



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ HADJ LAKHDAR - BATNA



INSTITUT D'HYGIENE ET SECURITE INDUSTRIELLE

LABORATOIRE DE RECHERCHE EN PREVENTION INDUSTRIELLE (LRPI)

MEMOIRE

PRESENTE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE

MAGISTER

EN
HYGIENE ET SECURITE INDUSTRIELLE
OPTION : GESTION DES RISQUES

PAR

DAAS Samia

Ingénieur d'Etat en Hygiène et Sécurité Industrielle

Contribution à l'étude de l'apport des outils d'aide à la décision dans la gestion des crises Cas du territoire urbain de Hassi Messaoud

ENCADREE PAR : DR. L. BAHMED

THESE SOUTENUE, LE 20 DECEMBRE 2011, DEVANT LE JURY D'EXAMEN

- PR. BOUBAKOUR FARES (PRESIDENT), UNIVERSITE HADJ LAKHDAR DE BATNA
- DR. BAHMED LYLIA (RAPPORTEUR), UNIVERSITE HADJ LAKHDAR DE BATNA
- DR. GUENACHI KHADIDJA (EXAMINATEUR), UNIVERSITE SENIA D'ORAN.
- DR. TAMRABET ABDELLAH. (EXAMINATEUR), UNIVERSITE HADJ LAKHDAR DE BATNA

ANNEE UNIVERSITAIRE 2010-2011

Remerciements

Le travail présenté dans ce mémoire a été effectué au sein du Laboratoire de Recherche en Prévention Industrielle (LRPI) de l'Institut d'Hygiène et Sécurité Industrielle - Université de Batna.

Je remercie très vivement Mme Bahmed Lylia, Maître de Conférences à l'Institut d'Hygiène et Sécurité Industrielle de l'Université de Batna, d'avoir accepté la lourde tâche de rapporteur et d'avoir consacré un temps précieux à l'examen de ce manuscrit. Sa compétence, sa grande rigueur scientifique, la qualité et la précision de ses remarques m'ont permis d'améliorer ce manuscrit.

Mes remerciements s'adressent tout d'abord à Mr. Boubakour Fares, Professeur et Maître de Conférence à l'Université de Batna pour avoir accepté d'être Président du jury de ce mémoire ainsi qu'à :

- Mme Guenachi Khadija, Maître de Conférences à L'institut de Maintenance et Sécurité Industrielle de l'Université d'Oran,
- Mr. Tamrabat Abdellah, Maître de Conférences à L'institut d'Hygiène et Sécurité Industrielle de l'Université de Batna,

Pour l'honneur qu'ils me font en participant à ce jury, en acceptant la charge d'être examinateurs.

Je souhaite également remercier Mr. Rachid Alami, Directeur de Recherche au CNRS, pour son aide et encouragement.

Je remercie également, Mme Ouazraoui Noura, Maître assistante et chargée de cours à l'Institut d'Hygiène et Sécurité Industrielle, pour son soutien afin de finaliser ce mémoire.

Je tiens aussi remercier mes collègues du magister Mme Bouhidel Mouna, Melel Lyeila, Hariz Samia pour son encouragement durant la réalisation de ce mémoire.

Et j'ai également une pensée très forte pour mes parents et mes frères et sœurs et plus particulièrement mon mari et ma petite fille « Aya » qui m'ont soutenu pour finaliser ce mémoire.

Dédicace

« Je dédie ce mémoire à mes parents, à mon marie et ma petite fille Aya ».

TABLE DES MATIERES

Liste des Figures.....	VII
Liste des Tableaux.....	X
Liste des Abréviations.....	XII
Introduction Générale.....	01
1. Problématique	01
2. Hypothèses de recherche et objectifs de l'étude.....	03
3. Organisation du mémoire.....	05
Chapitre I : La vulnérabilité et la gestion des crises.....	05
I.1. Introduction.....	05
I.2. Concepts et définitions.....	07
I.2.1. Les risques technologiques majeurs.....	09
I.2.2. Risque à l'accident.....	09
I.3. L'approche de la vulnérabilité.....	10
I.3.1. Concepts et définitions.....	11
I.3.2. Vulnérabilité d'un territoire.....	11
I.3.3. Différents types de la vulnérabilité.....	11
I.3.3.1. La vulnérabilité institutionnelle.....	11
I.3.3.2. La vulnérabilité environnementale.....	11
I.3.3.3. La vulnérabilité humaine.....	12
I.3.4. Les facteurs de la vulnérabilité.....	12
I.3.4.1. La vulnérabilité et la capacité de résistance.....	12
I.3.4.2. Vulnérabilité et résilience.....	13
	14

I.3.4.3. La vulnérabilité et capacité d'adaptation.....	
I.3.5. La cartographie des aléas et de la vulnérabilité.....	
I.3.6. L'évaluation de la vulnérabilité.....	
I.3.7. Exemple : la vulnérabilité du territoire exposé aux risques de Transport des Matières Dangereuse (TMD).....	
I.4. Le processus de la gestion des crises.....	
I.4.1. Définition de la crise.....	
I.4.2. Les principales caractéristiques de la crise.....	
I.4.2.1. La spatialité et le lieu de la crise.....	
I.4.2.2. La temporalité.....	
I.4.2.3. Les moyens de secours mise en œuvre.....	
I.4.3. La gestion des crises.....	
I.4.3.1. La prévention des risques.....	
I.4.3.2. La réponse opérationnelle de la crise.....	
I.4.4. Retour d'expérience (REX).....	
I.4.5. Vision de la crise selon l'événement déclencheur.....	
I.4.5.1. Événement déclencheur de la crise.....	
I.4.5.2. La vision processus de crise.....	
I.5. L'approche systémique du système de crise.....	
I.5.1. Définitions.....	
I.5.2. Représentation du système de crise.....	
I.5.2.1. Le système de crise.....	
I.5.2.2. Etat initial de la crise.....	
I.5.2.3. Etat de crise de grande ampleur.....	
I.6. Conclusion.....	
 Chapitre II : La décision et la réponse à la crise.....	
 II.1. Introduction.....	
II.2. Généralité sur la théorie de la décision.....	
II.2.1. Concepts et définitions.....	30
II.2.2. Le décideur et l'action de la perception.....	30
II.2.3. Les différents modèles de la décision.....	31
II.2.3.1. Modèle de la rationalité limitée.....	31
II.2.3.2. Modèle organisationnel de la décision.....	31
	31
	32
	32
	32

II.2.3.3. Modèle cognitif de la décision.....	
II.3. Modélisation d'un processus d'aide à la décision.....	
II.3.1. Aide à la décision.....	
II.3.2. Le processus d'aide à la décision.....	
II.3.3. Contexte multi- acteurs d'aide à la décision.....	
II.3.4. Contexte multicritère d'aide à la décision.....	
II.4. Le processus de coopération au cours de la crise.....	
II.4.1. Maîtrise des crises axées sur le comportement.....	
II.4.1.1. La décision et le comportement en cas de crise.....	
II.4.1.2. Modèle basé sur le comportement planifié.....	
II.4.1.3. Modèle basé sur le comportement rationnel.....	
II.4.1.4. Modèle basé sur le comportement passé.....	
II.4.2. Modèle basé sur l'anticipation de la crise.....	
II.4.3. Problématique décisionnelle de la gestion de crise.....	
II.4.3.1. Les phases de préparation et planification organisationnelle.....	
II.4.3.2. La mobilisation des moyens et la réponse opérationnelle.....	
II.4.4. Complexité de la prise de décision en situation de crise.....	
II.4.4.1. Le processus de prise de décision en situation de crise.....	
II.4.4.2. Les problèmes de prise de décision en situation de crise.....	
II.5. Conclusion.....	

Chapitre III : Les outils d'aide à la décision.....

III.1. Introduction.....	
III.2. Les problématiques de décision multicritère.....	
III.2.1. Caractéristiques d'un problème de décision multicritère.....	
III.2.2. Nombre maximal de décideurs.....	
III.2.3. Nombre maximal de critères à comparer.....	46
III.3. Les méthodes d'aide à la décision multicritère.....	46
III.3.1. Les Réseaux Bayésiens (RB).....	46
III.3.2. Les Réseaux de Neurones (RN).....	47
III.3.2.1. Les différents types de neurones.....	48
III.3.2.2. L'architecture des réseaux de neurones.....	49
III.3.3. La méthode multicritère Saaty.....	50

III.4. Représentation de la méthode de décision multicritères « Saaty ».....	
III.4.1. Définition du concept de critère.....	
III.4.2. Définition de la Méthode Hiérarchique Multicritère (MHM).....	
III.4.3. Principes généraux.....	
III.4.4. Synthèse.....	
III.5. Conclusion.....	

Chapitre IV : Présentation du système d'aide à la gestion des crises : Cas du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud.....

IV.1. Introduction.....	
IV.2. Présentation du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud.....	
IV.2.1. Les différents scénarios d'accident identifiés dans la ville de Hassi Messaoud.....	
IV.2.1.1. Le BLEVE.....	
IV.2.1.2. UVCE.....	
IV.2.1.3. VCE.....	
IV.2.2. Les principaux événements survenus dans la ville de Hassi Messaoud.....	
IV.2.3. L'organisation générale des secours au niveau de la ville de Hassi Messaoud.....	
IV.2.3.1. Les textes réglementaire.....	
IV.2.3.2. Les plans d'aide à la gestion des crises au niveau de la ville de Hassi Messaoud.....	
IV.3. Présentation du Plan d'Assistance Mutuelle (PAM).....	
IV.3.1. Définition du Plan d'Assistance Mutuelle (PAM).....	68
IV.3.1.1. Gestion des moyens de lutte.....	69
IV.3.1.2. L'architecture opérationnelle du PAM.....	70
IV.3.1.3. Gestion du cycle de vie du PAM.....	71
IV.4. Description d'un scénario d'accident majeur "BLEVE".....	72
IV.4.1. Présentation du scénario.....	72
IV.4.2. Analyse des causes d'accident par la méthode « Nœud de Papillon ».....	73
IV.4.3. Simulation de la dispersion des vapeurs de chlore par le logiciel ALOHA..	73
IV.4.4. Discussion des résultats de la simulation.....	76

77

79

IV.4.5. Guide pour la prise de décision de l'accident	
IV.5. Conclusion.....	
Chapitre V : Évaluation de la vulnérabilité du territoire urbain de de la ville de Hassi Messaoud.....	
V.1. Introduction.....	
V.2. Modélisation de la vulnérabilité du territoire de Hassi Messaoud.....	
V.2.1. Structure hiérarchique de la vulnérabilité.....	
V.2.2. Traitement des questionnaires et pondérations.....	
V.2.2.1. Analyse des questionnaires.....	
V.2.2.2. Etablissement des pondérations.....	
V.2.3. Evaluation de la vulnérabilité.....	
V.2.3.1. Evaluation de la vulnérabilité globale	
V.2.3.2. Evaluation de la vulnérabilité humaine (Niveau (1)).....	
V.2.3.3. Evaluation de la vulnérabilité environnementale (Niveau(1)).....	
V.2.3.4. Evaluation de la vulnérabilité matérielle (Niveau (1)).....	
V.2.4. Discussion des résultats de la simulation.....	
V.3. Conclusion.....	
Conclusion Générale.....	110
Références Bibliographiques.....	112
Annexe (I) : Décret exécutif n° 05- 127 du 24 Avril 2005, déclare Hassi Messaoud zone à risque.....	118 120
Annexe (II) : Description du logiciel EC.....	123
Annexe (III) : Questionnaire.....	124
Annexe (IV) : Les autres résultats de la simulation par EC.....	
Annexe (V) : L'instruction n° 9985 du 2 Décembre 2003 relative a la réactivation des plans d'Assistance mutuelles des zones industrielles.....	128

