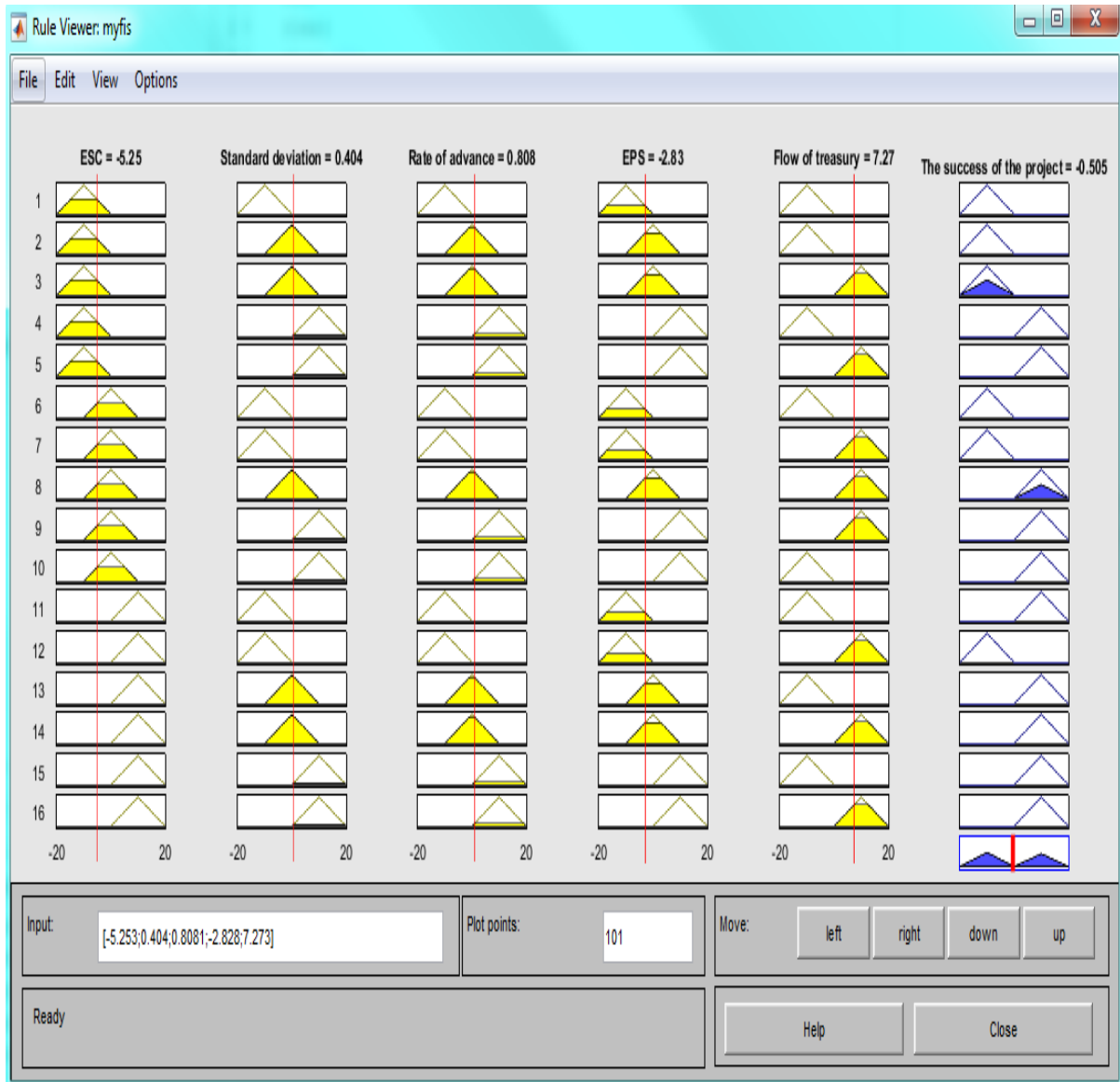


Figure IV. 16: Défuzzification de la variable de sortie

### **IV.4.3. Conception détaillé de l'approche proposée(ANFIS)**

#### **IV.4.3.1. Problématique et solutions**

Nous nous intéressons sur les deux raisons qui nous ont incités à unir les deux outils d'optimisation et les apports des deux outils et les limitations des réseaux neuronaux. Ce choix de combiner les réseaux neuronaux avec la logique floue se justifie par deux raisons ; la première est que l'utilisation des réseaux neuronaux présente deux inconvénients majeurs qui peuvent être contournés par logique floue et résidente dans leur capacité d'effectuer des traitements parallèles et dans leur puissance de calcul. Deuxièmement, chaque des réseaux de neurones et la logique floue a des caractéristiques inhérentes qui se révèlent utiles dans notre travail. Cette combinaison offre la possibilité considérable de facteurs potentiels pour donner à la fin la solution optimale.

#### **IV.4.3.2. Synthèse d'un modèle ANFIS**

Son but principal est de construire un modèle de prédiction tel qu'à partir d'un ensemble d'informations générées par l'analyse SWOT décrivant la situation courante, il est possible d'obtenir une prévision des risques futurs par un modèle hybride.

#### **IV.4.3.3. Description et structure du modèle ANFIS proposé**

Le programme ANFIS a été développé dans ce travail est présenté dans (**l'Annexe E**), avec lequel on a construit les règles floues avec leurs fonctions d'appartenances respectant les étapes suivantes :

Nous avons un problème à résoudre comprend 05 entrées et une seule sortie et la combinaison des entrées de celui ayant la plus petite erreur d'apprentissage sera sélectionnée. Ce système présent une structure en couches ou chaque couche est interprétée comme une partie du système d'inférence:

- La première couche cachée "Couche1" calcule les degrés d'appartenance de chaque entrée (ESC, Ecart type du coût, Taux d'avancement, Les flux de trésorerie, EPS).

- La deuxième couche cachée "Couche2" évalue en parallèle les prémisses des règles par le calcul des degrés de vérité des règles.

-La troisième couche "Couche3" est une couche de sortie qui fait l'agrégation de toutes les règles et donne la réponse du système à une entrée donnée,

Nous avons fixé le nombre des nœuds à 2 pour obtenir des meilleurs résultats (2 opérations traitent les données), et nous avons également fixé le nombre des itérations à 300 pour assurer la conformité de traitement des données chargées. Le tableau IV.2 représente les paramètres que nous avons choisis :

Tableau IV. 5: Paramètres optimisés par le modèle ANFIS

<b>Paramètres optimisés pour le modèle ANFIS</b>	
Nombre de donnée	120
Nombre d'entrées	5
Nombre de sorties	1
Nombre d'itérations	300
Type de fonction d'appartenance (mf_type)	Trimf
Numéro d'époques	100
Nombre d'entrée des fonctions d'adhésions	2 2 2 2 2
Algorithme d'apprentissage	Apprentissage hybride

En vertu de la répartition de méthode neuro-floue, nous avons pu consolider un système de règles floues qui prennent les entrées dont nous avons déjà discuté, pour qu'on récupère en sortie un indice entre 0 et 1. Nous avons séparé chaque entrée en deux fonctions d'appartenance, donc (5 variables d'entrée et 2 fonctions d'appartenances pour chacune des variables, cela nous donne un total de 32 règles que le système a optimisé " $2^5 = 32$ "). L'erreur quadratique moyenne que nous avons trouvée sur ce système est de 0.011. La Figure IV.17 représente l'interface graphique du système ANFIS optimal auquel nous sommes parvenus.

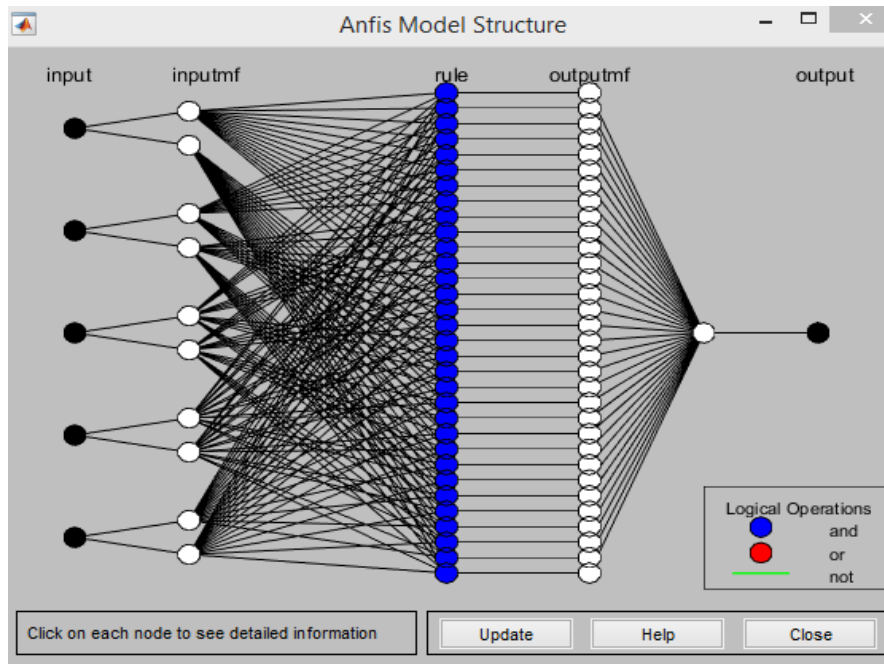


Figure IV. 17: Structure du modèle ANFIS proposée sous Matlab

#### IV.4.3.4. Apprentissage sur ANFIS

L'apprentissage avec ANFIS sous MATLAB permet d'ajuster tous les paramètres présentés précédemment. D'abord, on a besoin de savoir quelle forme de fonction d'appartenance nous allons sélectionner pour faire notre apprentissage. L'entraînement peut maintenant démarrer à partir de ces données. Il y a un certain nombre de paramètres à choisir dans ANFIS avant de commencer l'apprentissage. À partir de ce package de données nous pouvons les diviser en deux parties. Une première partie servira à l'entraînement et la deuxième servira au checking. Nous allons mettre 60% des données dans le premier set et les 40% restant dans le deuxième. L'entraînement s'est fait sur un certain nombre de boucles pendant lesquelles la méthode va minimiser le taux d'erreur faite sur la partie entraînement. Le principe est modifier le poids des entrées du réseau selon l'erreur que nous obtenons. Ainsi le système baissera le poids des neurones ayant le plus participé

à l'erreur et en augmentera le poids des autres neurones. D'après, ces informations ont va pouvoir modifier les poids qui ne vont pas, et le type quadratique d'erreur que nous utilisons est le carré de la différence entre la sortie voulue et de la sortie obtenue.

Nous avons commencé par faire une première série d'apprentissage sur le set des fonctions d'appartenance que nous avons proposé. Nous avons gardé un nombre de séparation de 2 pour chaque entrée. L'application de 2 nombre de fonctions d'adhésion et 300 itérations a donné les meilleurs résultats. Nous avons également pris note du fait que les données étaient ceux qui avaient les meilleurs résultats.

On trouvera au tableau IV.6 ci-dessous un résumé des résultats. Nous nous basons sur l'erreur quadratique d'entraînement de package d'entraînement. À ce titre nous voyons que l'erreur est moindre avec des fonctions d'appartenances, mais la meilleure prédiction a été obtenue lors de l'utilisation du Trimf.