Table des matières

Liste des Figures

Fig. (I.1): Représentation simplifiée de la notion de risque sur un territoire.....	06
Fig. (I.2): L'approche systémique de risque selon la méthode MOSAR.....	07
Fig. (I.3): Les deux espaces d'une situation à risque.....	08
Fig. (I.4): Relation de la vulnérabilité par la gestion des crises.....	09
Fig. (I.5): Définition de la vulnérabilité en fonction de la crise.....	10
Fig. (I.6): Représentation de l'approche de la vulnérabilité.....	13
Fig. (I.7): Les démarches d'évaluation des risques et la vulnérabilité.....	14
Fig. (I.8) : Exemple sur un risque lié au TMD.....	15
Fig. (I.9) : Représentation des dynamiques de la crise.....	17
Fig. (I.10): Relation entre la situation de crise et d'urgence.....	18
Fig. (I.11): La démarche de la gestion de la crise.....	20
Fig. (I.12): Représentation du système selon l'approche systémique.....	24
Fig. (I.13): Modèle de l'état initial de la crise.....	25
Fig. (I.14): Modèle de l'état de crise de grande ampleur.....	26
Fig. (II.1) : Le processus décisionnel d'un agent.....	29
Fig. (II.2): L'observation des événements dans la prise de décision.....	30
Fig. (II.3) : Le processus d'aide à la décision.....	33
Fig. (II.4) : Acteurs du processus d'aide à la décision.....	34
Fig. (II.5) : Modèle du comportement planifié.....	46
Fig. (II.6) : Modèle basé sur le comportement passé.....	37
Fig. (II.7) : Le modèle séquentiel du comportement basé sur l'anticipation de la crise.....	38
Fig. (II.8) : Le processus de la décision en poste de la crise.....	42
Fig. (III.1): Représentation figurée d'un neurone.....	44
Fig. (III.2): Réseau de neurone non bouclé à une couche.....	48
Fig. (III.3): Réseau de neurone non bouclés multicouches.....	49
Fig. (III.4) : Les étapes de la méthode multicritère.....	50
Fig. (III.5): Structuration hiérarchique complexe de type incomplet.....	53

	54
Fig. (III.6): Structuration hiérarchique simplifiée de type complète.....	54
Fig. (III.7) : Choix entre les méthodes d'agrégations des avis.....	58
Fig. (IV.1): Les procédures de déclenchement du PAM. (Source : PC).....	70
Fig. (IV.2): Analyse des causes d'accident par la méthode « Nœud de Papillon ».....	73
Fig. (IV.3): Taux d'échappement des vapeurs de chlore avec une vitesse de 15m/s.....	75
Fig. (IV.4): Taux d'échappement des vapeurs de chlore avec une vitesse de 50m/s.....	75
Fig. (IV.5): Taux d'échappement des vapeurs de chlore avec une vitesse de 100m/s.....	76
Fig. (IV.6): Taux d'échappement des vapeurs de chlore avec une vitesse de 15m/s.....	78
Fig. (IV.7): Guide de prise de décision ; cas de dispersion de chlore.....	83
Fig. (V.1) : Structuration hiérarchique de la vulnérabilité du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud.....	88
Fig. (V.2) : Les pondérations de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de surpression et vis-à-vis le niveau (4).....	90
Fig. (V.3) : Les pondérations de la vulnérabilité humaine liée à l'effet du flux thermique et vis-à-vis le niveau (4).....	91
Fig. (V.4) : Les pondérations de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de toxicité et vis-à-vis le niveau (4).....	93
Fig. (V.5) : Les pondérations de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de pollution liquide et vis-à-vis le niveau (4).....	95
Fig. (V.6) : Les pondérations de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de surpression et vis-à-vis le niveau (4).....	97
Fig. (V.7) : Les pondérations de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet du flux thermique et vis-à-vis le niveau (4).....	99
Fig. (V.8) : Les pondérations de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de toxicité et vis-à-vis le niveau (4).....	100
Fig. (V.9) : Les pondérations de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de pollution liquide et vis-à-vis le niveau (4).....	103
Fig. (V.10) : Les pondérations de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de surpression et vis-à-vis le niveau (4).....	104
Fig. (V.11) : Les pondérations de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet du flux thermique et vis-à-vis le niveau (4).....	104
Fig. (V.12) : Les pondérations de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de toxicité et vis-à-vis le niveau (4).....	104

	106
Fig. (V.13) : Les pondérations de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de pollution liquide et vis-à-vis le niveau (4).....	107
Fig. (V.14) : Résultats quantitatives des différents niveaux de la vulnérabilité.....	108

Liste des Tableaux

Tab. (I.1) : Récapitulatif et classification des différents facteurs et indicateurs de vulnérabilité.....	13
Tab. (I.2) : La différence entre les crises abruptes et cumulatives.....	20
Tab. (I.3) : Les facteurs aggravants de la gestion des crises.....	23
Tab. (I.4) : La séquence des événements concourant à créé une crise.....	38
Tab. (II.1) : Concepts affectant du comportement basé sur l’anticipation de la crise.....	39
Tab. (II.2) : Poids des différents concepts lié au comportement d’anticipation de la crise.....	45
Tab. (III.1) : Les problématiques de références d’aide à la décision multicritères.....	56
Tab. (III.2) : Comparaison entre les méthodes d’aide à la décision.....	57
Tab. (III.3) : Les indices aléatoires pour des matrices de comparaison.....	59
Tab. (III.4) : Echelle de mesure de la méthode Saaty.....	60
Tab. (III.5) : L’interface du logiciel Expert Choice (EC).....	60
Tab. (III.6) : Comparatif des deux méthodes d’agrégation des avis et de pondération des éléments.....	64
Tab. (III.7) : Exemple d’obtention des pondérations.....	65
Tab. (IV.1) : Les principaux scénarios d’accidents majeurs identifiants dans la ville de Hassi Messaoud (Source : PC).....	69
Tab. (IV.2) : Les accidents majeurs survenus dans la zone industrielle de Hassi Messaoud (Source : PC).....	72
Tab. (IV.3) : Tableau récapitulatif des moyens matériels du PAM. (Source : PC).....	72
Tab. (IV.4) : Tableau récapitulatif des moyens humains du PAM (Source : PC).....	77
Tab. (IV.5) : Description des différents postes de commandement du PAM.	
Tab. (IV.6) : Les valeurs limites d’exposition de chlore.....	
Tab. (IV.7) : Les résultats de la simulation par logiciel ALOHA.....	

Tab. (V.1) : Répartition du nombre des gestionnaires de crise.....	84
Tab. (V.2) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité globale.....	85
Tab. (V.3) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité humaine.....	86
Tab. (V.4) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de surpression.....	87
Tab. (V.5) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité humaine liée à l'effet du flux thermique.....	89
Tab. (V.6) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de toxicité.....	90
Tab. (V.7) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité humaine lié à l'effet de pollution liquide.....	92 93
Tab. (V.8) : Matrice de comparaison de la vulnérabilité environnementale.....	94
Tab. (V.9) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de surpression.....	96
Tab. (V.10) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet du flux thermique.....	98
Tab. (V.11) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de toxicité.....	99
Tab. (V.12) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de pollution liquide.....	101
Tab. (V.13) : Matrice de comparaison de la vulnérabilité matérielle.....	102
Tab. (V.14) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de surpression.....	103
Tab. (V.15) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet du flux thermique.....	105
Tab. (V.16) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de toxicité.....	106 108
Tab. (V.17) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de pollution liquide.....	
Tab. (V.18) : Les résultats de la simulation des niveaux de la vulnérabilité.....	

Liste des abréviations

AHP	Analytic Hierachy Process
AJI	Agrégation des Jugements Individuels
ALOHA	Areal locations of hazardous atmospheres
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion
CIS	Centre Industriel Sud
COS	Chargée des Opérations de Secours
DPC	Direction de la Protection Civile
DIVS	Danger Immédiat à la Vie et à la Santé
EC	Expert Choice
GPL	Gaz pétrolier liquéfié
HMD	Hassi Messaoud
IA	Intelligence Artificielle
MIF	Méthode d'Influence Floue
MD	Matières Dangereuses
MHM	Méthode Hiérarchique Multicritère
OG	Objective Globale
PMU	Plan de Mesure d'Urgence
PAM	Plan d'Assistance Mutuelle
PC	Protection Civile
POI	Plan d'Opération Interne
PII	Plan d'Intervention Interne
RN	Réseaux de Neurones
RB	Réseaux Bayesiens
REX	Retour d'Expérience
RN	Réseaux de Neurones
TMD	Transport de Matière Dangereuse
UVCE	United Vapor Cloud Explosion
VP	Valeur Propre

Introduction Générale

Introduction générale

1. Problématique

Risque, catastrophes et crises. Ces trois termes apparaissent de plus en plus fréquemment dans nos territoires urbains, il n'y a pas un jour que l'on ne parle de risque ou de crise.

Les crises sont des situations complexes avec un grand nombre d'acteurs tels que le personnel, les moyens, la population, l'environnement, etc. Ces différents acteurs proviennent de différentes organisations et sont généralement affectés par des perturbations importantes.

Parallèlement à cela, notre environnement se complexifie de part les progrès techniques, l'interdépendance des pratiques économiques et des réseaux vitaux. Le développement des sociétés crée de nouvelles vulnérabilités latentes. La perturbation de cet environnement peut évoluer vers un accident majeur ou vers des crises de grande ampleur.

Donc, la planification devient complexe quand il s'agit de gérer des situations incertaines. Prédire de façon précise est une tâche fastidieuse pour les planificateurs humains. La gestion des crises est un problème typique nécessitant une planification dans un environnement incertain et soumis à de fortes contraintes spatiales.

Le renforcement de la législation sur la gestion des risques et des crises conduit les approches par la seule exposition aux aléas à aggraver la situation des habitants. Une approche par la vulnérabilité pose des problèmes de définition des seuils, qui sont résolus par le recours aux analyses multi variées. La vulnérabilité est cartographiée et superposée à une carte des aléas pour produire une carte synthétique du risque d'un territoire urbain. Elle permet de déplacer les préoccupations de la gestion de risque, des espaces les plus exposés, survalorisés par la législation, aux espaces les plus vulnérables.

La maîtrise à la source des aléas technologiques et le contrôle de l'urbanisme des territoires qui y sont exposés sous tendent donc de multiples enjeux allant bien au-delà des simples préoccupations sécuritaires.

2. Hypothèses de recherche et objectifs de l'étude

Au delà des conséquences visibles, ces situations nouvelles ont changés de dimension, car elles perturbent et contrecarrent l'action des organisations ayant un rôle civique dans la gestion des risques et crises. Les secours doivent répondre aux changements de la nature des crises. *Mais l'organisation actuelle des secours est-elle capable de répondre correctement à*

une crise de l'importe quelle type c'est. à dire, à une situation dépassant les capacités de réponse des plans actuels ?

Lorsqu'un accident majeur survient, les acteurs de la gestion de crise entrent en jeu à différents niveaux territoriaux et à différents moments de poste accidentelle. En premier lieu, le rôle de la sécurité civile, consiste à circonscrire les effets de l'accident et à porter secours aux victimes éventuelles. *Plusieurs questions se posent alors : quelle sont les conséquences associées à l'accident ? Quelles sont les distances d'effets possibles au sein de l'aire d'extension des effets ? Et quels sont les enjeux les plus sensibles qui doivent être protégés en premier lieu ?*

Afin d'aider les décideurs à percevoir et gérer une crise de grande ampleur, en s'appuyant sur une approche systémique de la crise de grande ampleur, trois conditions sont nécessaire au développement des crises : un territoire (aléas, enjeux et organisations), initialement vulnérable vis-à-vis d'une crise, un ou une série d'événements déclencheurs d'origines naturelle, industrielle ou intentionnelle et la présence des facteurs aggravants d'ordre technique, humains et managériaux qui affectent les capacités de réponse des décideurs.

Une méthode d'évaluation quantitative de la vulnérabilité du territoire permet de modéliser des situations de crise multidimensionnelles en concertation avec la sécurité civile. Une méthode multicritère d'aide à la décision inspiré de l'analyse systémique des crises. Un modèle de vulnérabilité qui intègre trois dimensions principales : les cibles, leur sensibilité et leur degré d'exposition au danger. Le recours aux jugements d'experts et aux méthodes d'aide à la décision pour modéliser la vulnérabilité constitue l'aspect innovant de cette méthode.

Donc, pour modéliser la vulnérabilité, les cibles doivent d'abord être hiérarchisées selon les critères de sensibilité. Les méthodes multi critères servent à hiérarchiser des éléments selon des critères, et apparaissent donc tout à fait adaptés pour modéliser la sensibilité des cibles.

Nos travaux pratiques seront effectués au niveau du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud, car, en 2004, les autorités locales de la ville de Hassi Messaoud, met en évidence la nécessité d'améliorer son efficacité en matière de gestion de crise. Pour répondre à cela, les acteurs de la gestion de crise ont renforcé ces actions à travers une instruction d'actualisation du Plan d'Assistance Mutuelle (PAM).

Le choix du site urbain de la ville de Hassi Messaoud, comme terrain d'étude, a été dicté par une forte adéquation avec la problématique retenue, associé à un partenariat avec la sécurité civile locale d'une part et d'autre part, selon le décret exécutif N° 05-127 du 24 Avril 2005, déclare Hassi Messaoud zone à risque majeur et devant les menaces pesant à la fois sur la sécurité de la population de la ville de Hassi Messaoud et sur les installations pétrolières.

Ainsi, nous nous proposerons de préparer un questionnaire sur le degré de la sensibilité des cibles exposées selon un scénario d'accident majeur. Ce dernier sera dispatché sur un ensemble des acteurs de la gestion de la crise (protection civile, police, médecins,...). L'agrégation des avis des acteurs de la gestion des crises sera effectuée de manière automatique par le logiciel Expert Choice (EC).

Donc, les objectifs de cette étude sont les suivants :

—montrer l'intérêt de l'approche systémique dans l'organisation et la gestion des crises.

—proposer, à partir de l'analyse multi critères, des niveaux de la vulnérabilité des enjeux exposés à un tel accident critique. Une méthodologie permettant d'apporter au décideur une aide opérationnelle à la gestion des crises. L'application de la méthodologie pourrait être faite à travers un outil d'analyse informatique, utilisable en temps réel.

—pratiquer une solution pour des problèmes réels et complexes : maîtrise des situations de crises au niveau de la ville de Hassi Messaoud, d'une part et d'autre part, permet aux intéressés du domaine de la gestion des crises, de mieux planifier d'avance les actions de lutte contre les désastres et d'améliorer le PAM et aussi de surveiller l'organisation de ce plan en temps réel.

3. Organisation du mémoire

Ce mémoire de Magister s'articule autour des chapitres suivants:

—le premier chapitre porte intérêt aux principaux concepts et définitions liés au processus de la gestion des crises, en précisant l'intérêt de l'approche systémique dans la gestion des crises.

—le deuxième chapitre sera consacré au concept de la décision et son intérêt dans la gestion des crises, en fonction du paramètre de la vulnérabilité ou la sensibilité des enjeux face à un scénario d'accident majeur.

—le troisième chapitre s'appuie sur des outils mathématiques d'aide à la décision permettant de prendre en considération l'évaluation subjective d'experts pour formaliser un problème complexe. Des méthodes d'évaluations multi critères de la vulnérabilité des territoires urbains sont l'objet de cette partie du travail qui consiste à identifier les enjeux présents dans la zone d'étude et à évaluer leur vulnérabilité. Le poids de chaque critère dans la vulnérabilité globale du territoire sera estimé en utilisant une analyse hiérarchique multicritère par la méthode « Saaty ».

—le quatrième chapitre donne un bref aperçu sur le territoire urbain de la ville Hassi Messaoud et les principaux outils opérationnels d'aide la gestion de crise. Le noyau du travail pratique fondé sur une étude de cas consiste à réaliser une simulation de la vulnérabilité des cibles exposées suite à un accident majeur par des cartes des effets lie au phénomène de la dispersion des nuages toxiques simulées par le logiciel ALOHA et par le logiciel Expert Choice d'aide à la décision.

—le cinquième chapitre s'appuie sur l'évaluation du niveau de la vulnérabilité globale du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud en utilise un logiciel EC, qui correspond exactement à la traduction informatique de la méthode « Saaty ».

Chapitre I

La vulnérabilité et la gestion des crises

Chapitre I

La vulnérabilité et la gestion des crises

I.1. Introduction

Le mot « crise » est défini comme un événement de faible probabilité, à forts impacts, menace la survie des organisations, de par l'ambiguïté des causes, des effets et des moyens de résolution. Si la capacité de réponse est partiellement déficiente (plans de gestion des secours existants au préalable mais, la communication est difficile durant la phase de crise), les effets d'un sinistre peuvent être plus ou moins accentués ou parfois même déboucher sur des véritables catastrophes lorsque la défaillance s'avère capitale.

A la différence du risque qui se situe dans le domaine du probable, la crise se situe dans le réel c'est-à-dire que l'événement à l'origine de la crise est là, les cibles sont affectées et une organisation d'urgence se déploie, le tout dans un environnement que l'on peut qualifier de général.

Le but de ce chapitre, est de formuler d'une part les premières problématiques auxquelles sont confrontés les acteurs pour la gestion des crises selon l'approche de la vulnérabilité qui consiste à mesurer l'endommagement potentiel des situations de la crise, à mettre en évidence leurs besoins et d'autre part, le processus de la gestion des crises. Ainsi, et avant d'approfondir la notion de crise, il est nécessaire de définir le préalable à ces situations, c'est-à-dire le risque majeur et sa relation avec l'approche de la vulnérabilité, puis modéliser le système des crises selon l'approche systémique.

I.2. Concepts et définitions

Avant d'entamer le domaine des crises, nous proposons de nous intéresser plus particulièrement aux risques industriels. Pour cela, nous définirons une typologie de ces risques que nous détaillerons dans les paragraphes qui suivent :

I.2.1. Les risques technologiques majeurs

Les risques ont toujours été inhérents à nos sociétés. Plusieurs accidents ayant provoqué des conséquences plus ou moins sévères sur le territoire. Les risques technologiques majeurs sont exclusivement engendrés par l'activité de l'homme [Seridji A, 1996].

Le risque se définit comme la *“Confrontation entre un phénomène dangereux, l'aléa, dont l'intensité, la probabilité d'occurrence sont évaluées, et les enjeux, possédant une certaine vulnérabilité, repartis sur un territoire”*.

Le risque correspond alors à l'espérance mathématique du dommage ou des pertes et son expression analytique est basée sur le produit de la composante temporelle de l'aléa (probabilité d'occurrence), des valeurs des enjeux et de la mesure de leur vulnérabilité [Rubise P.Y & Gautier, 1995]. Il va de soi que ces taux d'endommagement ou de pertes dépendent de la nature des éléments exposés (leur résistance ou leur résilience),

et de la magnitude du phénomène implique (de leurs effets). Ils sont donnés dans les meilleurs de cas par des fonctions dites d'endommagement (de vulnérabilité), ou de perte (Fig. (I.1)).

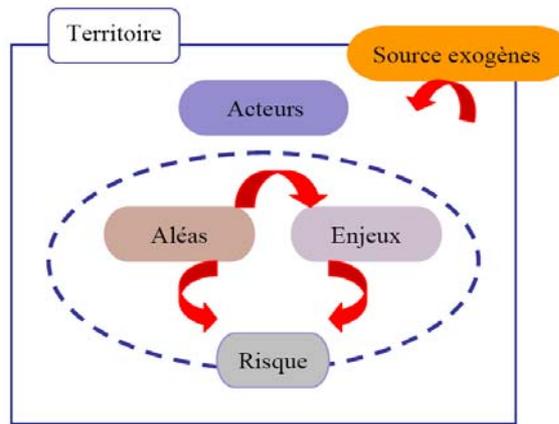


Fig. (I.1): Représentation simplifiée de la notion de risque sur un territoire
[Golossof G, 1999].

Le risque sera qualifié de majeur lorsque le scénario est caractérisé par une probabilité d'occurrence faible et une intensité élevée, capable de générer des conséquences graves sur les populations. Différents termes permettent d'appréhender la problématique du risque à savoir :

—**Aléa** est défini comme la *“Probabilité qu’un phénomène accidentel produise en un point donné des effets d’une intensité donnée, au cours d’une période déterminée”*. L'aléa est donc l'expression, pour un type d'accident donné, du couple (probabilité d'occurrence * intensité des effets). Il est spatialisé et peut être cartographié.

—**Enjeu** est défini comme *“L'aléa désigne la probabilité d'occurrence d'un phénomène mais, le concept est beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît. Il est fonction de l'intensité du phénomène, de son occurrence mais également de la durée considérée et de l'espace pris en compte”*.

Tous les enjeux ne sont pas exposés de la même façon à l'aléa qui peut varier en nature et/ ou en intensité selon les espaces. La vulnérabilité est par conséquent redéfinie comme la susceptibilité des enjeux à subir des dommages due à l'exposition de ces derniers, puis, par extension, comme le degré d'exposition des enjeux.

Pour évaluer le risque, il suffira de superposer la carte de l'aléa à cette carte de vulnérabilité. On exprime cette superposition par l'équation suivante :

$$\text{Risque} = \text{aléa} + \text{vulnérabilité}$$

La vulnérabilité est une composante fondamentale de l'appréciation du risque. Selon une démarche d'évaluation quantitative, elle se définit par le niveau d'endommagement potentiel (compris entre 0 et 1), d'un

élément exposé donnée, soumis à l'action d'un risque pressenti ou déclaré, d'intensité donnée [Tixier J. & Tena-Chollet F., 1980].

Deux difficultés théoriques apparaissent. D'abord, les enjeux sont supposés passifs face à un aléa qu'ils subissent. Dans le cas où il serait impossible de réduire l'aléa ou l'exposition, la seule solution serait de supprimer cette dernière en déplaçant les enjeux pour les solutions au danger, à moins bien sûr de se contenter d'une gestion de crise [Perilhon P., 2000]. Des enjeux humains, environnementaux, matériels et des sources de dangers sont repartis de manière inégale sur ce dernier. Il est en relation avec des territoires voisins pouvant également être source exogène de danger (Fig. (I.2)).

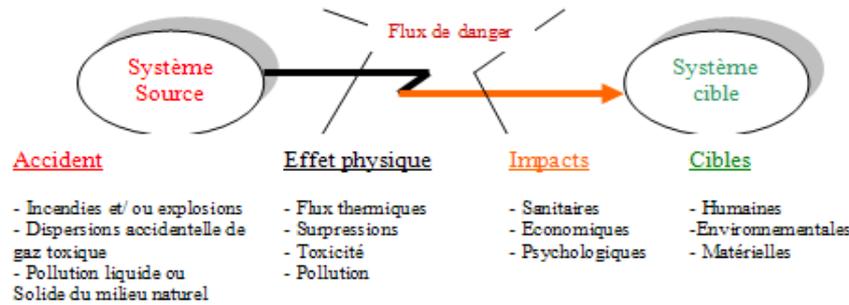


Fig. (I.2) : L'approche systémique de risque selon la méthode MOSAR [Perilhon P, 1997].

I.2.2. Risque à l'accident

Incident, accident majeur, catastrophe, une pluralité des termes qui amène une certaine confusion pour les gestionnaires, une clarification de ces concepts selon une gradation de la gravité du phénomène est utile avant d'aller plus loin dans l'étude des situations de crise.

—**Incident** est communément utilisé dans l'industrie pour définir des événements non souhaités n'ayant qu'un impact matériel faible ou ayant failli engendrer un accident.

“Un incident est une perturbation d'un composant ou d'une unité d'un système qui ne menace pas directement l'ensemble du système”.

Les incidents apparaissent à la suite de l'occurrence d'un potentiel danger plus élevé, les conséquences sont minimales du fait d'une vulnérabilité du territoire faible. Les organisations, de par un haut niveau de résilience et de fiabilité, réagissent promptement.

—**Accident** est défini comme *“Un événement connu, répertoire, aisément isolable, dimensionné à l'intérieur d'hypothèses conventionnelles”.* Les intervenants sont en nombre limitée, tous spécialistes d'un volet du problème et relevant d'organismes qui se connaissent.

Les procédures d'urgences sont codifiées, bien connues des spécialistes mobilisés. Les rôles, les responsabilités et les hiérarchies sont bien établis. La situation est perçue comme gérable techniquement, économiquement et socialement. La durée est limitée. Une simple brèche, dans un univers stable [Rubise P.Y & Gautier, 1995].

—**Accident majeur** est défini comme *“Un événement indésirable conduisant à un événement redouté et aboutissant à des événements majeurs en termes des conséquences”.*

Les accidents majeurs sont des situations d'urgences. Trois configurations définissent les accidents majeurs. La conséquence de l'événement est acquise par les organisations, la situation est perçue comme techniquement, économiquement et socialement gérable.