Tableau IV. 6: Les résultats obtenus par les fonctions d'appartenance

<b>Fonction d'appartenance</b>	<b>Nombre de séparation pour chaque entrée</b>	<b>Nombre d'itérations</b>	<b>Erreur quadratique entraînement</b>
Gaussmf	2 2 2 2 2	260	0.031
Psigmf	2 2 2 2 2	240	0.077
Pimf	2 2 2 2 2	200	0.159
Trampf	2 2 2 2 2	250	0.245
Sigmf	2 2 2 2 2	200	0.301
Trimf	2 2 2 2 2	300	0.011

#### IV.4.3.5. Test du système ANFIS entraîné

Après que le système ANFIS ait été est entraîné, les fonctions d'appartenance finales sont utilisées pour valoriser la note en degrés de chaque entrée de la phase de test. L'ensemble de données de test sert à valider la précision du modèle ANFIS. Le résultat de classification obtenu par l'approche proposée

ANFIS pour le jeu de données d'apprentissage et de test est présenté dans la Figure IV.18. La Figure IV.19. Les figures ci-après fait apparaitre la sortie désirée et la sortie de l'ANFIS pour l'ensemble d'apprentissage, et nous pouvons remarquer que, pour la phase d'apprentissage, le modèle utilisé a donné des valeurs (les points en rouges) presque semblables à celles du réel (les points en bleue).

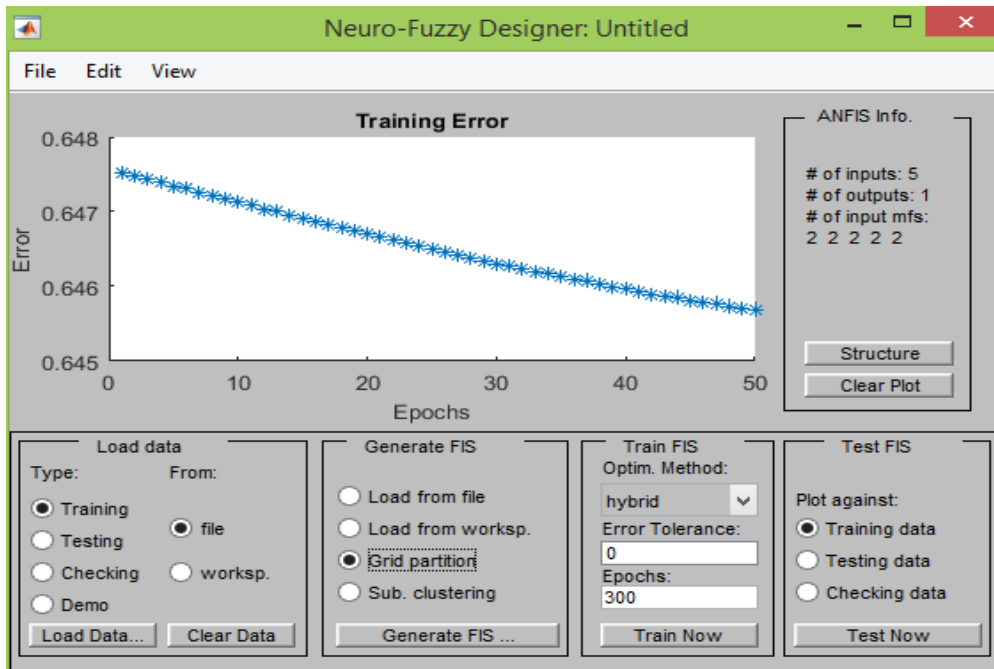


Figure IV. 18: Erreur d'apprentissage de modèle

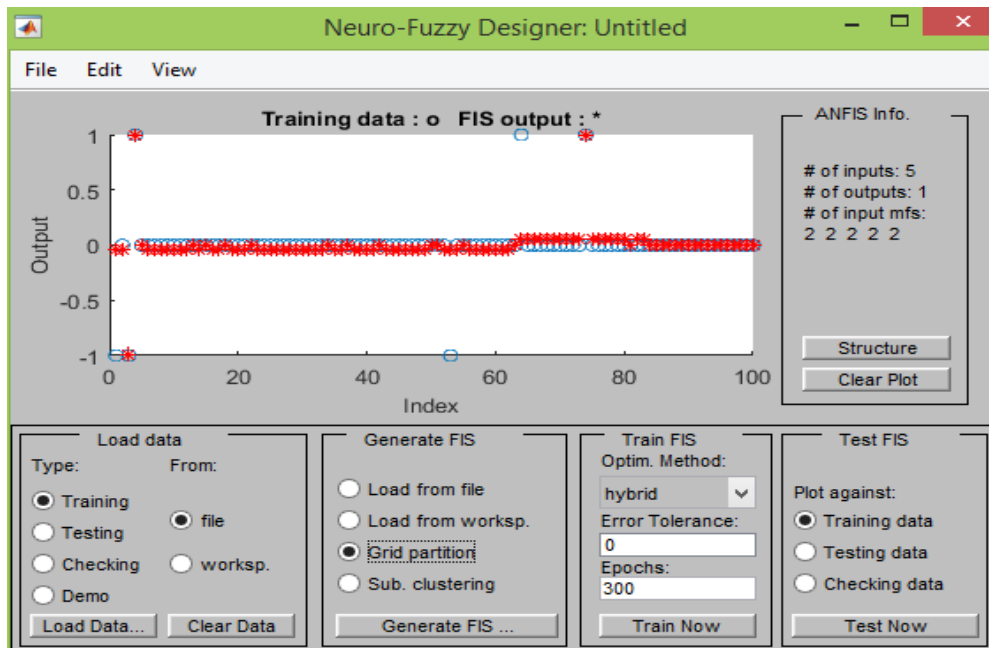


Figure IV. 19: Les tests de FIS avec l'apprentissage des données

#### IV.5. Synthèse et comparaison des trois méthodes

Pour démontrer la validité de notre approche, une série de tests mathématiques a été effectuée. Une analyse comparative des performances de modèles et ainsi mettre en avant le principe d'apprentissage que nous avons développé. Cette démarche est essentielle pour maîtriser la distribution de l'erreur de prédiction. Les Figure 4.19, figure 4.20, figure 4.21 représente la structure du graphe de projet que nous avons utilisée pour vérifier l'efficacité de ces modèles.

**Les Annexe (C, D, E)** contiennent une vérification des algorithmes qui a été développée sur notre étude. La vérification a été faite grâce à une simulation écrite dans le tableur Excel. Les valeurs discrètes cinq entrées ont donc été incorporées dans le programme et dans le tableur Excel.

On présente dans cette partie la comparaison entre les trois méthodes d'optimisation, pour trouver la réponse optimisée du modèle de prédiction, nous comparons les valeurs des paramètres identifiés obtenues par l'approche neuronale, l'approche floue et l'approche neuro-floue. Le choix des mesures d'erreur pour la comparaison de méthodes de prédictions a été beaucoup discuté

à compter des années 1980, pour juger de la qualité d'un système prédictif [147, 148, 149, 150].

Nous obtiendrons, d'après ces résultats présentés au tableau IV.7 que la valeur identifiée du coefficient de corrélation par l'approche ANFIS est égale à 0.95. Alors que, les deux autres approches réseaux de neurone récurrent et la logique floue aboutissent à une valeur de ce paramètre qui est égale à 0.82 et 0.80. ces résultats indiquent que l'ANFIS a légèrement mieux que les RNN et FL depuis les mesures de l'erreur. En d'autres termes, l'obtention de performance d'ANFIS en prévision dépasse celles des autres modèles.

L'évaluation pertinente de méthodes choisie dépend fortement de la métrique utilisée pour la mesure des erreurs de prédiction. Les indicateurs propres de comparaison que nous avons appliquée sont :

**MPE** (Mean Percentage Error) (cf. eq. IV -1), ET **RMSE** (Root mean square error), (cf. eq. IV -2), **MAPE** (Mean Absolute Percentage Error) (cf. eq. IV -3), ET (**AA %**) Average Accuracy Percentage (cf. eq. IV -4), et le coefficient de corrélation **R**. Ces paramètres sont donnés par les relations suivantes :

Mean Percentage Error (MPE):

$$MPE = \left\{ \sum_{i=1}^n \left( \frac{A - E}{A} \right) / n \right\} * 100\% \quad (IV -1)$$

Root Mean Squared Error (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E - A)^2}{n}} \quad (IV -2)$$

Mean Absolute Percentage Error (MAPE):

$$MAPE = \left( \sum_{i=1}^n \frac{|A - E|}{A} * 100\% \right) / n \quad (IV -3)$$

**CAPITRE IV MISE EN OEUVRE PRATIQUE DE LA DEMERCHE EXPMETALE : DISCUSSION DESRESULTAT**

Average Accuracy Percentage (AA %):

$$AA\% = 100\% - MAPE$$

(IV -4)

The Coefficient of Determination (R)<sup>2</sup>

The Coefficient of Correlation (R)

Les performances des modèles RNN et FL et ANFIS sont validées par les indices de comparaison et les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau IV.7.

Tableau IV. 7: Paramètres statistiques de RNN et ANFIS et FL dans les phases d'Apprentissage

<b>Indices de Modèles</b>	<b>RNN</b>	<b>FL</b>	<b>AFNIS</b>
<b>Comparaison</b>			
<b>MPE</b>	0.91	0.88	0.985
<b>RMSE</b>	0.80	0.75	0.86
<b>MAPE</b>	0.81	0.70	0.985
<b>AA%</b>	92.01	90.12	99.015
<b>R<sup>2</sup>sur les données d'apprentissage</b>	0.82	0.80	0.95
<b>R<sup>2</sup>sur les données de test</b>	0.74	0.70	0.85

D'après (les figures IV.20; IV.21; IV.22) en remarquant que, le modèle ANFIS a donné dans la phase (training), des valeurs de succès du projet (les points bleues) presque similaires à celles du réel (les points noires) au cours de la phase d'apprentissage, et nous constatons que les réponses obtenues par l'approche neuro-floue sont plus proches que celles obtenues par RNN et FL.