—**Catastrophe** peut être assimilé à “*Un événement entraînant des conséquences graves sur les humains et qui surgit brusquement dans notre quotidien, sans avoir été prévu. De manière classique, une catastrophe est définie selon son origine, ses conséquences, son déroulement et son niveau de risque*”.

Les définitions de catastrophe font apparaître les notions de conséquences, de dommages sur les cibles humaines, environnementales et matérielles.

—**Situation à risque** est aussi peut être assimilé par la “*Combinaison et variation, en un lieu et à un moment donné, des différents potentiels d'aléas, d'exposition, d'enjeux, de vulnérabilités et résilience*” [Perilhon P., 1999]. Ils ont caractérisé par deux espaces (Fig. (I.3)).

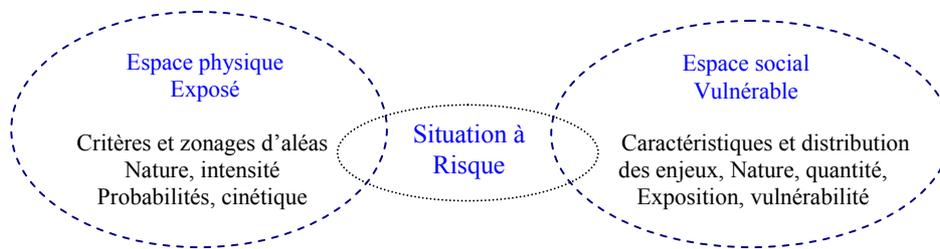


Fig. (I.3) : Les deux espaces d'une situation à risque [Vollot J.L & Bardet JF, 1996].

Dans notre travail, nous allons intéresser l'un des dimensions du risque qui est la vulnérabilité du territoire dans la perspective de limiter les effets d'une crise et d'optimiser l'intervention des services de secours.

I.3. L'approche de la vulnérabilité

Si le risque s'exprime virtuellement, la catastrophe est concrétisée quant à elle par l'expression d'un endommagement, résultat de l'impact de phénomène sur les sociétés et leurs territoires. C'est une notion très relative en fonction du lieu d'où est perçu l'événement jugé catastrophique, une construction psycho- sociale dont la cause est souvent à rechercher bien loin des effets constatée. Pour les spécialistes de l'approche systémique, la catastrophe se définit comme “*La rupture dans une trajectoire, dans la reproduction d'un système, suivi par l'émergence ou la bifurcation d'une nouvelle trajectoire et la mise en place d'un nouveau système*” [Grivault C, 2006].

On conçoit dès lors que cette notion est très liée à la notion du seuil d'endommagement et que le franchissement ou non de ces seuils est largement conditionné par la capacité de réponse des sociétés concernées, autrement dit leur résilience, ou leur vulnérabilité.

I.3.1. Concepts et définitions

Des définitions sont données pour les mots vulnérabilité, territoire et vulnérabilité du territoire.

—**La vulnérabilité** “*Exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l’aléa sur les enjeux*”. Différentes actions peuvent réduire cette vulnérabilité en atténuant l’intensité de certains aléas ou en limitant les dommages sur les enjeux.

Dans le langage courant, la notion de vulnérabilité est donc utilisée pour désigner un état de fragilité, une propension à subir des dommages. La vulnérabilité est étroitement liée à la notion de risque, puisque la blessure n’est pas avérée mais potentiel (Fig. (1.4)).

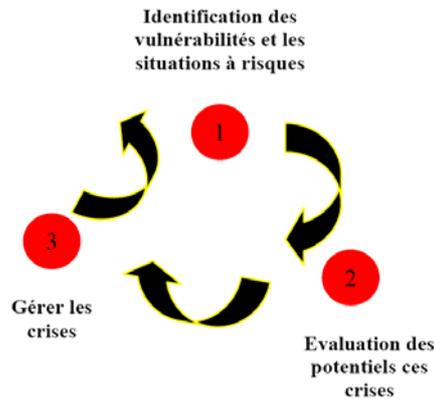


Fig. (1.4) : Relation de la vulnérabilité par la gestion des crises [Leroy A, 1992].

La vulnérabilité quant à elle, est l’appréciation de la sensibilité des éléments vulnérables (ou cibles), présents dans la zone à un type d’effets donnée. En d’autres termes, l’aléa caractérise la probabilité d’occurrence et l’intensité d’un événement menaçant. Tandis que la vulnérabilité se rapporte au niveau des conséquences prévisibles d’un phénomène accidentel.

—**Le territoire**, qui peut être défini comme “*Un espace construit sur une communauté d’intérêt entre des acteurs, sur les plans sociaux et économiques ou sur le plan institutionnel, est en effet un système complexe qui se caractérise par son patrimoine, mais aussi par la manière dont les populations se l’approprient (type d’habitat, d’utilisation des terres...) et aménagent de l’espace (armature urbaine, réseaux de desserte...)*”.

1.3.2. Vulnérabilité d'un territoire

La vulnérabilité se définit comme “*La sensibilité d’un territoire à un aléa*”. Cette sensibilité se décline en termes des dommages aux personnes et aux biens, et de perturbation de l’activité socio-économique. L’idée de cette définition conceptuelle est de définir une caractéristique propre au territoire, indépendamment des phénomènes pouvant effectivement l’affecter. Elle découle de la constatation que les effets dommageables induits par un aléa naturel sont d’autant plus marqués, à intensité d’aléa donnée, que la vulnérabilité des éléments exposés au phénomène est importante.

La vulnérabilité des territoires et des sociétés exposées aux menaces est une composante fondamentale de l’appréciation du risque. La vulnérabilité territoriale est la conjonction de trois variables :

- la répartition géographique des enjeux sur un territoire.
- la vulnérabilité des enjeux.
- la vulnérabilité spatiale (accessibilité et exposition aux aléas) des différents secteurs d’un territoire.

Définir et évaluer la vulnérabilité du territoire nécessite au préalable l'identification des critères de vulnérabilité. La dimension du risque relative à la vulnérabilité du territoire et de la société qui s'y développe, s'avère donc compliquée à évaluer et à prendre en compte (Fig. (I.5)).

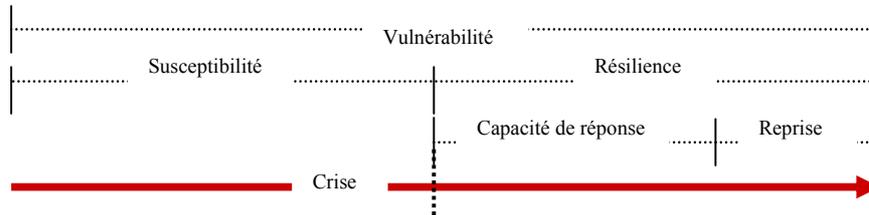


Fig. (I.5) : Définition de la vulnérabilité en fonction de la crise [Golossof G, 1999].

L'ampleur d'une crise dépend beaucoup plus le niveau de vulnérabilité du territoire que de la stricte violence de l'aléa.

I.3.3. Différents types de la vulnérabilité

S'il est désormais admis que le risque naît de la conjonction d'une menace (l'aléa), et d'enjeux plus ou moins vulnérables, la prise en compte des vulnérabilités comme composante fondamentale du risque au même titre que l'aléa tarde à entrer dans les mœurs. En effet le risque a été longtemps étudié sous l'angle de l'aléa.

I.3.3.1. La vulnérabilité institutionnelle

La vulnérabilité institutionnelle est liée directement à la vulnérabilité humaine en matière de la capacité de réponse des institutions face à la crise.

I.3.3.2. La vulnérabilité environnementale

Ils concernent majoritairement l'analyse des dommages sur les ressources environnementales (végétation, les cultures, les sols et la faune), provoqués par les catastrophes naturelles. Ces approches restent pour l'essentiel qualitatives, avec une simple description de dommages.

I.3.3.3. La vulnérabilité humaine

Elle est essentiellement traitée sous la forme de retour d'expérience sur les réponses, les adaptations, les comportements face aux événements dommageables et leurs conséquences socio- économique et territoriales. L'évaluation des risques consiste à diagnostiquer la vulnérabilité humaine en étudiant la qualité de la perception des menaces, les connaissances des moyens de protection et les types de comportement potentielle.

I.3.4. Les facteurs de la vulnérabilité

Le but de l'analyse de vulnérabilité territoriale vise à identifier, caractériser, hiérarchiser les espaces à partir desquels se crée et se diffuse la vulnérabilité au sein d'un territoire [Golossof G, 1999].

L'analyse de la vulnérabilité suppose une réflexion propre à chaque enjeu. L'analyse des facteurs de vulnérabilité a donné lieu à différentes méthodes proposant des solutions pour réduire le risque et améliorer les réponses des organisations face à la crise.

1.3.4.1. La vulnérabilité et la capacité de résistance

Le degré de perte dépend des caractéristiques internes des enjeux, il existe des seuils de fragilité au delà desquels, un enjeu subit des dommages. On ne parle ici que d'enjeux matériels, les pertes humaines étant vue comme la conséquence de la défaillance de ces derniers. Ainsi envisagée, la vulnérabilité devient la capacité de résistance physique de l'enjeu matériel.

1.3.4.2. Vulnérabilité et résilience

La résilience, mesure la capacité de tout ou partie du système à absorber et à se relever de l'occurrence d'un aléa. La résilience est vue comme un antonyme de la vulnérabilité.

Il s'agit de la capacité des communautés humaines à supporter les chocs ou les perturbations externes qui affectent leur infrastructure, tels que la vulnérabilité environnementale ou sociale, etc., et de se relever de telles perturbations. Dans ces conditions, la résilience est un facteur de durabilité.

1.3.4.3. La vulnérabilité et capacité d'adaptation

La capacité d'adaptation des sociétés à l'aléa explique leur capacité à faire face à la crise. Cette capacité d'adaptation varie en fonction des facteurs sociaux et des représentations qui déterminent la capacité d'anticipation, la rapidité de réaction et l'efficacité de la réponse.

Les catastrophes marquent l'interface entre un phénomène physique extrême et une population humaine vulnérable. On peut affirmer que la probabilité d'occurrence du phénomène physique extrême est constante. Si cette probabilité est constante, la seule explication logique à l'augmentation des catastrophes doit être recherchée dans la vulnérabilité croissante des populations au phénomène physique extrême [Leroy A, 1992].

	Types de la vulnérabilité	Facteurs de la vulnérabilité	Indicateurs de la vulnérabilité
Facteurs de la vulnérabilité	Vulnérabilité technique (Résistance physique des enjeux matériels et humains).	Aléa	Intensité
			Cinétique
		Exposition	Densité de la population exposée
		Résistance	Sensibilité
	Vulnérabilité sociale (Capacité de la société à faire face et à se reconstruire).	Connaissance des risques.	Information
			Expérience antérieure du risque
		Organisation institutionnelle et administrative des territoires exposés	Participation des acteurs compétents.
			Organisation de la gestion des crises (surveillance, alerte,

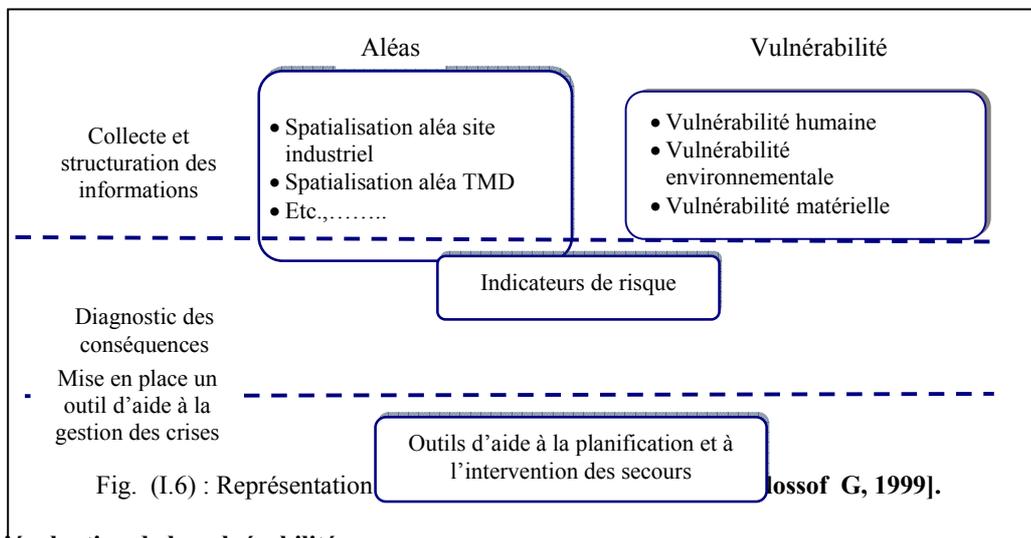
		organisation des secours).
		Organisation de la reconstruction et de la réparation
	Capacité économique.	Niveau socio- économique des acteurs.

Tab. (I.1) : Récapitulatif et classification des différents facteurs et indicateurs de vulnérabilité [Leroy A, 1992].

I.3.5. La cartographie des aléas et de la vulnérabilité

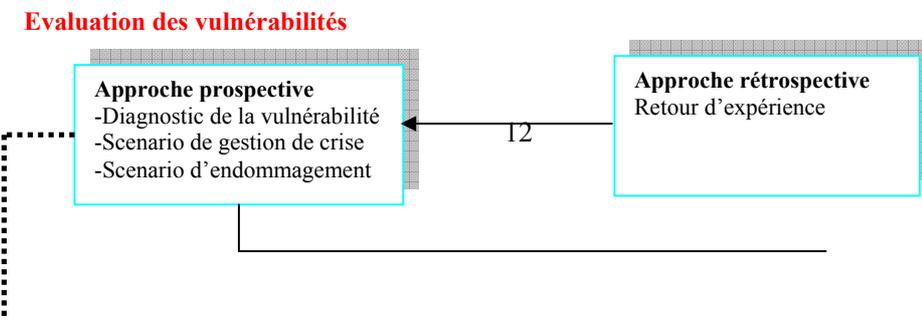
La carte est un outil indispensable à la gestion des risques et des crises, parce qu'elle permet de le matérialiser, de rendre visible l'invisible. L'approche de la vulnérabilité, elle répond aux besoins de la gestion et de l'aide à la décision en alternant entre vision globale et analytique, mais cette approche conduit à des synthèses qui lui font parfois perdre en précision (Fig. (I.6)).

La prise en compte simultanée de tous les aléas est efficace en termes de gestion, pour saisir les interactions possibles, mais la multiplication des informations rend leur superposition cartographique difficile. L'efficacité de la mise en carte dans l'approche fonctionnelle se fait au détriment de la prise en compte des jeux d'acteurs et des comportements en cas de crise.



I.3.6. L'évaluation de la vulnérabilité

L'évaluation de la sensibilité à l'endommagement repose généralement sur l'analyse des facteurs intrinsèques ou extrinsèques à l'élément vulnérable et qui peuvent agir soit directement, soit indirectement. Les facteurs constituent des causes de vulnérabilité peuvent être quantifiées au moyens d'indicateurs ou bien appréciées qualitativement par le biais de diagnostics, puis éventuellement pondérés (Fig. (I.7)).



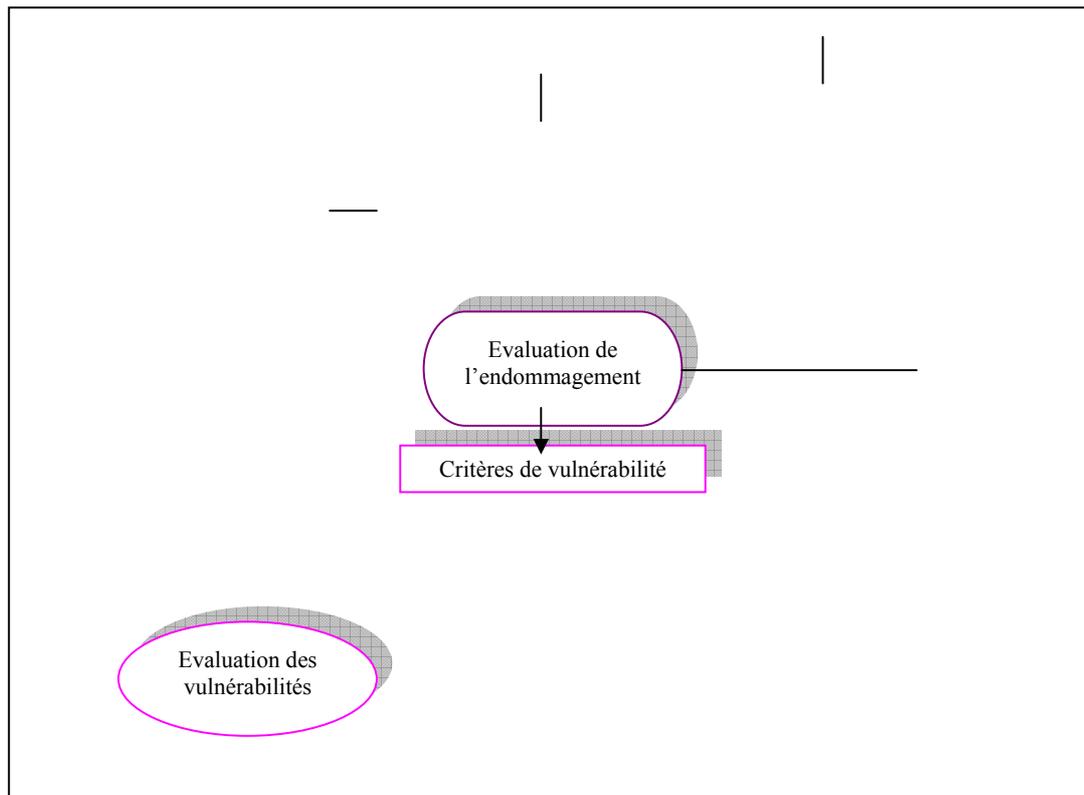


Fig. (I.7) : Les démarches d'évaluation des risques et la vulnérabilité [Grivault C, 2006].

La caractérisation de l'endommagement se traduit par une appréciation des dommages. Dans le cadre des autres approches, la caractérisation de l'endommagement revêt un caractère le plus souvent potentiel.

L'évaluation de la capacité de réponse face à l'endommagement passe généralement par l'analyse de l'efficacité des actions et moyens mis en œuvre pour réduire les dommages.

Elle s'inscrit donc plutôt dans le cadre de retour d'expérience, est particulièrement adaptée à l'analyse des systèmes, des organisations en intégrant à la fois les facteurs aggravant et ceux au contraire limitant la vulnérabilité (analyse de type forces/ faibles d'un système). On peut cependant chercher à évaluer la capacité de réponse future d'un système dans le cadre de scénarios de gestion de crise.

I.3.7. Exemple : la vulnérabilité du territoire exposé aux risques de Transport des Matières Dangereuse (TMD)

La vulnérabilité du territoire face au risque TMD peut être définie comme une combinaison de l'évaluation quantitative et qualitative des cibles, leur sensibilité et leur degré d'exposition face au risque. Le

niveau de vulnérabilité du territoire varie donc en fonction de ses différentes cibles, interdépendantes les unes des autres (Fig. (I.8)).

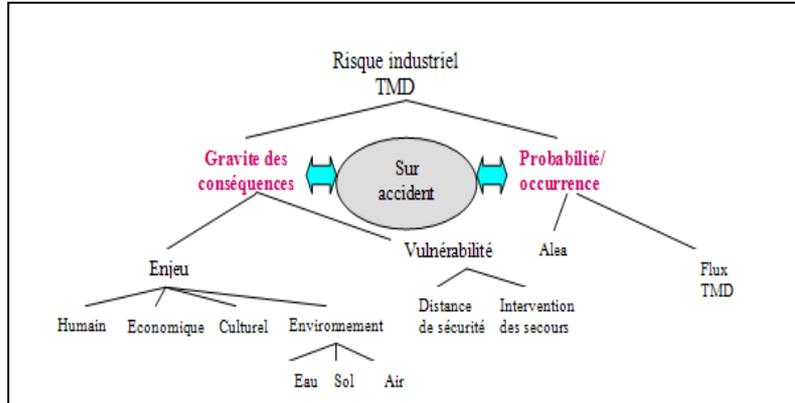


Fig. (I.8) : Exemple sur un risque lié au TMD [Bernadet M, 1997].

Il est proposé de définir la vulnérabilité d'une zone à risque, comme la combinaison des facteurs suivants:

- les cibles vulnérables en présence : humaines, matérielles et environnementales.
- leur niveau de sensibilité : sensibilité des cibles aux différents effets possibles, conséquences potentielles envisageables sur les cibles.
- leur degré d'exposition à l'aléa : distance séparant la cible de la source de danger, proximité des zones accidentologies, capacité de faire face à l'accident.
- vulnérabilité est en fonction des cibles, niveau de sensibilité et degré d'exposition.

I.4. Le processus de la gestion des crises

Lors d'une catastrophe, une gestion de la crise est plus ou moins rapidement activée. Durant cette gestion, le temps peut généralement faire défaut et les actions proposées ont une influence prépondérante sur le déroulement de l'accident. Il est capital de pouvoir réaliser une gestion en temps réel la plus adaptée à la situation accidentelle.

Cette paragraphe à pour but de montrer le processus de crise selon une logique de gestion. Nous allons, présenter une définition du mot « crise » et ces principales caractéristiques et en termine par les différentes visions de crise selon l'événement déclencheur.

I.4.1. Définition de la crise

Comme pour le risque, la crise est un concept puisque chaque auteur et acteur possèdent une vision différente selon leur perception et leur domaine d'activité, par conséquent les définitions de la crise sont variées.

La crise, par conséquent, est souvent entendue comme *“Un événement pouvant entraîner une rupture ou une perturbation mais également une insuffisance des moyens”*.

Le Christophe Roux-Dufort apporte l'éclairage suivant: "La crise est un processus qui, sous l'effet d'un événement déclencheur, met en éveil des dysfonctionnements. La crise se traduit par une inadéquation soudaine du cadre d'action de l'entreprise qui met en faillite temporairement sa capacité à comprendre, traiter et contrôler les événements, et qui génère des effets affectant la stratégie de l'entreprise, le comportement et l'existence de ses membres et des autres parties impliquées".

L'état de crise, résulte de la conjonction entre un événement déclencheur dont le potentiel est faible ou extrêmement élevé et un territoire vulnérable. Cette collision met en éveil des vulnérabilités organisationnelles qui se transforment en facteurs aggravants, d'ordres techniques ou managériaux. Deux types de crise sont différenciés.

L'événement de la crise est caractérisé par une faible probabilité, à fort impact faible, s'amorce par la matérialisation d'un risque majeur non prévu et non planifié par les organisations (Fig. (1.9)).

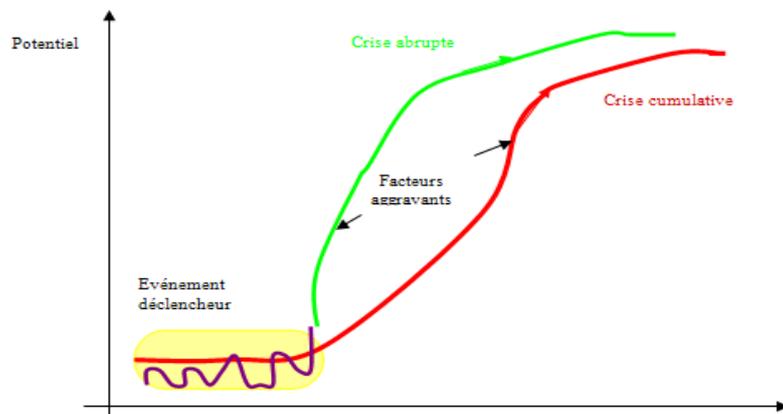


Fig. (1.9) : Représentation des dynamiques de la crise [Gattegno I, 1995].

—**Les crises abruptes** : sont des crises résultent de l'occurrence d'un événement déclencheur dont la cinétique est instantanée ou rapide. La situation s'amplifie abruptement sous l'action de facteurs aggravants.