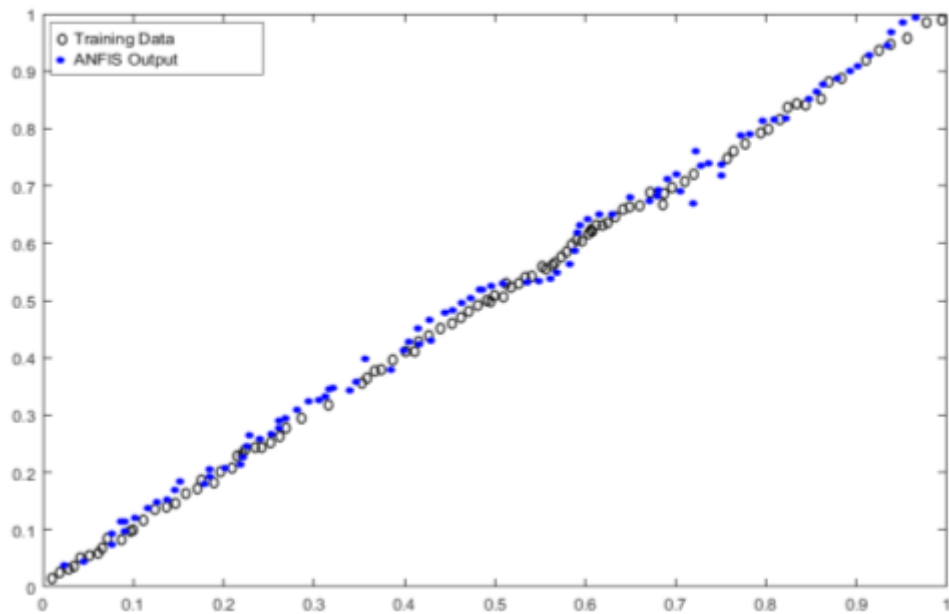


Figure IV. 20: Comparaisons entre la valeur réel et valeur prédictive par ANFIS

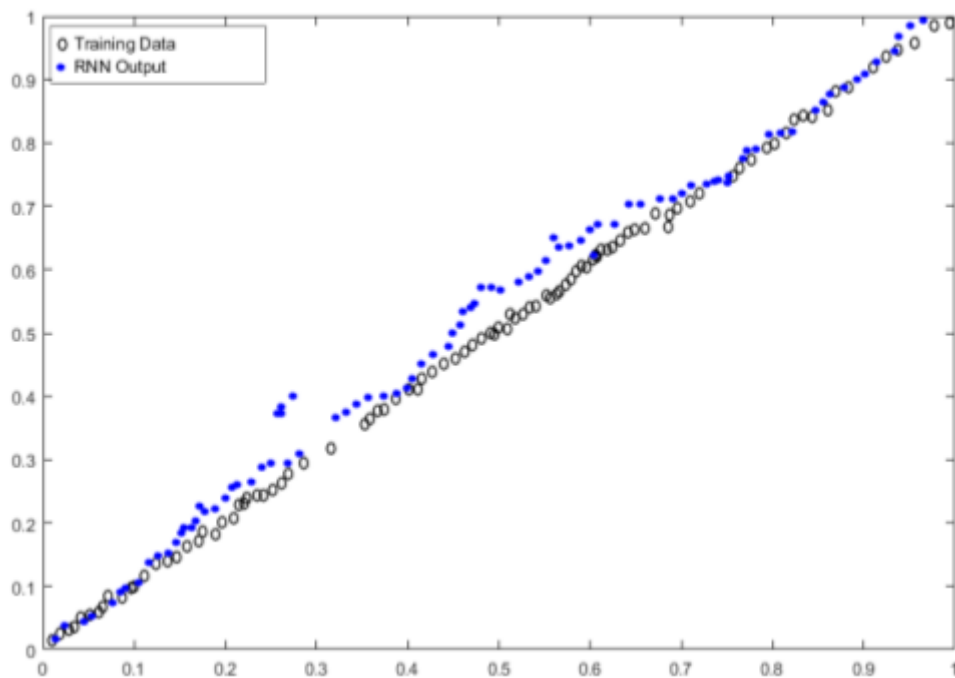


Figure IV. 21: Comparaisons entre la valeur réel et valeur prédictive par RNN

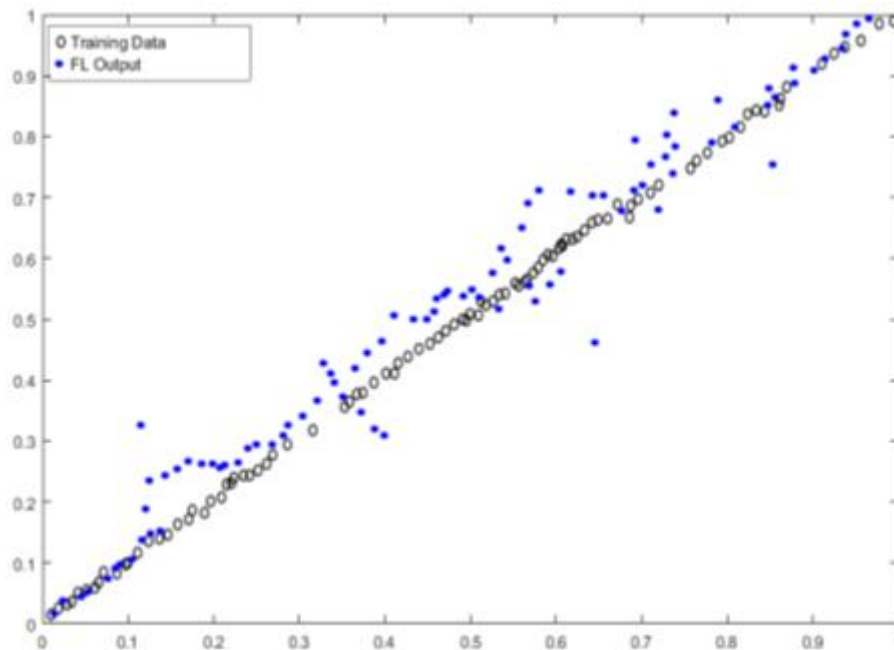


Figure IV. 22: Comparaisons entre la valeur réel et valeur prédictive par FL

#### IV.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons détaillé les différents modèles effectués pour l'évaluation du risque de projet. L'expérimentation comparative de nos modèles sur le jeu des données réelles 120 projets de construction, chiffrées et détaillées par l'analyse SWOT ont permis de surpasser les évaluations telles qu'elles sont pratiquées souvent dans les projets, c'est-à-dire avec calcul précis. Au-delà des résultats obtenus pour ces projets, il s'avère que la pratique de l'évaluation du risque a montré que notre approche répondre de manière optimale de prédire les risques.

Comme conclusion, On peut dire que notre modèle, optimisé mathématiquement a permis de classer correctement la totalité de la base de données pour gérer les risques de projet. C'est parce qu'il les facteurs d'entrée de notre modèle sont correctement sélectionnées, et qui sont les plus pertinentes parmi l'ensemble des indicateurs.

## **CONCLUSION GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

L'objectif de notre recherche est également de suggérer des solutions adéquates en matière de gestion du risque à travers le développement d'un modèle basé sur les facteurs du risque affectant sur le processus d'appel d'offre.

Ce travail a débuté d'abord, par une étude bibliographique portant sur la recherche s'inscrit dans le cadre de programmes régionaux dont l'objet est d'adapter les nouvelles Technologies, aux besoins de formation essentiellement en environnement de projet de construction, à la lumière des résultats de ces études portant sur les facteurs de succès ou l'échec de ces projets. C'est pour répondre à notre question principale de recherche, qui était de savoir comment gérer les risques liés à l'environnement externe et interne des projets de construction algérienne à travers ses facteurs déterminants dans le but d'obtenir une meilleure qualité des projets de construction.

Les techniques présentées dans cette thèse sont utilisées pour développer notre modèle. Nous avons démarrée par une analyse SWOT pour l'identification des facteurs interne et externe de l'environnement du projet. Puis, notre modèle est développée pour la modélisation de risque rencontrés dans le domaine de construction puisqu'on la capacité d'apprentissage des modèles sur un ensemble de données lui permet d'adopter une réaction conforme face à des différents facteurs.

Premièrement, nous avons élaboré une analyse SWOT pour identifier les facteurs sont alors nécessaires pour comprendre les risques inhérents à qui influent sur le processus d'appel d'offres relatives aux projets de construction pendant tous ce processus. Les débats actuels sur ces évaluations indiquent qu'il est nécessaire de poursuivre ce type d'étude des modalités effectives d'évaluation mises en œuvre. Et la possibilité d'appliquer cette méthode est nécessaire durant l'exécution des projets afin de limiter les conséquences d'impact de ces risques sur l'état final du projet et

obtenu un projet réussit et rentable.

Ensuite, la partie théorique inclut le chapitre trois présent les bases des techniques discutées dans ce travail, et sert un cadre en vertu duquel le raisonnement logique et les données imprécises peuvent contribuer à l'analyse des risques. Puisque, la portée des applications possibles est vaste pour les systèmes d'intelligence artificielle. Ces techniques permet un traitement original de l'incertitude, en formalisant le traitement de la connaissance partielle et de l'inconsistance des systèmes d'information. Dans ce sens, ce travail de recherche a évalué les méthodes et théories applicables dans la gestion du risque associé aux projets de construction. À l'aide d'un système d'intelligence artificiel convenable, il est possible d'analyser et classifier constamment plusieurs risques qui ne sont pas bien compris. Par conséquent, les principaux risques doivent être recensés, évalués et gérés à l'aide de dispositions appropriées.

Enfin, La nouveauté de notre approche consiste dans l'intégration de la logique floue par les réseaux de neurone. La prise en compte du temps dans les réseaux est calquée sur le modèle du réseau de neurone qui nous permet l'intégration facile des mécanismes pour la modélisation notre problème.

L'objectif a été de voir les possibilités d'extension de décrit une nouvelle stratégie prédictive du risque à des systèmes non linéaires décrits par des systèmes neuro-flous. L'approche proposée repose sur l'utilisation d'un modèle neuro-flou pour 2prédire l'état de projets de construction à travers les facteurs du risque, afin de déterminer un modèle optimal. Donc, le modèle de prédiction est conçu à partir d'un réseau neuro-flou avec des facteurs fixes après un apprentissage. Cette modélisation non linéaire ne nécessite pas une connaissance du modèle du procédé, elle a seulement besoin d'informations sur les entrées/sorties du procédé. Il est clair que notre étude, sur l'application de la modèle prédictif neuro-flou au système non linéaire, aboutit à des résultats satisfaisants.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] AFNOR (2011), Les fondamentaux de la gestion de projet, [www.afnor.org](http://www.afnor.org).
- [2] PMBOK (2000), a guide to the Project Management Body of Knowledge 2000 Edition.
- [3] B.F. Akinbile, M. Ofuyatano, O.Z. Oni, O.D. Agboola, (2018), risk management and its influence on construction project in NIGERIA. NNALS of faculty engineering hunedoara – international journal of engineering. Tome xvi.
- [4] Hadyan Fahad Al-Ajmi, Emmanuel Makinde, (2018), Risk Management in Construction Projects. Journal of Advanced Management Science Vol. 6, No. 2, June 2018.
- [5] Luiz Henrique Rodrigues-Da-Silva, José António Crispima, (2014), the project risk management process, a preliminary study. Procedia Technology 16 (2014) 943 – 949.
- [6] Kim, Ji-Myong; Kim, Taehui; Son, Kiyoun; Bae, Junseo; Son, Seunghyun (2019), A quantitative risk assessment development using risk indicators for predicting economic damages in construction sites of South Korea. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 18(5), 472-478.
- [7] Gilles Garel, Vincent Giard, Christophe Midler, (2001), Management de projet et gestion des ressources humaines. Thèse de doctorat, Université Paris1.
- [8] Ann-Laure Bassetti, (2002), Gestion du changement, gestion de projet : Convergence - divergence. Cas des risques en conception et mise en place d'une organisation de management de l'environnement. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Centre de Paris.
- [9] Greeshma R Krishnan, Minu Anna Johny, (2016), Assessment of Risk Factors in Construction Project Using PI Method. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395 -0056; p-ISSN: 2395-0072 Volume: 03 Issue: 09.
- [10] K, Jayasudha. B, Vidivelli. (2016), analysis of major risks in construction projects, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 11(11),6943-6950.
- [11] ISO 10006, 2003(F), Systèmes de management de la qualité-Lignes directrices pour le management de la qualité dans les projets. Preview only

via ILNASE-shop.