—**Les crises cumulatives** : ce type de la crise, est apparaît de manière graduelle. Le potentiel danger de l'événement déclencheur augmente les ruptures apparaissent dans le système et s'accroissent.

	Crise abrupte	Crise cumulative
Causes	Evénement déclencheur	L'organisation et réponse de la crise
Vitesse de création	Rapide	Graduelle
Identification de la crise	Claire	Floue

Point déclencheur	Evénement spécifique	Approche de type seuil
Probabilité d'occurrence	Probabilité constante	Probabilité croissante

Tab. (I.2) : La différence entre les crises abruptes et cumulatives [Colin Y. 1997].

" Une urgence est une situation anormale qui exige de prendre rapidement des mesures au delà des procédures normales pour limiter les dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement. "(Fig. (I.10)).

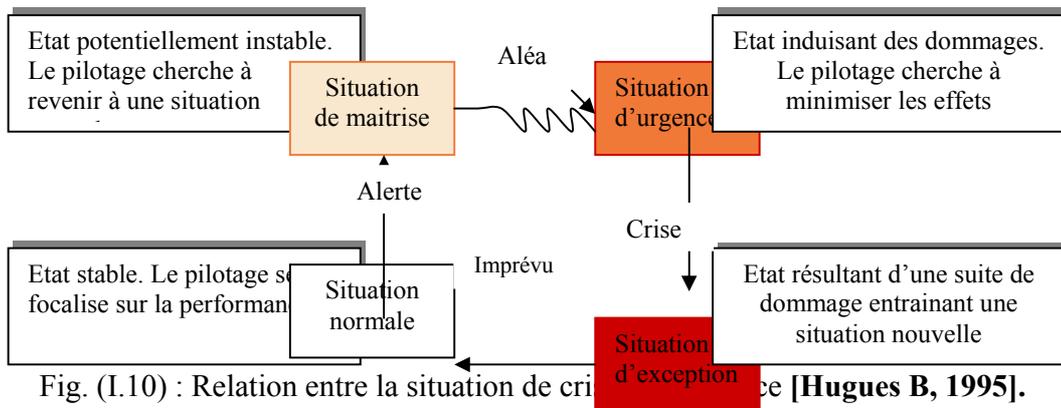


Fig. (I.10) : Relation entre la situation de crise d'urgence et de crise [Hugues B, 1995].

Les mots "urgence" et "crise" sont souvent utilisés de façon inter-changée dans un environnement dynamique. Il s'avère utile d'offrir une distinction entre les urgences et les crises du point de vue de la fonction du système de la gestion des crises.

Les situations d'urgence et les crises partagent plusieurs caractéristiques sur le plan de la gestion dont le besoin d'être proactif et la nécessité d'assurer une vaste coordination au niveau des opérations et des communications.

I.4.2. Les principales caractéristiques de la crise

La crise est définie comme un événement ayant de plusieurs caractéristiques à savoir :

- surprise, vitesse de développement.
- extension sur le terrain et en nombre d'intervenants.
- manque la flexibilité dans les processus de prise de décision.
- manque des ressources disponibles et d'options de réponse.
- cascades d'événements et effets domino.

Dans ce paragraphe, nous allons présenter trois caractéristiques, ces derniers englobent les caractéristiques si-dessous.

1.4.2.1. La spatialité et le lieu de la crise

Une crise a pour origine un événement qui provoque une perturbation. Elle s'inscrit dans un environnement général plus ou moins étendu, plus ou moins délimité selon l'origine de l'événement. La situation géographique de l'événement est également un point important.

1.4.2.2. La temporalité

La durée est également certainement un des paramètres les plus marquants en crise. Deux aspects doivent être considérés lorsqu'il est question de la dimension temporelle d'une catastrophe, la pression du temps sur la prise de la décision et la succession temporelle de l'événement.

1.4.2.3. Les moyens de secours mise en œuvre

La réponse opérationnelle mise en place pour répondre à des événements catastrophiques, implique de multiples intervenants, ayant des responsabilités et des rôles variés selon l'importance du territoire impacté [Dufour R. 1990].

Aux vues des caractéristiques de l'événement et donc de l'ampleur qu'il atteint, les moyens de secours doivent être dimensionnés pour répondre aux besoins de la situation.

Le nombre de personnes engagées lors d'une crise peut être un bon indicateur. Le plus difficile est d'adapter les moyens en fonction des besoins afin d'éviter un surnombre de secouriste qui pourrait entraver le bon déroulement de la gestion. L'organisation devant faire face à la situation évolue dans un univers incertain dans lequel toutes les décisions doivent être anticipées et réfléchies à l'avance afin d'éviter le point de rupture.

Afin de gérer une situation de crise, et éviter qu'elle ne se produise, différents modes de gestion de la crise sont définis.

1.4.3. La gestion des crises

Les symptômes d'une crise sont la présence de nombreuses, incertitude, l'ambiguïté des causes et des conséquences, une pression imposant une réponse rapide de la part des décideurs, des solutions inventives, et un temps d'action limité. Cette situation crée un environnement unique, menaçant, et turbulent. De plus, qualifier une situation de crise relevée de la perception qu'en ont les acteurs ou les organisations.

La gestion de crise c'est une approche globale pour maîtriser la crise et agir pour en diminuer les conséquences. La gestion des crises s'articule autour de trois phases :

- l'**amont** : la prévention du risque (protection et prévision), et la préparation (planification et apprentissage).
- la **gestion de crise** : la réponse opérationnelle.
- l'**après crise** : l'évaluation de la situation par le retour d'expérience.

Les facteurs aggravants de la gestion des crises	
La planification d'urgence	-la complexité des plans.
	-une incertitude au niveau de l'application des

	plans.
	-une surcharge des missions.
La gestion des informations	-une information insuffisante du site.
	-des problèmes de communication.
	-une information initiale imprécise.
La gestion de la cellule de crise	-ambiguïté des fonctions.
	-difficulté de coordination entre les PC.
	-système d'alerte inadéquate.

Tab. (I.3) : Les facteurs aggravants de la gestion des crises [Colin Y. 1997].

I.4.3.1. La prévention des risques

La prévention regroupe les activités proactives, mise en place par les organisations pour analyser et évaluer les niveaux de risque et de menace. Sur la base de ces études, des scénarios sur les accidents sont établis afin de mettre en place des mesures de réduction des risques.

I.4.3.2. La réponse opérationnelle de la crise

Le système de gestion des crises est un ensemble des efforts permettant de caractériser le management systémique des crises (Fig. (I.11)).

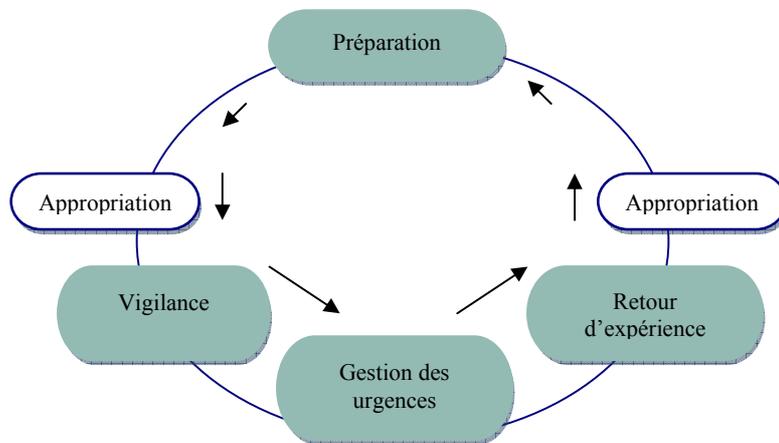


Fig. (I.11) : La démarche de la gestion de la crise [Gattegno I., 1995].

Les crises sont de plus en plus importantes et de plus en plus coûteuses. Il est donc aujourd’hui indispensable d’anticiper les crises. Néanmoins, cette anticipation ne permet pas toujours de les éviter. Il faut donc les accepter et essayer de réduire au maximum ses efforts notamment au travers de la résilience

Lagadec P. 2003, définissent cinq grandes familles d’efforts de management des crises :

—les efforts stratégiques (intégration à tous les niveaux du composant du système de management, formation, simulation, etc.).

—les efforts techniques et structurels (prennent en compte le développement et la mise en œuvre du système de management des crises sur le plan techniques, humaine et organisationnel).

—les efforts de communication (identification et communication avec l'ensemble des acteurs, usages des nouvelles technologies de l'information et de la communication, etc.)

—les efforts psychologiques et culturels (sensibilisation aux potentiels de crise, soutien à l'après crise).

Toutes les crises font intervenir un certain nombre d'acteurs avec des rôles divers. La gestion de la situation repose donc sur l'homme et un état des lieux des rôles de chacun doit être fait.

Pendant la phase du poste crise, les acteurs de la gestion des crises fondent leurs décisions sur les informations recueillies et leurs connaissances personnelles. Or, comme cela a été souligné, les échanges d'informations entre les acteurs et donc la communication qui se découle, sont souvent perturbés.

De plus, certaine situation, du fait de la présence d'événements simultanés et de paramètres aggravants, s'simplifient et obscurcissent la vision des décideurs.

I.4.4. Retour d'expérience (REX)

Les crises, de part leurs effets médiatiques importants devraient permettre des apprentissages extrêmement riches pour les sociétés qui les subissent.

Pourtant la réalité est tout autre, principalement pour des questions de normalisation. Ainsi la crise peut être vue comme un vecteur d'apprentissage, à condition que l'organisation survive à la crise et que se pose la question de l'après crise.

De nombreux obstacles à l'apprentissage des crises sont présents par son concept de normalisation de crise développe un cadre intégrateur permettant d'inclure la majeure partie des obstacles à cet apprentissage.

En effet, le retour d'expérience peut être considéré comme un formidable outil pour l'apprentissage. Celui-ci n'est pourtant possible que si des formes de partage se mettent en place. Une partie non négligeable de l'apprentissage concerne les comportements de sécurité à mettre en place [Verot Y., 1999].

I.4.5. Vision de la crise selon l'événement déclencheur

La crise est une situation dynamique, déclenchée soit par un événement soudain qui provoque un état initial de crise, soit à la suite d'une accumulation des défaillances qui sont mises en éveil par un événement déclencheur. Ces deux conceptions de la crise peuvent être mises en rapport avec deux approches des crises ; l'approche de type événement ou l'approche de type processus.

I.4.5.1. Événement déclencheur de la crise

Cette approche tend à confondre événement déclencheur et crise. L'ampleur et la gravité de la crise sont définies en fonction de trois paramètres que sont les facteurs de contingences de l'événement déclencheur, le niveau de vulnérabilité d'un territoire et les capacités de réponse des organisations.

La nature, la dynamique de la crise événementielle, la gravité et l'ampleur des dommages, sont conditionnées par les facteurs contingences de l'événement déclencheur tels que :

- la localisation de la source de danger.
- la présence d’effet domino.
- la cinétique influence le délai d’anticipation de l’aléa et la réponse des organisations.
- la simultanéité d’événement similaires ou non, c’est-à-dire l’occurrence successive d’événements déclencheurs, sur un terrain devenu vulnérable.

1.4.5.2. La vision processus de crise

Après un état de choc, les organisations voient se profiler la fin de la crise. Cependant, la vigilance des décideurs pendant cette phase de transition doit être maintenue afin d’éviter l’apparition de nouveaux problèmes. Les conséquences sont plus marquées, des problèmes de prise de décision et de résolution apparaissent.

Lagadec P., 2001, considère la crise comme le passage d’un état stable a un état instable par le biais d’un évènement déclencheur. Pour l’auteur, la crise représente un triple défi. Selon lui, elle est une situation d’urgence qui aborde les capacités, une menace de désagrégation du système, et une menace de désintégration de l’univers de référence. Selon l’approche processuelle ou événementielle, c’est- a- dire, par une distinction de l’évènement déclencheur, *“pour l’approche événementielle, l’évènement déclencheur est vu comme un catalyseur, alors que l’approche processuelle le traite comme le révélateur de dysfonctionnement préexistants”*.