- [12] Esra Tepeli, (2014), processus formalise et systématique de management des risques pour des projets de construction complexes et stratégiques. Thèse de doctorat, Université de bordeaux.
- [13] Élodie RODNEY, (2016), développement d'une méthode de gestion des risques de projet et d'aide à la décision en contexte incertain. Thèse de doctorat, Université de bordeaux.
- [14] Anood Altoryman, (2014), Identification and assessment of risk factors affecting construction projects in the Gulf region: Kuwait and Bahrain. Thèse de doctorat, University of Manchester.
- [15] Emmanuel Rwagasana, Githae Wanyona, Titus Kivaa (2019), Evaluation of Risk Management Practices in Construction Projects in Rwanda. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-2.
- [16] Mr.Shubham.A. Simant, Mr.Swapnil.S. Shinde, Mr.Swapnil. M. Sinha, Mr.Rhushikesh. D.Musale, Prof, D.D. Kadam (2017), literature review based on risk management in building construction. International Journal of Advance Research in Science and Engineering. Vol.No.6, Issue No.03.
- [17] Trong Hung Nguyen, (2011), contribution à la planification de projet : proposition d'un modèle d'évaluation des scenarios de risque-projet. Thèse de doctorat, Université de Toulouse.
- [18] Simone Teresinha Da Veiga, (2010), Proposition d'une méthode de management des risques multi-projets : application à l'Institut Curie - Hôpital. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Centre de Paris.
- [19] Frank Marle, Ludovic Alexandre Vidal, (2011), Project risk management process: improving coordination using a clustering approach. Research in Engineering Design, Springer Verlag, 2011, 22, pp.189-206. 10.1007/s00163-011-0.106-9.
- [20] Molefi Nketekete, Fidelis Emuze & John Smallwood (2016), Risk management in public sector construction projects: Case studies in Lesotho. Acta Structilia 2016 23(2): 1-24. 18820/24150487/as23i2.1. ISSN: 1023-0564. e-ISSN: 2415-0487.
- [21] Patrick X.W. Zou, Guomin Zhang, Jiayuan Wang (2007), Understanding the key risks in construction projects in China. International Journal of Project Management 25 (2007) 601–614.
- [22] Divya Gupta, Manoj Sharma, Dr.Ashutosh Shankar Trivedi, (2016), Risk

Management: Identifying Key Risks in Construction Projects. International Journal of Civil and Structural Engineering Research. ISSN 2348-7607 (Online) Vol. 4, Issue 1, pp: (9-15), Month: April 2016 - September 2016.

- [23] V.Sakthiniveditha, Pradeep.T, (2015), A Study On Risk Assessment In The Construction Of High-Rise Buildings. Indian Academy of Sciences. International Journal of Science and Engineering Research (IJOSER), Vol 3 Issue 2 February -2015. 3221 5687, (P) 3221568X.
- [24] Mehdi zadeh Rasooli, Breyse Denys, Taillandier Franck, Niandou Halidou (2011), Advanced methodology of Risk breakdown structure developing for risk management of tunneling and construction projects. Université Bordeaux, I2M, GCE, Avenue des Facultés, Université Bordeaux I, 33405, Talence cedex,France.
- [25] Shamas-ur-Rehman Toor, Stephen O. Ogunlana (2009), Construction professionals' perception of critical success factors for large-scale construction projects. Construction Innovation. Vol. 9 No. 2, 2009 pp. 149-167.
- [26] Sviraj Konde, Pravin Minde. (2017), Identification and Assessment of Risks in Construction Projects: A Case of Pune City. International Journal of Engineering Science and Computing, Volume 7 Issue N°10.
- [27] Charith Kaushalya Fernando, M. Reza Hosseini, Edmundas Kazimieras Zavadskas, B. A. K. S. Perera, Raufdeen Rameezdeen. (2017), managing the Financial Risks affecting Construction Contractors: Implementing Hedging in Sri Lanka, International Journal of Strategic Property Management. ISSN1648-715X/ eISSN 1648-9179, Volume 21(2):212–224.
- [28] Mundhir Mahmood Abdullah Al-Hasani, (2018), An Investigation into Risk Management Practices in Construction Projects: The case of United Arab Emirates. Thèse de doctorat, Bond University. Queensland, Australia.
- [29] Ivana Burcar Dunovic, Mladen Radujkovic, Mladen Vukomanovic (2016), internal and external risk based assessment and evaluation for the large infrastructure projects. Journal of civil engineering and management ISSN 1392-3730 / eISSN 1822- 3605, Volume 22(5): 673–682.
- [30] Pert rehacek (2017), Risk Management in construction projects. Journal of Engineering and Applied Sciences 12(20): 5347-5352. ISSN: 1816- 949X.
- [31] ISO/IEC CD 2 Guide 73, 2008, WG on Risk management-vocabulary
- [32] Lilis Sulastri, Sri Utami Ady, Tomy Fitrio, Angga Hapsila, Miftahus Surur, (2019), Review of Project Risk Management and Risk Assessment. Journal of Environmental Treatment Techniques 2019, Special Issue on Environment Management and Economy. Pages: 1117-1120. ISSN:2309-1185.

- [33] Hamzah Abdul-Rahman, Chen Wang, Farhanim Sheik Mohamad, (2015), Implementation of Risk Management in Malaysian Construction Industry: Case Studies. Hindawi Publishing Corporation, Journal of Construction Engineering, Volume 2015, Article ID 192742.
- [34] Aksana Jihad mohammed, (2016), a study for significant risks and their effects on construction projects in erbil city. Journal of Engineering and Sustainable Development, Vol. 20, No.04, (ISSN2520-0917).
- [35] Shahid Iqbal, Rafiq M. Choudhry, Klaus Holschemacher, Ahsan Ali, Jolanta Tamošaitienė, (2015), risk management in construction projects. Technological and economic development OF ECONOMY, ISSN 2029-4913 / eISSN 2029-4921, 2015 Volume 21(1): 65–78.
- [36] Olivier Jenn, (2008), outils de gestion du « risque fournisseur » : méthodes et modeles pour la sélection des fournisseurs. Thèse de doctorat, Université du Québec a Montréal.
- [37] Majda Lachhab, (2018), Proposition d'un outil d'aide à la décision multicritère sous incertitudes à base de colonies de fourmis : une approche intégrée appliquée à la gestion des risques dans les projets d'ingénierie système. Thèse de doctorat, Université de Toulouse.
- [38] F.K. Khartabil, D. Breysse, F. Taillandier. (2013). on the risk management of construction project: a knowledge-based approach. In: 21ème Congrès Français de Mécanique Bordeaux, 26 au 30 août2013.
- [39] S. M. Renuka, C. Umarani, S. Kamal. (2014), A Review on Critical Risk Factors in the Life Cycle of Construction Projects, Journal of Civil Engineering Research 2014, 4(2A): 31-36.
- [40] E.Rodney, D.Breysse, Y.Ledoux, Y.Ducq. (2015). Gestion intégrée des risques dans les projets de construction: application à un projet de construction de centrale solaire thermodynamique. In: 33èmes Rencontres de l'AUGC, ISABTP/UPPA, Anglet, 27 au 29 mai 2015.
- [41] Arati Chougule Ashish Waghmare, (2015), Risk Management in High- Rise Building Construction. IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development| Vol. 3, Issue 06, 2015 | ISSN (online): 2321- 0613.
- [42] Santosh B Mohite, Prof. Upendra R. Saharkar, (2015), to study of risk management techniques for construction projects in Mumbai region. International journal of pure and applied research in engineering and technology. Volume 3 (9): 148-157. ISSN: 2319-507X.
- [43] Marc FUMEY, (2001), Méthode d'Evaluation des Risques Agrégés : application au choix des investissements de renouvellement d'installations. Thèse de doctorat, Université de Toulouse.

- [44] Mr.C.Sivakarhikeyan, Mr.M.Moorthy, Dr.M.Muralikrishnan, Dr.R.Balamurugan, (2019), Assessing and managing potential risk in industrial construction. International Journal of Intellectual Advancements and Research in Engineering Computations. ISSN: 2348-2079. Volume-7 Issue-2.
- [45] V, Sathishkumar. P, N.Raghunath. K, Sugma. (2015), “Critical Factors Influencing to Management Risk in Construction Projects”, The International Journal Of Engineering And Science (IJES). 4(1),37-46.
- [46] Rafiq, M.CH. Khurram, I. (2013), “Identification of Risk Management System in Construction Industry in Pakistan”, Journal of Management in Engineering. 29,42-49.
- [47] Kerur S & Marshall W (2012). Identifying and managing risk in international construction projects, International Review of Law 2012:8.
- [48] Patel Kishan. Dr. Rajiv Bhatt, Prof. J. J. Bhavsar, (2014), A Study of Risk Factors Affecting Building Construction Projects. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). ISSN: 2278-0181, Vol. 3 Issue 12, December-2014.
- [49] M. Juan Diego Botero Lopez, (2014), gestion des risques par retour d'expérience dans le processus de réponse a appel d'offres. Thèse de doctorat, Université de Toulouse.
- [50] Mohamed Fergany, Mohamed Badawy, and Omar El-Nawawy, (2019), Risk assessment Model for Residential Construction Projects. Al-Azhar University Civil Engineering Research Magazine (CERM), vol. (41) NO. (3) July, 2019.
- [51] Mubin M. Shaikh, (2015), risk management in construction projects. International journal of current engineering and scientific research (IJCESR).ISSN (PRINT):2393-8374, (ONLINE):2394-0697, VOLUME-2, ISSUE-2, 2015.
- [52] Pejman Rezakhani. (2012), Current state of existing project risk modeling and analysis methods with focus on fuzzy risk assessment – Literature Review. Frattura ed Integrità Strutturale, 20 (2012) 17-21.
- [53] Cheng Siew Goh and Hamzah Abdul-Rahman, (2013), the Identification and Management of Major Risks in the Malaysian Construction Industry. Journal of Construction in Developing Countries, 18(1) ,19–32.
- [54] Divya Gupta, Manoj Sharma, Dr. Ashutosh Shankar Trivedi, (2015), Risk Management In Construction Projects Of Developing Countries. Divya Gupta et al. Int. Journal of Engineering Research and Applications. ISSN: 2248-9622, Vol. 5, Issue 11, (Part - 5) November 2015, pp.154-156.

- [55] Kavin Patel, Jitendra Patel, (2019), Risk Identification and Applying Risk Management Technique in Construction Project. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). ISSN: 2321-9653; IC Value: 45.98; SJ Impact Factor: 7.177. Volume 7.
- [56] Azadeh Sohrabinejad, Mehdi Rahimi, (2015), Risk Determination, Prioritization, and Classifying in Construction Project Case Study: Gharb Tehran Commercial-Administrative Complex. Journal of Construction
- [57] Shreyas Suthar, Dr. Jayeshkumar Pitroda, (2017), Critical Literature Review on a Study on Identification and Assessment of Risk Factors Affecting Real Estate Projects–Case Study of Central Gujarat. International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT), Volume 5, and Issue 4 December 2017 ISSN: 2320-2882.
- [58] Imen Ben Kahla - Touil, (2011), Gestion des risques et aide à la décision dans la chaîne logistique hospitalière : Cas des blocs opératoires du CHU Sahloul. Thèse de doctorat, école centrale de Lille.
- [59] Krystyna Araszkievicz. (2015), building information modelling: an innovative way to manage risk in construction projects. International Journal of Contemporary Management. Volume 14 (2015) Number 3, s. 23–40.
- [60] Aduma, L. K. & Kimutai, G. (2018), risk management practices and performance of construction projects in nairobi city county government, KENYA. International Academic Journal of Information Sciences and Project Management | Volume 3, Issue 2, pp. 111-136. ISSN 2519-7711.
- [61] Mohamed-Habib MAZOUNI, (2008), Pour une Meilleure Approche du Management des Risques : De la Modélisation Ontologique du Processus Accidentel au Système Interactif d’Aide à la Décision. Thèse de doctorat, Université de lorraine.
- [62] R A Bahamid, S I Doh (2017), A review of risk management process in construction projects of developing countries. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.
- [63] Jean-Yves Moine (2013), Le grand livre de la gestion de projet. Edition AFNOR. 2013.
- [64] E. Tepeli, D. Breysse, F. Taillandier, L. Demilecamps, A. Denat, B. Hudrisier, H. Niandou, (2013), Processus Formalisé et Systémique de Management des risques pour des projets de construction complexes et stratégiques. 21ème Congrès Français de Mécanique.
- [65] Muhammad Abdul Rehman, Dr. Tahir Iqbal, Dr. Muhammad Shakil, (2017), Identification of Risk Factors associated with Pakistan’s Construction Industry-Project Manager Perspective. International Journal of Business and

- [66] Lise Chrétien, Guy Arcand, Geneviève Tellier, Michel Arcand, (2005), Impacts des pratiques de gestion des ressources humaines sur la performance organisationnelle des entreprises de gestion de projets. *Revue internationale sur le travail et la société*.
- [67] Elodie Rodney, Denys Breysse, Yann Ledoux, (2015), Yves Ducq. Gestion intégrée des risques dans les projets de construction: application à un projet de construction de centrale solaire thermodynamique. *Rencontres Universitaires de Génie Civil, Bayonne, France*. hal- 01167708.
- [68] Nur Fazlina Abdul Rahman, Adekunle Qudus Adeleke (2018), The Relationship between Effective Communication and construction Risk Management among Kuantan Malaysian Construction Industries, *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, Volume 10, Issue 1 pp: 18-24. ISSN: 2462-1943.
- [69] Luka Goji Tipili and Professor Ibrahim Yakubu (2016), identification and assessment of key risk factors affecting public construction projects in nigeria: stakeholders perspectives, *International Journal of Engineering and Advanced Technology Studies*. Vol.4, No.2, pp: 20-32.
- [70] Carolynn Black, Akintola Akintoyeb, Eamon Fitzgerald (2000), An analysis of success factors and benefits of partnering in construction, *International Journal of Project Management* 18 (2000). pp: 423-434.
- [71] Vishal Kumar Gupta, And Jitesh J Thakkar, (2018), A quantitative risk assessment methodology for construction project. *Indian Academy of Sciences. Sādhanā* (2018) 43:116, <https://doi.org/10.1007/s12046-018-0846-6>.
- [72] Taroun, A., Yang, J.B. and Lowe, D., (2011), Construction Risk Modelling and Assessment: Insights from a Literature Review. *The Built & Human Environment Review*, Volume 4, Special Issue1.
- [73] Cagliano A.C.; Grimaldi S.; Rafele C. (2015). Choosing project risk management techniques. A theoretical framework. In: *JOURNAL OF RISK RESEARCH*, vol. 18 n. 2, pp. 232-248. - ISSN1366-9877.
- [74] Julinda Keci (2014), A User-Oriented Implementation of Risk Breakdown Structure in Construction Risk Management. Volume 8, No. 5 (Serial No. 78), pp. 529-537. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, ISSN 1934-7359, USA.
- [75] Daniel Baloi (2012), Risk Analysis Techniques in Construction Engineering Projects. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, Vol. 2, No. 2, 115-

123.

- [76] Kaouthar Cherkaoui, (2017), planification tactique des grands projets d'ingénierie et de construction. Thèse de doctorat, Université de Montréal.
- [77] Alili, Bashkim, "Risk assessment in the implementation of construction projects in developing countries"(2016).UBT International Conference.
- [78] Nguyen, Nhat Hong and Skitmore, Martin and Wong, Johnny Kwok Wai (2009) Stakeholder impact analysis of infrastructure project management in developing countries: a study of perception of project managers in state-owned engineering firms in Vietnam. *Construction Management and Economics*, 27(11). pp.1129-1140.
- [79] Sudarshan, N.A. And Prof, R.S. (2014), "risk management in construction projects", *International Journal of Advances in Applied Science and Engineering (IJAEAS)*. 1(3),162-166.
- [80] Surabhi, M. and Brajesh, M. (2016), "A Study on Risk Factors Involved in the Construction Projects", *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 5(2),1190-1196.
- [81] Ubani. Emmanuel, C. and Amade. Benedict. Okorochoa. Kevin, A. and Afwu. Franklin,O. (2015), "Project Risk Management Issues in the Nigerian Construction Industry", *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR)*., 3(1),217-232.
- [82] Vanessa Patricia Manotas Nino, (2017), Amélioration de la maîtrise des risques dans les projets par l'utilisation des mécanismes de retour d'expérience. Thèse de doctorat, Université de Toulouse.
- [83] Steven J Taylor, Robert Bogdan, Marjorie L DeVault, 1949, *Introduction to qualitative research methods: a guidebook and resource*. A Guide book and Resource 4thedition.
- [84] Murat Gunduz, Ahmad Mohammed Ali Yahya (2015), *Analysis of project success factors in construction industry. Technological and Economic Development of Economy*.
- [85] Hafida Lmoussaoui, Hicham Jamouli (2015), A new method for project risk identification : Case study of à real construction project. *international Journal of Enhanced Research in Management &Computer Application*, vol 4, pp (17-22).
- [86] F.Taillandier, F.Khartabil Et All (2013), gestion des risques dans les projets de construction par simulation multi –agent . *journal of Project management*, 25,33045.
- [87] Jabour, F (2009), *Identification des risques pour les projets de construction :*

revue des pratiques internationales et propositions. *Journal of Project management*, 25,494-606.

- [88] Shuaibi Saminu, Raj Prasad (2011), a study of various factors affecting risk management techniques in construction project : a case study of India. *International Journal Of Research in Engineering and Tecchnology*.
- [89] Pejman Rezakhani (2012), fuzzy mcdm model for risk factor selection in construction projects. *Engineering Journal* Volume 16 Issue 5.
- [90] Preeda Sansakorn, Min An (2015), development of risk assessment and occupational safety management model for building construction projects. *international Journal of civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering* Vol : 9, No:9.
- [91] Mohamed akli achabou, (2015), L'environnement institutionnel dans la décision stratégique de l'entreprise émergente: cas de l'industrie sucrière algérienne. Thèse de doctorat, Université de Montpellier.
- [92] Vladimir, C. and Oleksandar, D. and Liudmyla, D. (2016), Fuzzy logic approach to SWOT analysis for economics tasks and example of its computer realization, *Bulletin of the Transilvania University of Brasov*, 9(58),317-326.
- [93] Medaregnarou Boubir Hana, (2015), les dimensions des mutations démofonctionnelles du système urbain wilaya tebessi : le rôle des stratégies de développement sur son organisation hiérarchique 1966-2008. Thèse de doctorat, Université de Mohamed Khider –Biskra.
- [94] Hamzaoui Fethi, (2015), Management des risques dans la construction dans l'environnement algérien : Intégration de la méthodologie RBS dans l'approche par le REX. Thèse de doctorat, Université de Abou-bekr belkaid Tlemcen.
- [95] Micael I.Jordan (1986), SERIAL ORDER: A PARALLEL DISTRIBUTED PROCESSING APPROACH, Institute for Cognitive Science, La jolla, California92093.
- [96] J. J.Hopfield. (1982), Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities, *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America (PNAs)*, 79(1982), 2554-2558.
- [97] Georges Sarkis, (1992), Communications entre les systèmes de CAO et les systèmes experts à bases de connaissances en bâtiment dans un environnement d'intelligence artificielle. Thèse de doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
- [98] Warren S. And Mcculloch. Walter Pitts. (1943), "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity", *Bulletin of Mathematical Biophysics*.

5(1943),115-133.

- [99] D. O. Hebb, (1949), the organization of behavior 'A neuropsychological theory'. New york. John wiley.
- [100] Bernard widrow, Marcian E Hoff, (1960), Adaptive switching circuits. IRE WESCON Convention, New York: IRE, pp.96-104.
- [101] David H Ackley, Geoffrey E Hinton, Terrence J Sejnowski, (1985), A learning algorithm for boltzmann machines. Cognitive Science 9: 147- 169.
- [102] D E Rumelhart, G E Hinton, R J Williams, (1986), Risk Learning internal representations by error propagation. Parallel distributed processing. Vol. 1, pp:318-362.
- [103] Aifang Ma, (2018), L'intelligence artificielle en Chine: un état des lieux. HAL Id:hal-02186714<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02186714>.
- [104] Lotfi BAGHLI, (1999), Contribution à la commande de la machine asynchrone, utilisation de la logique floue, des réseaux de neurones et des algorithmes génétiques. Thèse de doctorat, Université de Henri Poincaré, Nancy-I.
- [105] Nicolas Palluat, Daniel Racoceanu, Noureddine Zerhouni, (2005), Utilisation des réseaux de neurones temporels pour le pronostic et la surveillance dynamique: Etude comparative de trois réseaux de neurones récurrents. RSTI - RIA. Volume 19 – n° 6/2005, pp 911-948.
- [106] Marco Dinarelli, Isabelle Tellier, (2016), Étude de réseaux de neurones récurrents pour l'étiquetage de séquences. Actes de la conférence conjointe JEP-TALN-RECITAL 2016, volume 2.
- [107] Wiem Mouelhi-Chibani, (2012), Apprentissage autonome de réseaux de neurones pour le pilotage en temps réel des systèmes de production basé sur l'optimisation via simulation. Thèse de doctorat, Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II.
- [108] Mohsen, A. and Kouros, B. and Abdollah, A. and Zoran, K. (2017), "comprehensive risk management using fuzzy fmea and mcda techniques in highway construction projects", journal of civil engineering and management. 23(2), 300-310.
- [109] M.H. Zirakja, R. Samizadeh, (2011), Risk Analysis in E-commerce via Fuzzy Logic. Int. J. Manag. Bus. Res., 1 (3) ,99-112.
- [110] Shanmuganathan N, Dr. G.Baskar, (2017), Safety and Quality Analysis Model in Construction Projects using Fuzzy Logic. Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities? Vol. 7, No. 1, January 2017, pp. 563-577. ISSN 2249-7315, A Journal Indexed in Indian Citation Index.