Etapas	Description
E1	Phase de fonctionnement normal : Les efforts de prévention, de planification et de réduction sont mis en place.
E2	Phase des signes avant coureurs : Accumulation des événements non pris en compte par l’organisation.
E3	L’évènement déclencheur : L’évènement déclencheur met en éveil les dysfonctionnements de la phase précédente.
E4	Phase du début de crise : Les premières conséquences apparaissent.
E5	Secours et sauvetage : Une organisation de crise se met en place pour répondre à la situation.
E6	Le retour à une situation normale : La crise est terminée, conduite d’un retour d’expérience afin de mettre en exergue les enchaînements de la crise et les écueils à éviter.
E7	Réajustement managériaux : Intégration des recommandations édictées par les retours d’expériences pour améliorer la prévention et la planification des crises.

Tab. (I.4) : La séquence des événements concourant à créé une crise [Gattegno I. 1995].

A partir de là, l'approche événementielle se contente de traiter les symptômes de la crise, alors que l'approche processuelle s'intéresse à ses causes sous-jacentes, l'événement ne constituant finalement que la partie émergée de la crise.

I.5. L'approche systémique du système de crise

Les crises résultent de la perturbation d'un territoire initialement vulnérable par un événement déclencheur. Le potentiel danger initiateur est suffisamment élevé pour engendrer des conséquences humaines, environnementales et matérielles dramatiques [Dusserre R., 2005]. Les organisations sont à la fois déstabilisées par l'ampleur et la complexité des besoins auxquels doivent répondre, mais également par la présence de vulnérabilités latentes les empêchant d'agir adéquatement à la situation. Trois conditions sont nécessaires au développement des crises de grande ampleur :

- un territoire, composé d'enjeux et d'acteurs du risque, initialement vulnérable.
- un ou une série d'événement déclencheur d'origine naturelle ou industrielle.
- la présence des facteurs aggravants techniques, humains et managériaux.

I.5.1. Définitions

Dans ce paragraphe, on peut définir le terme du système selon l'approche systémique. Le concept de base de l'approche systémique est le système, ce dernier "Correspond à la représentation d'objet, construite par un observateur et jugée pertinente face à une situation perçue comme complexe" (Fig. (I.12)).

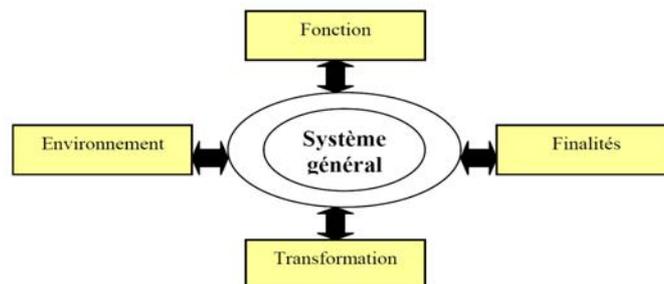


Fig. (I.12) : Représentation du système selon l'approche systémique [Fulleriger D, 1996].

La crise, est donc un système complexe que l'on cherche à appréhender. En effet, la variété des éléments de leur comportement et de leur interaction augmente la difficulté à comprendre et analyser le système [Villemeur A., 1988].

Le système général permet de percevoir le phénomène de crise dans son environnement, le second niveau propose un modèle qui permet de représenter la crise.

I.5.2. Représentation du système de crise

Le processus conduisant à une crise et les dynamiques de ces situations, est perçue de manières différentes par les acteurs [Durand O., 2001]. Dans l'objectif de créer une représentation commune de cette situation et ainsi définir des stratégies de gestion, la réalité de la crise peut être modélisée en s'appuyant sur l'approche systémique. Trois niveaux de modèle sont :

- modèle (1) : le système dans la globalité.

- modèle (2) : l'état initial.
- modèle (3) : l'état de crise.

1.5.2.1. Le système de crise

Le système global de crise, en se basant sur l'apport conjoint des approches de type processus représente l'occurrence d'une crise. Le territoire, dans le cadre de cette étude, est assimilé à une zone d'habitation. Il est décomposé de trois sous système que sont les aléas, les enjeux et les organisations.

1.5.2.2. Etat initial de la crise

Le modèle attaché à l'état initial est présenté par la Fig. (I.13). Le système initial est composé de deux sous systèmes principaux que sont le contexte et le territoire.

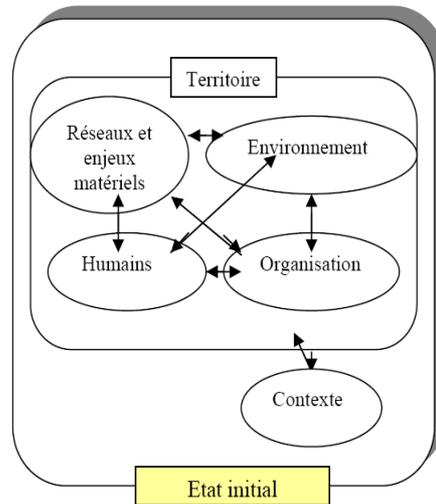


Fig. (I.13) : Modèle de l'état initial de la crise [Huhuges B, 1995].

Le territoire est lui-même fonction de quatre entités majeurs (les enjeux, les organisations de crise, les sources de risque et de menace). En effet, selon le territoire pris en compte et le type de risque envisagé, les missions du système sont différentes.

1.5.2.3. Etat de crise de grande ampleur

Afin de comprendre la complexité des crises de grande ampleur et d'augmenter la connaissance sur ces phénomènes (Fig. (I.14)).

Le système crise peut être découpé en quatre sous systèmes que sont l'événement déclencheur, les conséquences sur les enjeux, les organisations et le territoire initial. Les sous systèmes sont reliés entre eux par des actions ou interactions qui rendent le système dynamique et évolutif au cours du temps.

a. le sous système événement déclencheur : les événements pris en compte dans cette étude sont soit d'origine industrielle ou autre. L'événement peut être unique ou résulter de la combinaison de plusieurs incidents.

b. le sous système conséquences ou victimes : les conséquences peuvent être humaines, environnementales et matérielles, générées par ce dernier.

c. le sous système organisation de crise : englobant les principaux intervenants d'une crise que sont les services d'urgences et les acteurs secondaires comme la famille, etc [Mucchielli J, 1985].

d. le sous système territoire: dans le quel survient l'événement, les victimes évoluent et se met en place le processus de gestion de crises.

La finalité de ce système est identique à celle du système globale c'est à dire, tendre vers un état de choc ou de panique.

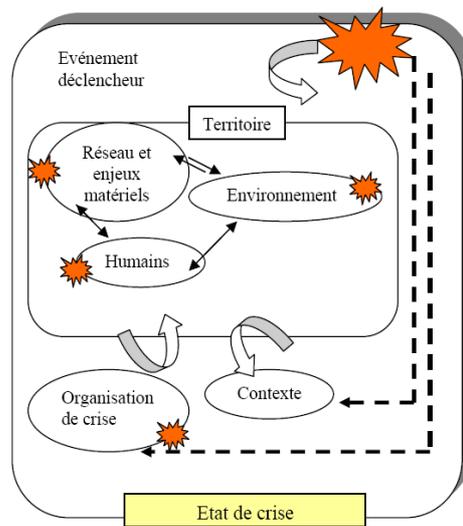


Fig. (I.14) : Modèle de l'état de crise de grande ampleur [Huhuges B, 1995].

I.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé le processus de la gestion des crises. La première partie de ce chapitre s'est intéressée au concept et aux définitions du risque et la deuxième partie s'est intéressée à la gestion des crises, les différentes visions de la crise selon l'événement déclencheur et enfin nous avons abordé l'approche systémique du système « crise ».

Dans le cadre de cette étude, les problématiques de cette recherche consiste à synthétiser, regrouper, et hiérarchiser des informations permettant d'évaluer l'état de crise en fonction du niveau de la vulnérabilité. Donc, l'ampleur d'une crise dépend beaucoup plus du niveau de vulnérabilité du territoire que de la stricte violence de l'aléa.

Une crise est un phénomène dynamique, évolutif dans le temps, qui affecte le processus de décisions des acteurs. Durant la phase de la gestion des crises, le temps peut généralement faire défaut et les actions proposées ont une influence prépondérante sur le déroulement de l'accident c'est-à-dire, cette situation requiert un traitement rapide afin qu'elle ne dégénère pas et donc met en jeu des décisions en temps contraints.

Pour clarifier cette discussion, nous présentons dans le chapitre suivant, le processus de la décision des différents acteurs de la gestion des crises.

Chapitre II

La décision et la réponse à la crise

Chapitre II

La décision et la réponse à la crise

II.1. Introduction

La gestion des crises et la décision sont liées. La première est l'étape préalable à la mise en œuvre du processus de la décision. De plus, étudier les situations de crise, c'est prendre conscience que plusieurs paramètres d'un environnement incertain, combinés aux aspects individuels et collectifs des acteurs influencent ce processus de la gestion.

Dans ce chapitre, nous allons présenter la théorie de la décision selon plusieurs modèles de la décision, relation de la décision par le comportement du décideur, le processus de la coopération au cours de la crise et enfin, nous abordons les problématiques décisionnelles de la gestion des crises.

II.2. Généralité sur la théorie de la décision

Dans tous les domaines, un grand nombre de décisions sont prises, de façon individuelle ou collective. Cependant, la notion de décision est généralement assimilée dans le langage commun à un phénomène immédiat impliquant le plus souvent une personne isolée faisant un choix parmi un ensemble d'alternatives possibles. Dans cette partie nous allons présenter quelques concepts et définitions et les principaux modèles de la décision.

II.2.1. Concepts et définitions

Plusieurs définitions ont été données pour les mots décision, décideur et les différents types de la décision.

Le mot '**décision**' désigne à la fois "*Le produit de réflexion et le processus de réflexion ou de calcul lui-même*".

La décision est peut être assimilée comme "*Un processus de résolution de problème qui met en œuvre des connaissances de nature très variée*".

Le Choix des décisions liées à la gestion d'une situation de crise est très difficile, il n'existe pas une méthode générique qui pourrait s'appliquer à l'ensemble des situations

complexes. Selon le même auteur, la gestion des situations de crise nécessite de prendre un ensemble des décisions [Roy B, 1993].

On s'intéresse dans ce paragraphe au cas où ce choix est éclairé par plusieurs sources d'informations ou l'environnement est incertain. Ces sources multiples d'informations, ayant une influence sur la décision, sont essentiellement de trois types possibles :

- des critères (exemples : coût, note, vitesse, poids), mesurant l'intérêt des alternatives.
- des agents, donnant leurs préférences sur les alternatives.
- des états du monde, inconnus mais possibles, dans lesquels on évalue les conséquences possibles des alternatives. Il s'agit alors de décision sous incertitude.

Le décideur n'étant parfois que peu disponible, c'est un de ses représentants qui s'exprime en son nom durant le processus d'aide à la décision.

Le décideur *‘Il est l'intervenant du processus de décision que les modèles mis en œuvre cherchent à éclairer, pour lequel ou au nom duquel d'aide à la décision est conduite’.*

Un problème de décision consiste, dans sa forme la plus simple, à effectuer un choix entre plusieurs alternatives potentielles (Fig. (II.1)).

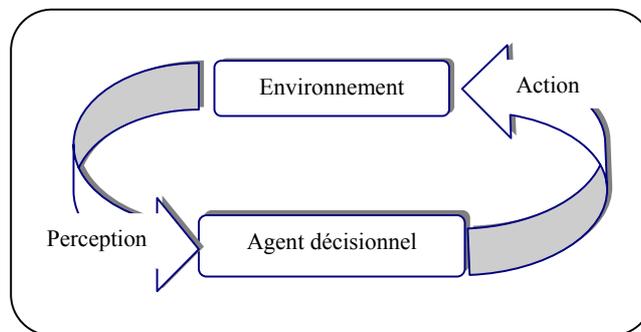


Fig. (II.1) : Le processus décisionnel d'un agent [Guigo M et Bailly L., 1999].

On peut qualifier plus précisément la latitude décisionnelle en distinguant différents types de décisions:

- **décision préparée** : le temps permet d'élaborer des scénarios d'action qu'il suffit de mettre en œuvre lorsque la situation le permet ou l'exige.

- **décision élaborée** : les scénarios doivent être construits en situation afin de tenir compte des événements non souhaités, et des perspectives d'évolution.

- **décision forcée** : l'occurrence ou l'imminence des conséquences préjudiciables détermine les réponses à apporter.

- **décision inhibée** : la méconnaissance de la situation et le niveau d'incertitude empêchent de déterminer une seule décision adéquate.