- [111] Lavin B, and V. Visalakshi, (2018), Risk analysis for a customer in a construction project using fuzzy models. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. Volume 119 No. 13 2018, 191-199. ISSN: 1314- 3395.
- [112] A. Nieto-Morote, F. Ruz-Vila, (2011), A fuzzy approach to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management* 29 (2011) 220–231.
- [113] Babak A. Samani, Farzad Shahbodaghlou, Hamada Kamel, (2012), A Fuzzy Systematic Approach to Construction Risk Analysis. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, Vol. 2, No. 4 (December 2012), 275- 284.
- [114] A. Sotoodeh Gohar, M. Khanzadi, Maryam Farmani, (2012), Identifying and Evaluating Risks of Construction Projects in Fuzzy Environment: A Case Study in Iranian Construction Industry. *Indian Journal of Science and Technology*, Vol: 5. ISSN: 0974-6846.
- [115] Hesham Abd El Khalek, Remon Fayek Aziz, Hamada Mohamed Kamel, (2016), Risk and Uncertainty Assessment Model in Construction Projects Using Fuzzy Logic. *American Journal of Civil Engineering*; 4(1) pp: 24- 39. doi: 10.11648/j.ajce.20160401.13, ISSN: 2330-8729 (Print); ISSN: 2330-8737 (Online).
- [116] Emad Roghanian, Fatemeh Mojibian, (2015), Using fuzzy FMEA and fuzzy logic in project risk management. *Iranian Journal of Management Studies (IJMS)*, Vol.8, No.3, pp: 373-395. Online ISSN: 2345-3745, print ISSN: 2008-7055.
- [117] A. Arokiya Prakash, (2017), risk assessment of residential buildings in Indian construction industry by application of fuzzy. *International journal of civil engineering and technology (IJCIET)*, Volume 8, Issue 4, April 2017, pp. 884-894.
- [118] Hesham Abd El Khaleka, Remon F. Aziz, Hamada Kamel, (2017), International Construction Projects' Risk Cost Estimation: Fuzzy Logic and AHP in Application (Real Case Studies). *Journal of Buildings and Sustainability*.
- [119] Katti Rhushikesh Siddhappa, B. A. Konnur, Amarsinh B. Landage, (2016), Risk Analysis of Construction Projects using Fuzzy Logic. *International Journal of Engineering Research* ISSN: 2319-6890(online), 2347-5013(print), Volume No.5, Issue Special 1 pp: 274-276.
- [120] C. Sadhana, S. Shanmugapriya, (2017), Assessment of Risk in Construction Projects by Modified Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. Volume: 04 Issue: 03. e-ISSN: 2395 -0056, p-ISSN: 2395- 0072.

- [121] Alireza Valipour, Nordin Yahaya, Norhazilan Md Noor, Simona Kildienė, Hadi Sarvari, Abbas Mardani, (2015), a fuzzy analytic network process method for risk prioritization in freeway ppp projects: an Iranian case study. *Journal of civil engineering and management*. ISSN1392-3730/eISSN1822-3605, 2015 Volume 21(7): 933–947.
- [122] Tarek Zayed, Dalia Mohamed, Florida Srouf, Wael Tabra, (2013), Assessing Time Contingency of Construction Projects Using Simulation- based Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Architecture, Engineering and Construction*. Vol 2, No 4, 259-270.
- [123] Ankur Gupta, Sohit Agrawal, Mukesh Pandey, (2018), case study on risk management in construction project using fuzzy approach. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*. Volume 5, Issue 01, January -2018. e-ISSN (O): 2348-4470, p-ISSN (P):2348-6406.
- [124] A. Ardeshir, M. Mohajeri and M. Amiri, (2019), Evaluation of safety risks in construction using Fuzzy Failure Mode and Analysis (FFMEA). *Scientia Iranica A* (2016) 23(6), 2546-2556.
- [125] Sarra Ayouni, (2012), Etude et Extraction de Règles graduelles floues : Définition d'algorithmes efficaces. Thèse de doctorat, Université de Tunis ElManar.
- [126] Suneeta Mohanty, Sharmistha Roy, Mrinmoy Ganguly, Prasant Kumar Pattnaik. (2019), Risk Assessment for Project Construction Based On User Perspective: An Experimental Analysis Using AHP. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*. ISSN: 2278-3075, Volume-8, Issue-9.
- [127] Laryea, S., Badu, E. Dontwi, I. K. (2007). The price of risk in construction projects: contingency approximation model. In: 5th International Conference on Construction Project Management / 2nd International Conference on Construction Engineering and Management, 1-2 March 2007, Nanyang Technological University, Singapore.
- [128] H.B. Zhou, H. Yao & W.J. Gao, (2009), Risk analysis and fuzzy comprehensive assessment on construction of shield tunnel in Shanghai metro line. *Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground – Taylor & Francis Group, London, ISBN978-0-415-48475-6*.
- [129] V. Carr, J.H.M. Tah. (2001), A fuzzy approach to construction project risk assessment and analysis: construction project risk management system. *Advances in Engineering Software*, pp 847-857.
- [130] Pejman Rezakhani (2012), classifying key risk factors in construction projects. *buletinul institutului politehnic din iași, Universitatea Tehnică*

„Gheorghe Asachi” din Iași, Tomul LVIII (LXII), Fasc. 2,2012.

- [131] A. Sotoudeh Gohar, M. Khanzadi and M. Parchami Jalal, (2011), Fuzzy MCDM for Evaluating Risk of Construction Projects. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(12), pp: 162-171. ISSN1991-8178.
- [132] Radek, D. (2016), an evaluation of total project risk based on fuzzy logic, business: theory and practice. 17(1), 23-31.
- [133] Taieb BESSAAD, (2017), Commande par logique floue d'un système multi-machines connectées en série. Thèse de doctorat, Université de Mohamed Boudiaf.
- [134] Mokeddem Diab, (2010), Contrôle Flou des Processus Biotechnologiques à Base d'Algorithmes Génétiques. Thèse de doctorat, Université de FERHAT ABBAS DESETIF.
- [135] Mehdi, E. and Reza, G. (2014), Construction Project Risk Assessment by Using Adaptive-Network-based Fuzzy Inference System: An Empirical Study, KSCE Journal of Civil Engineering., 00(0/000 0000), 1-15.
- [136] Chehla Alioua, (2011), Détection Adaptative CFAR Distribuée Utilisant la Logique Floue et les Réseaux Neuro-Flous. Thèse de doctorat, université Mentouri Constantine.
- [137] Taleb Amane, (2010), contribution des réseaux neuro- flous et algorithmes génétiques à la reconnaissance de la parole. Thèse de doctorat, université d'Oran Mohamed Boudiaf.
- [138] Cherroun Lakhmissi, (2014), Navigation Autonome d'un Robot Mobile par des Techniques Neuro-Floues. Thèse de doctorat, Université de Mohamed Khider –Biskra.
- [139] Dimitra Papachatzi And Yiannis Xenidis. (2019), risk management in construction projects using building information modelling. 2019 European Conference on Computing in Construction Chania, Crete,Greece.
- [140] Jyh, S.R.J. (1993), ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system, iee transactions on systems, man, and cybernetics, 23(3), 665-685.
- [141] Nicolas PALLUAT, (2006), Méthodologie de surveillance dynamique à l'aide des réseaux neuro-flous temporels. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté.
- [142] Zohra Bouzidi, (2018), Pronostic des systèmes industriels basé sur l'intelligence artificielle Maintenance prédictive. Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider –BISKRA.
- [143] Kourd Yahia, (2011), Génération des résidus par les outils de l'intelligence

artificielle pour le diagnostic des systèmes complexes. Thèse de doctorat, université de Badji Mokhtar-Annaba.

- [144] Otilia Elena Vasile - Dragomir, (2008), Contribution au pronostic de défaillances par réseau neuro-flou : maîtrise de l'erreur de prédiction. Thèse de doctorat, université de Franche Comté.
- [145] Hesham Abd El Khalek, Remon Fayek Aziz, Hamada Mohamed Kamel, (2016), Risk and Uncertainty Assessment Model in International Construction Projects Using Fuzzy Logic. International Journal of Innovative Research in Engineering & Management (IJIREM). ISSN: 2350-0557, Volume-3, Issue-2.
- [146] Jeffrey, L.E. (1990), Finding Structure in Time, COGNITIVE SCIENCE, 14(1990), 179-211.
- [147] C. Sadhana, S. Shanmugapriya, (2017), Assessment of Risk in Construction Projects by Modified Fuzzy Analytic Hierarchy Process. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Volume: 04 Issue: 03. www.irjet.net, e-ISSN: 2395 -0056, p-ISSN: 2395- 0072.
- [148] Iwona Pisz. (2011), Project Risk Assessment Using Fuzzy Inference System, Logistics and Transport No 2(13)/2011. Opole University of Technology, Poland.
- [149] Patel, A.M. and Jayeshkumar, R.P. and J, J.Bhavsar. (2013), "A Study of Risk Management Techniques for Construction Projects in Developing Countries", International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), 3(5), 139-142.
- [150] Savita Sharma and Pradeep K. Goyal, (2019), Applying "Fuzzy Techniques" in Construction Project Management. International Journal on Emerging Technologies 10(2): 384-391(2019). ISSN No. (Print): 0975-8364. ISSN No. (Online):2249-3255.

## **ANNEXES**

## Annexe A:

### L'analyse statistique de base de données utilisée pour l'entraînement des trois modèles par paquette SPSS

#### **Partie A. I:**

Les résultats issus de l'analyse statistique des données, au moyen du logiciel d'analyse de données Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Cette analyse automatisée a permis de faire ressortir les facteurs et son degré de relation avec la performance des projets de construction dans les tableaux ci- dessous :

Voici les résultats de l'analyse :

Tableau A.1 : Résultats d'analyse Statistiques descriptives

	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
Expérience dans le secteur de construction	120	1	2	1,17	,416
Ecart type du coût	120	1	3	1,47	,611
Taux d'avancement	120	1	2	2,30	,424
Expérience d'exécuté de projets similaire dans les 5 dernières années	120	1	2	1,28	,577
Les flux de trésorerie de travaux exécutés dans les 5 dernières années	120	1	4	1,82	,641
N valide (listwise)	120				

Dans le premier tableau, peut faire ressortir et vérifiez si les données sont dans les normes. Ou bien il faudra les corriger.

2- Ensuite, nous avons le tableau qui présente la fidélité d'une échelle de mesure :

**Tableau A.2 : Statistiques de fiabilité**

Alphade Cronbach	Alpha de Cronbach basé sur des éléments normalisés	Nombre d'éléments
,825	,824	5

Nous obtenons d'abord dans cette analyse la valeur de l'indice alpha de Cronbach. Il importe de noter que la valeur du coefficient est de 0,825. Par conséquent, nous remarquons qu'il n'y avait aucune valeur non satisfaisante pour

Cette échelle composée de cinq facteurs. Donc, la cohérence interne satisfaisante.

3- On à choisir selon la nature des variables, le test t sur les échantillons. Les tableaux suivants résumant l'application des tests dans l'analyse des facteurs proposée:

1- Expérience dans le secteur de construction

**Statistiques sur échantillon unique**

N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne
120	1,17	,416	,073

**Test sur échantillon unique**

	Valeur du test = 0					
	T	Ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Intervalle de confiance 95% de la différence	
					Inférieure	Supérieure
Expérience dans le secteur de construction	20,184	119	,000	1,267	1,14	1,41

Ce tableau interprète la taille d'un échantillon ayant une moyenne de 1,17.

On remarque aussi que la valeur de  $t = 20,184$  avec la valeur de possibilité (0.000) est plus petite que 0,005, on considérera donc que cette hypothèse significatif.

2- Ecart type du coût

**Test sur échantillon unique**

	Valeur du test = 0					
	T	Ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Intervalle de confiance 95% de la différence	
					Inférieure	Supérieure
Ecart type du coût	18,901	119	,000	1,500	1,34	1,66

On remarque que la valeur de  $t = 18,901$  avec la valeur de possibilité (0.000) est plus petite que 0,005, on considérera donc que cette hypothèse significatif.

### 3- Taux d'avancement:

#### Test sur échantillon unique

	Valeur du test = 0					
	T	Ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Intervalle de confiance 95% de la différence	
					Inférieure	Supérieure
Taux d'avancement	20,701	119	,000	1,400	1,37	1,44

On remarque que la valeur de  $t = 20,701$  avec la valeur de possibilité (0.000) est plus petite que 0,005, on considérera donc que cette hypothèse est significative.

### 4- Expérience d'exécution de projets similaire dans les 5 dernières années

#### Test sur échantillon unique

	Valeur du test = 0					
	T	Ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Intervalle de confiance 95% de la différence	
					Inférieure	Supérieure
Expérience d'exécution de projets similaire dans les 5 dernières Années	21,500	119	,000	1,483	1,25	1,64

On remarque que la valeur de  $t = 21,500$  avec la valeur de possibilité (0.000) est plus petite que 0,005, on considérera donc que cette hypothèse est significative.

### 5- Les flux de trésorerie de travaux exécutés dans les 5 dernières années

	Valeur du test = 0					
	T	Ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Intervalle de confiance 95% de la différence	
					Inférieure	Supérieure
Les flux de trésorerie de travaux exécutés dans les 5 dernières années	17,802	119	,000	1,933	1,84	2,03

On remarque que la valeur de  $t = 17,802$  avec la valeur de possibilité (0,000), on considérera donc que cette hypothèse est significative.

### **Partie A.II:**

Après l'analyse des impacts de tous les facteurs qui ont été proposés à partir de l'analyse SWOT. On a identifié et examiné quantitativement les facteurs des risques proposés pour notre modèle qui influent sur l'état des projets de construction au moyen des hypothèses suivantes :

### **Les hypothèses :**

Pour tester les hypothèses, nous avons utilisé le coefficient de Pearson ( $r$ ) pour déterminer s'il existe un impact entre ces facteurs et la rentabilité du projet.

1- Il existe un impact entre l'expérience dans le secteur de construction et l'état du projet.

**Corrélations**

		Le succès ou l'échec du projet	Expérience dans le secteur de construction
Le succès ou l'échec du projet	Corrélation de Pearson	1	,92
	Sig. (bilatérale)		,002
	N	120	120
Expérience dans le secteur de construction	Corrélation de Pearson	,92	1
	Sig. (bilatérale)	,002	
	N	120	100

Le coefficient  $R = 0,92$  avec une signification ( $p$ ) de 0,002 et elle est inférieure à la valeur spécifique (0,05), ce qui montre qu'il y a une forte relation et qu'il existe un impact significatif entre l'expérience dans le secteur de construction et l'état du projet. Donc nous acceptons l'hypothèse.

2- IL existe un impact entre l'écart type du coût et le succès ou l'échec du projet.

**Corrélations**

		Le succès ou l'échec du projet	Ecart type du coût
Le succès ou l'échec du projet	Corrélation de Pearson	1	0,76
	Sig. (bilatérale)		,000
	N	120	120
Ecart type du coût	Corrélation de Pearson	,76	1
	Sig. (bilatérale)	,000	
	N	120	120

Le coefficient  $R = 0,76$  avec une signification ( $p$ ) de 0,000 et elle est inférieure à la valeur spécifique (0.05), ce qui montre qu'il y'a une forte relation et qu'il existe un impact significatif entre l'écart type du coût et le succès ou l'échec du projet. Donc nous acceptons l'hypothèse.

3- IL existe un impact entre taux d'avancement et le succès ou l'échec du projet.

**Corrélations**

		Le succès ou l'échec du projet	Taux d'avancement
Le succès ou l'échec du projet	Corrélation de Pearson	1	,87
	Sigg. (bilatérale)		,000
	N	120	120
Taux d'avancement	Corrélation de Pearson	,87	1
	Sig. (bilatérale)	,000	
	N	120	120

Le coefficient  $R = 0,87$  avec une signification ( $p$ ) de 0,000 et elle est inférieure à la valeur spécifique (0.05), ce qui montre qu'il y'a une forte relation et qu'il existe un impact significatif entre taux d'avancement et le succès ou l'échec du projet. Donc nous acceptons l'hypothèse.

4- IL existe un impact entre expérience d'exécuté de projets similaire dans les 5 dernières années et le succès ou l'échec du projet.

### Corrélations

		Le succès ou l'échec du projet	Expérience d'exécuté de projets similaire dans les 5 dernières Années
Le succès ou l'échec du projet	Corrélation de Pearson	1	,91
	Sig. (bilatérale)		,000
	N	120	120
Expérience d'exécuté de projets similaire dans les 5 dernières années	Corrélation de Pearson	,91	1
	Sig. (bilatérale)	,000	
	N	120	120

Le coefficient  $R = 0,91$  avec une signification ( $p$ ) de 0,000 et elle est inférieure à la valeur spécifique (0.05), ce qui montre qu'il y'a une forte relation et qu'il existe un impact significatif entre expérience d'exécuté de projets similaire dans les 5 dernières années et le succès ou l'échec du projet. Donc nous acceptons l'hypothèse.

5- IL existe un impact entre les flux de trésorerie de travaux exécutés dans les 5 dernières années et le succès ou l'échec du projet.

### Corrélations

		Le succès ou l'échec du projet	Les flux de trésorerie de travaux exécutés dans les 5 dernières années
Le succès ou l'échec du projet	Corrélation de Pearson	1	,80
	Sig. (bilatérale)		,001
	N	120	120
Les flux de trésorerie de travaux exécutés dans les 5 dernières années	Corrélation de Pearson	,80	1
	Sig.(bilatérale)	,001	
	N	120	120

Le coefficient  $R = 0,80$  avec une signification ( $p$ ) de 0,000 et elle est inférieure à la valeur spécifique (0.05), ce qui montre qu'il y'a une forte relation et qu'il existe un impact significatif entre les flux de trésorerie de travaux exécutés dans

les 5 dernières années et le succès ou l'échec du projet. Donc nous acceptons l'hypothèse.

## Annexe B : Données d'entraînement et de test notre modèles

Tableau B : Les données d'entrée pour nos modèles

<b>N</b>	<b>Expérience dans le secteur de construction (X1)</b>	<b>Ecart type du coût (X2)</b>	<b>Taux d'avancement (X3)</b>	<b>Expérience d'exécuté de projets similaire dans les 5 dernières années (X4)</b>	<b>Les flux de trésorerie de travaux exécutés dans les 5 dernières années (X5)</b>
<b>1</b>	20 ans	-6 %	84,72	2 projets	425000000,00
<b>2</b>	4 ans	4 %	43,23	3 projets	150232464,20
<b>3</b>	10 ans	6 %	68,6	4 projets	123000000,00
<b>4</b>	6 ans	2 %	97,21	5 projets	2453359320,11
<b>5</b>	8 ans	-3 %	88,89	6 projets	160866383,01
<b>6</b>	3 ans	6 %	44,43	3 projets	93219846,61
<b>7</b>	11 ans	20 %	43,85	2 projets	25329425 ,87
<b>8</b>	22 ans	-7 %	58,44	9 projets	32252741,00
<b>9</b>	15 ans	4 %	85,02	10 projets	12000000,00
<b>10</b>	18 ans	6 %	19,01	4 projets	34159417,26
<b>11</b>	3 ans	-1%	81,07	5 projets	82000000,00
<b>12</b>	5 ans	4%	91,71	9 projets	60000000 ,00
<b>13</b>	7 ans	-7%	60.63	1 projet	32000000,00
<b>14</b>	4 ans	9%	92,21	2 projets	43251264,23
<b>15</b>	11 ans	10%	94,7	6 projets	15525236,99
<b>16</b>	15 ans	3%	55,45	3 projets	18951166,16
<b>17</b>	18 ans	-5%	90,4	1 projet	150123456,00

<b>N</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>X5</b>
<b>18</b>	22 ans	12%	94 ,51	11 projets	228879651,12
<b>19</b>	16 ans	-8%	97,55	3 projets	21000000,00
<b>20</b>	11 ans	7%	40	2 projets	25123456,99
<b>21</b>	6 ans	2 %	98,22	2 projets	64598745,25
<b>22</b>	6 ans	-5%	94,94	3 projets	35662254,25
<b>23</b>	4 ans	26%	68,93	4 projets	20321698,25
<b>24</b>	3 ans	4%	44,65	5 projets	77369254,12
<b>25</b>	22 ans	-6%	100	5 projets	32000000,00
<b>26</b>	19 ans	-2%	97,48	2 projets	120000000,00
<b>27</b>	12 ans	9%	47,49	2 projets	42000000,00
<b>28</b>	17 ans	3%	89,48	2 projets	85232654,21
<b>29</b>	10 ans	10%	69	5 projets	35000000,00
<b>30</b>	2 ans	-6%	49,21	3projets	150000000,00
<b>31</b>	4 ans	2%	35,82	3 projets	88659247,23
<b>32</b>	11 ans	7%	90,73	3 projets	145000000,00
<b>33</b>	13 ans	2%	98,29	5 projets	32088617,90
<b>34</b>	18 ans	-12%	66,09	6 projets	260000000,00
<b>35</b>	11 ans	14%	45	6 projets	72000000,00
<b>36</b>	13 ans	3%	48,02	3 projets	70509146,00
<b>37</b>	30 ans	18%	77,14	8 projets	30000000,00
<b>38</b>	11 ans	7%	72,96	9 projets	52000000,00
<b>39</b>	19 ans	6%	85,23	8 projets	42000000,00
<b>40</b>	6 ans	4%	44,1	3 projets	75000000,00
<b>41</b>	28 ans	21%	96,58	2 projets	50243156,32
<b>42</b>	10 ans	4%	77 ,12	3 projets	124304818,65

<b>N</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>X5</b>
<b>43</b>	11 ans	22%	75,36	4projets	120000000,00
<b>44</b>	22 ans	16%	74,12	3 projets	120000000,00
<b>45</b>	15 ans	20%	65,32	6 projets	20000000,00
<b>46</b>	18 ans	4%	44,1	4 projets	223659874,10
<b>47</b>	3 ans	4%	100	4 projets	53000000,00
<b>48</b>	5 ans	4%	52,68	4 projets	50000000,00
<b>49</b>	7 ans	2%	76,31	5 projets	66000000,00
<b>50</b>	4 ans	1%	95,12	1 projet	130000000,00
<b>51</b>	11 ans	5 %	92,66	12 projets	421564387,91
<b>52</b>	15 ans	13 %	98,44	3 projets	216894561,25
<b>53</b>	4 ans	4%	49,01	4 projets	64000000,00
<b>54</b>	22 ans	7%	85,23	5 projets	52741852,96
<b>55</b>	16 ans	10%	86,36	6 projets	80000000,00
<b>56</b>	11 ans	9%	87,14	4 projets	69001213,00
<b>57</b>	26 ans	16%	55,36	2 projets	100236450,22
<b>58</b>	33 ans	-1%	46,32	5 projets	95236154,23
<b>59</b>	10 ans	2%	98,76	6 projets	118256324,00
<b>60</b>	11 ans	3%	59	1 projet	88365226,32
<b>61</b>	27 ans	3%	89,51	3 projets	90236447,25
<b>62</b>	15 ans	5%	81,77	2 projets	75000000,00
<b>63</b>	12 ans	-2%	94,71	2 projets	1500000000,00
<b>64</b>	17 ans	3%	62,63	3 projets	423260147,00
<b>65</b>	8 ans	7%	44,71	4 projets	552361478,00
<b>66</b>	17 ans	-4%	91,7	6 projets	524112000,00
<b>67</b>	14 ans	-6%	65,45	8 projets	117256333,66

<b>N</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>X5</b>
<b>68</b>	11 ans	3%	90,47	3 projets	586789254,37
<b>69</b>	5 ans	2%	31,51	8 projets	66253821,79
<b>70</b>	9 ans	9%	77,25	11 projets	83216734,15
<b>71</b>	2 ans	-1%	100	8 projets	126453242,66
<b>72</b>	13 ans	1%	94 ,12	3 projets	395987146,25
<b>73</b>	14 ans	16%	91,94	5 projets	672556812,72
<b>74</b>	17 ans	7%	48,93	4 projets	27971497,80
<b>75</b>	18 ans	-4%	94,65	3 projets	20000000,00
<b>76</b>	22 ans	3%	56	4 projets	20437941,35
<b>77</b>	22 ans	-4%	77,48	8 projets	51000000,00
<b>78</b>	13 ans	7%	67,49	2 projets	58000000,00
<b>79</b>	26 ans	3%	89,18	2 projets	66773013,43
<b>80</b>	3 ans	-2%	45,23	1 projet	35000000,00
<b>81</b>	11 ans	10%	47	4 projets	32000000,00
<b>82</b>	17 ans	-7%	68,63	4 projets	30000000,00
<b>83</b>	23 ans	-1%	97,71	1 projet	34500000,00
<b>84</b>	15 ans	-3%	51,7	2 projets	2000000,00
<b>85</b>	13 ans	8%	65,45	2 projets	7200000,00
<b>86</b>	17 ans	6%	88,47	3 projets	22000000,00
<b>87</b>	8 ans	17%	93,51	7 projets	7360000,00
<b>88</b>	17 ans	-1%	87,23	8 projets	120000000,00
<b>89</b>	4 ans	11%	100	4 projets	35000000,00
<b>90</b>	11 ans	-2%	92 ,12	8 projets	35000000,00
<b>91</b>	19 ans	-5%	63	2 projets	80000000,00
<b>92</b>	9 ans	5%	55,32	1 projet	120000000,00

<b>N</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>X5</b>
<b>93</b>	17 ans	-3%	76,36	5 projets	36000000,00
<b>94</b>	17 ans	3%	77,24	3 projets	82000000,00
<b>95</b>	19 ans	-1%	75,36	3projets	76000000,00
<b>96</b>	15 ans	2%	60,32	2 projets	9734962,96
<b>97</b>	13 ans	2%	48,76	9 projets	91429527,01
<b>98</b>	17 ans	12%	50,1	4 projets	34721299,71
<b>99</b>	5 ans	14 %	80,51	7 projets	149000000,00
<b>100</b>	3 ans	-2%	71,77	4 projets	48000000,00
<b>101</b>	17 ans	-2%	42,71	5 projets	48000000,00
<b>102</b>	13 ans	4%	60,63	1 projet	335080901,61
<b>103</b>	17 ans	17%	54,71	7 projets	17507601,66
<b>104</b>	8 ans	1%	90,7	7 projets	75453662,56
<b>105</b>	7 ans	7%	55,45	9 projets	144721299,71
<b>106</b>	14 ans	4%	40,47	5 projets	45936912,91
<b>107</b>	11 ans	18%	90,21	7 projets	19103633,00
<b>108</b>	11 ans	1%	77,95	6 projets	47738855,00
<b>109</b>	9 ans	3%	44	5 projets	72750678,48
<b>110</b>	12 ans	12%	94,82	1 projet	65264379,23
<b>111</b>	9 ans	2%	54,32	9 projets	78598662,00
<b>112</b>	3ans	-6%	60,31	7 projets	55879882,12
<b>113</b>	4ans	2%	45,82	4 projets	83621100,00
<b>114</b>	18 ans	-1%	97,66	3 projets	280000000,00
<b>115</b>	17 ans	8%	90,44	2 projets	50000000,00
<b>116</b>	16 ans	16%	63,01	3 projets	58651881,27
<b>117</b>	30 ans	2%	80,23	10 projets	20015201,21

N	X1	X2	X3	X4	X5
118	27 ans	-3%	82,66	1 projet	476510490,00
119	3 ans	19%	81,44	3 projets	62213073,00
120	25 ans	-4%	50,3	2 projets	33210425,71

L'évaluation technique des projets sera faite selon les critères ci-après :

Tableau B.2 : les critères d'évaluation technique des projets

	Critères d'évaluation	Barème	Approche pour l'appréciation
X1	1- Expérience dans le secteur de construction.	20 Points	Plus que 15 ans : 20 points Entre 10 et 15 ans : 10points Entre 1 et 10 ans : 5points
X2	2- Ecart type du coût.	20 Points	<5% : 20 points 5-15% : 10points >15% : 5points
X3	3- Taux d'avancement.	20 Points	75-100% : 20 points 50-75 :10points < 50% :5points
X4	4- Expérience d'exécuté de projets similaire dans les 5 dernières années.	20 Points	Plus de 5 projets : 20 points Entre 3 et 5 projets : 10points De 1 à 3 projets : 5points
X5	5- Les flux de trésorerie de travaux exécutés dans les 5 dernières années.	20 Points	Égal ou supérieur à Montant total des marchés de travaux : 20 points Inférieur à Montant total des marchés de travaux : 10 points

A l'issue de l'évaluation :

- ✓ Un projet ayant obtenu un total de moins de **50 points** est perte.
- ✓ Un projet **>50 points** est réussite.

## Annexe C : Création du système de réseau de neurone récurrent sous MATLAB

**% DEFINING THE NETWORK:**

```
clc; clear; closeall;
```

```
X=[];
```

```
Y=[];
```

```
inputs = X; targets = Y;
```

```
hiddenLayerSize = 08; TF={'tansig','purelin'};
```

```
mynet = newff(inputs,targets,hiddenLayerSize,TF); mynet.trainFcn =  
'trainlm';
```

```
mynet.trainParam.show=1; % Frequency of progress displays (in epochs).
```

```
mynet.trainParam.epochs=1000;% Maximum number of epochs to train.
```

```
mynet.trainParam.goal=1e-8; % Sum-squared error goal.
```

```
mynet.trainParam.max_fail=20;
```

```
netc = closeloop(mynet);
```

```
%view(netc)
```

```
[Xs,Xi,Ai,Ys] = preparets(netc,X,Y); R = netc(Xs,Xi,Ai);
```

```
mynet = layrecnet(1:2,08);
```

```
mynet = train(mynet,Xs,Ys,Xi,Ai); perf = perform(mynet,R,Ys);
```

```
%view(net)
```

```
E = gsubtract(Ys,R);
```

```
%ploterrcorr(E)
```

```
%plot(X,Y)
```

```
% Train the Network
```

```
[net,tr] = train(mynet,inputs,targets);
```

```
% Test the Network outputs = mynet(inputs);  
errors = gsubtract(outputs,targets); performance =  
perform(mynet,targets,outputs);
```

```
% View the Network
```

```
% view(net)
```

## Annexe D: Création du système Floue sous MATLAB

```
clc;
clear;
closeall;
newsys=newfis('myfis');
getfis(newsys)
Name = 'myfis';
Type = 'mamdani';
NumInputs=5;
NumOutputs=1;
AndMethod='min';
OrMethod='max';
ImpMethod='prod';
AggMethod='sum';
DefuzzMethod='custom_defuzz';
myfis = newfis('myfis','mamdani','min','max','prod','sum');
X=[];
Y=[];

input = X;
target = Y;

myfis = addvar(myfis,'input','ESC',[-20 20]);
myfis = addmf(myfis,'input',1,'Very good','trimf',[-20 -10 0]);
myfis = addmf(myfis,'input',1,'Good','trimf',[-10 0 10]);
myfis = addmf(myfis,'input',1,'Average','trimf',[0 10 20]);

myfis = addvar(myfis,'input','Standard deviation',[-20 20]);
myfis = addmf(myfis,'input',2,'Very weak','trimf',[-20 -10 0]);
myfis = addmf(myfis,'input',2,'Weak','trimf',[-10 0 10]);
myfis = addmf(myfis,'input',2,'Moderated','trimf',[0 10 20]);

myfis = addvar(myfis,'input','Rate of advance',[-20 20]);
myfis = addmf(myfis,'input',3,'Weak','trimf',[-20 -10 0]);
myfis = addmf(myfis,'input',3,'Moderated','trimf',[-10 0 10]);
myfis = addmf(myfis,'input',3,'Raised','trimf',[0 10 20]);

myfis = addvar(myfis,'input','EPS',[-20 20]);
myfis = addmf(myfis,'input',4,'Very good','trimf',[-20 -10 0]);
myfis = addmf(myfis,'input',4,'Good','trimf',[-10 0 10]);
myfis = addmf(myfis,'input',4,'Average','trimf',[0 10 20]);

myfis = addvar(myfis,'input','Flow of treasury',[-20 20]);
myfis = addmf(myfis,'input',5,'Good','trimf',[-20 -10 0]);
myfis = addmf(myfis,'input',5,'Weak','trimf',[0 10 20]);
```

```

myfis = addvar(myfis, 'output', 'The success of the project', [-
2020]);
myfis = addmf(myfis, 'output', 1, 'Good', 'trimf', [-20 -10 0]);
myfis = addmf(myfis, 'output', 1, 'Weak', 'trimf', [0 10 20]);
ruleList = [1 1 1 1 2, 1 (1) : 1
1 2 2 2 1, 1 (1) : 1
1 2 2 2 2, 1 (1) : 1
1 3 3 3 1, 2 (1) : 1
1 3 3 3 2, 2 (1) : 1
2 1 1 1 1, 1 (1) : 1
2 1 1 1 2, 1 (1) : 1
2 2 2 2 2, 2 (1) : 1
2 3 3 3 2, 2 (1) : 1
2 3 3 3 1, 2 (1) : 1
3 1 1 1 1, 2 (1) : 1
3 1 1 1 2, 1 (1) : 1
3 2 2 2 1, 2 (1) : 1
3 2 2 2 2, 2 (1) : 1
3 3 3 3 1, 2 (1) : 1
3 3 3 3 2, 2 (1) : 1];
fuzzyLogicDesigner(myfis)
plotmf(myfis, 'input', 1);
plotmf(myfis, 'input', 2);
plotmf(myfis, 'input', 3);
plotmf(myfis, 'input', 4);
plotmf(myfis, 'input', 5);
plotmf(myfis, 'output', 1);

%new_sys = addrule(myfis, 'ruleList');
%fuzzyLogicDesigner(myfis)
%mfedit(myfis)
%ruleedit(myfis)
%ruleview(myfis)
%plotfis(myfis);

```

## Annexe E: Création d'un système ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems) sous MATLAB

```
clc; clear; close all; X=[];
```

```
Y=[];
```

```
input = X;
```

```
target = Y;
```

```
trnData= ('X Y'); numMFs =5;
```

```
mfType = 'trimf';
```

```
in_fis = genfis1(trnData,numMFs,mfType); epoch_n = 20;
```

```
dispOpt = zeros(1,4);
```

```
%plot(X,Y);
```

```
legend('Training Data','ANFIS output'); neuroFuzzyDesigner(in_fis);
```

```
load fuzex1trnData.dat fis= anfis(fuzex1trnData); x=fuzex1trnData(:,1);
```

```
anfisOutput = evalfis(x,fis);
```

```
%plot(x,fuzex1trnData(:,5),'*r','ANFIS Output');
```