Dans le paragraphe suivant, nous allons avoir la théorie de la décision axée sur les différents modèles de la décision.

II.2.2. Le décideur et l'action de la perception

Une action est un processus au cours duquel un ou plusieurs acteurs effectuent des choix successifs. L'action est donc, le phénomène observé. Les comportements des acteurs y contribuent, quelles que soient les intentions de ces derniers. L'action se déroule dans un environnement, c'est-à-dire un système des variables transformées par l'action ou susceptibles de la transformer. Le déroulement de l'action est observable à partir d'événements, c'est-à-dire de la modification des variables de l'environnement.

Ces modifications sont constatées ou estimées par les acteurs qui participent à l'action. La plupart de temps l'action étudiée est complexe et fait intervenir plusieurs acteurs, dont des décideurs (Fig. (II.2)).

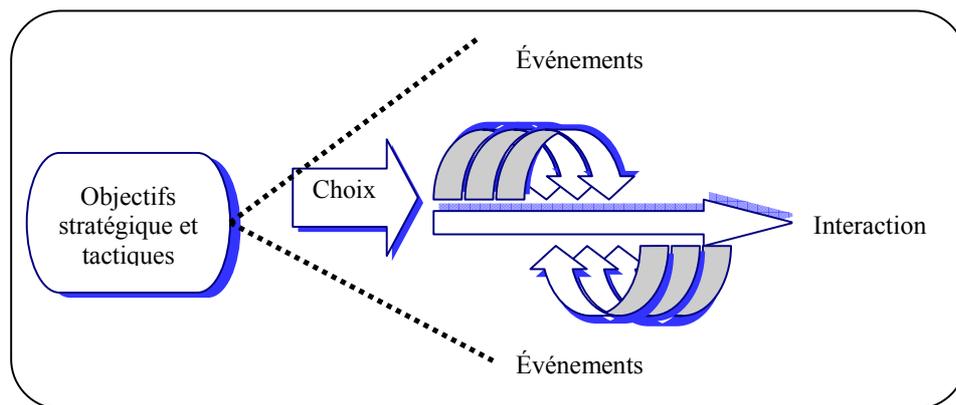


Fig. (II.2): L'observation des événements dans la prise de décision [Roy B, 1993].

Le décideur est donc susceptible d'établir le sens dans lequel il veut orienter son processus de prise de décision ainsi que de déterminer ses dimensions d'évaluation, compte tenu de l'anticipation qu'il fait au moment du déroulement du processus, tout en poursuivant un objectif stratégique est donné.

II.2.3. Les différents modèles de la décision

Plusieurs modèles de la décision sont définis à savoir :

II.2.3.1. Modèle de la rationalité limitée

La théorie classique de la décision postule une rationalité absolue des décideurs. Elle repose sur trois éléments suivants:

- l'individu est le décideur, il pense de manière rationnelle.
- il est capable d'avoir des objectifs clairs.
- il étudie toutes les alternatives possibles et détient les critères permettant de choisir une solution.

Cette approche classique de la décision, de l'acteur unique, rationnel, a été critiquée principalement par Simon. D'autre part, elle n'est pas compatible avec la gestion d'une situation complexe, puisque le principe d'acteur unique n'existe pas.

Le concept de rationalité limitée, avancé par Simon permet d'expliquer pourquoi au sein d'une même organisation, deux individus ayant les mêmes informations, évoluent dans le même contexte d'action, prennent des décisions différentes, c'est-à-dire, le décideur fixera son choix sur la première alternative qui s'offre à lui et non sur la meilleure.

II.2.3.2. Modèle organisationnel de la décision

Le modèle de Simon considère l'organisation, comme un ensemble composite de plusieurs individus, chacun disposant d'un morceau du problème.

La conception du problème requiert l'intégration de différentes visions des individus, de la collecte d'informations. L'organisation met en place des procédures, des normes afin de traiter ce problème.

II.2.3.3. Modèle cognitif de la décision

L'approche cognitive de la décision met en avant la présence de biais cognitifs et heuristiques, présents lors des étapes du processus de la gestion pour expliquer les écarts de pensées observés ou des décisions absurdes.

Les processus organisationnels des décisions seraient appréhendés comme une simple agrégation des décisions individuelles, ce qui apparaît comme une régression. Elle se fonde principalement sur la notion de représentation collective et non individuelle.

II.3. Modélisation d'un processus d'aide à la décision

Le processus de la décision est conditionné par les facteurs contingence et la turbulence de l'environnement, la pression temporelle, le manque d'information et/ ou un flux d'information conséquent, la complexité, la rareté de l'événement, les conflits entre les acteurs, le sentiment de menace et la surprise de la situation créent un environnement de décision particulièrement turbulent.

Le processus de décision s'avère souvent beaucoup plus rapide étant donné qu'un consensus n'est pas toujours requis pour obtenir une solution valable, comme il en sera question dans les prochains paragraphes.

II.3.1. Aide à la décision

Aide à la décision est définie comme *“L'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponse aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision”* [Guigo M et Bailly L., 1999].

Aide à la décision est un ensemble des éléments concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire, ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système des valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part.

II.3.2. Le processus d'aide à la décision

De façon plus générale, H.A. SIMON décrit le processus cognitif de prise de décision (processus décisionnel), comme l'enchaînement des trois phases suivantes (Fig. (II.3)):

- phase des objectifs et contraintes : formulation du problème (mise en évidence des écarts entre la situation actuelle et la situation objectée).
- phase des critères de choix : choix d'une solution en fonction de critères concrets (objectifs, normes, etc.), ou abstraits (intuition, motivation, etc.), appréhendés par le décideur avec ou sans le soutien d'outils et de techniques d'aide à la décision.
- phase des objectifs et contraintes: c'est une phase de sélection et description des solutions potentielles.

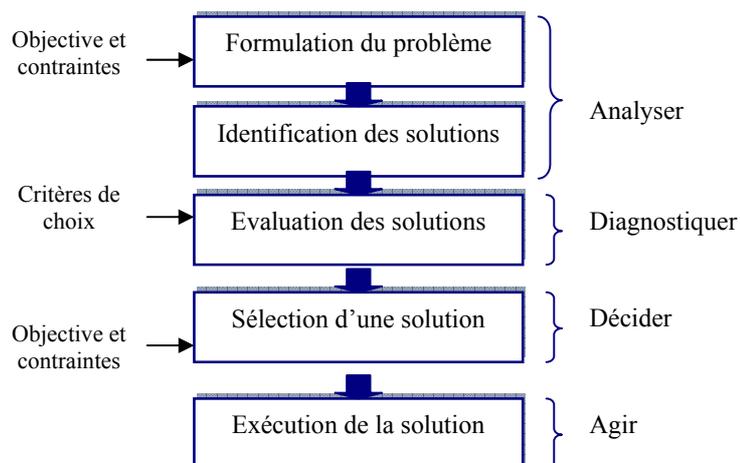


Fig. (II.3) : Le processus d'aide à la décision [Badeig F, 2000].

La multiplicité des points de vue ou des intérêts défendus et le caractère multidimensionnel des contextes d'évaluation de ces situations de décision fait que la notion de meilleure décision peut parfois être vide de sens. En effet, choisir d'optimiser, c'est implicitement se situer dans une approche à critère unique. Cela se démontre aisément par l'absurde ; dès que l'on prend plusieurs points de vue pour juger des conséquences de plusieurs actions, on risque de désigner comme optimale une action différente pour chaque point de vue et, en fin de compte, se ne dégager aucun optimum des calculs. Or, toute la réalité humaine est à points de vue multiples ou encore multicritère.

Dans un problème de décision collective, un groupe d'agents doit faire le choix d'une décision possible parmi plusieurs (ou bien doit classer ces décisions possibles). Chaque agent a ses propres préférences, et il s'agit de dégager une préférence collective à partir des préférences individuelles (Fig. (II.4)) [Erceau J. 1999].

- Le cas où les décideurs forment un collectif ayant des intérêts et des objectifs communs dans le processus d'aide à la décision, qu'on référence par processus décisionnel multi acteurs coopératifs.
- Le cas où les décideurs présentent des intérêts différents voire conflictuels, on parlera de processus décisionnel multi acteurs non-coopératifs.

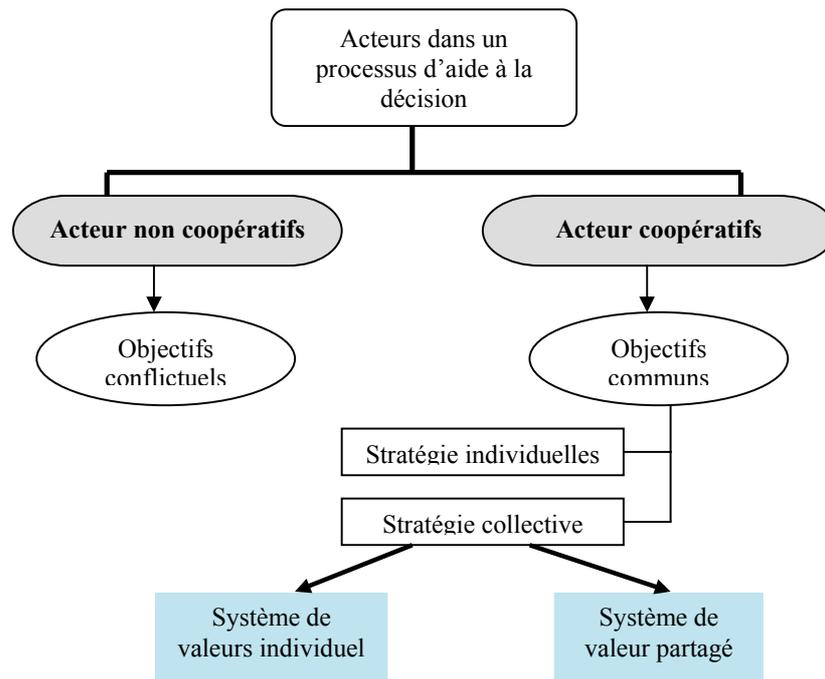


Fig. (II.4) : Acteurs du processus d'aide à la décision [Erceau J. 1999].

Dans un collectif d'acteurs coopératifs, il faut ensuite distinguer :

- Les communautés ou chaque individu a sa propre stratégie pour atteindre l'objectif.
- Les organisations ou la stratégie d'évaluation des alternatives est définie et imposé par une comite réduit de direction, etc.

II.3.3. Contexte multi- acteurs d'aide à la décision

Durant un processus d'aide à la décision, différents acteurs peuvent être amènes à participer a différents niveaux et/ ou a titre varie. L'étude des différents acteurs (typologie des acteurs, leurs objectifs et systèmes de valeurs, leurs interactions,...) constitue un aspect important à étudier pour la modélisation et la conception d'un processus d'aide a la décision.

La collaboration implique de travailler ensemble à l'exécution d'une certaine actions pour produire un résultat final. La collaboration implique le partage d'information à l'intérieur d'un groupe donné, sans prise de décision collective. Selon nous, Même si la collaboration n'implique pas forcément la prises de décision collective, le résultat de cette collaboration influe systématiquement sur les états et croyances des acteurs. De ce fait, la décision individuelle est liée à ces croyances [Roy B, 1985]. La collaboration et la décision dans les situations de crise sont donc pour nous, deux concepts étroitement liés.

II.3.4. Contexte multicritère d'aide à la décision

Intégrer dans sa logique de décision un contexte ouvert multidimensionnel exige que l'on révisé alors la formalisation des modèles de décision. Il s'agit maintenant de prendre des décisions dans un contexte d'évaluation multidimensionnel ou les méthodes d'analyse multicritère peuvent apporter certains éléments de formalisation intéressants [Roy B, 1985]. Avant l'apparition des méthodes multicritère, les problèmes de décision se ramenaient le plus souvent à l'optimisation d'une fonction économique, constituant l'unique critère de sélection.

Cette approche monocritère avait le mérite de déboucher sur des problèmes bien posés mais qui n'étaient pas toujours représentatifs de la réalité car :

- La comparaison de plusieurs actions se fait rarement selon un seul critère.
- Les préférences sur un critère sont, bien des cas, difficilement modélisables par une fonction et lorsqu'il y a plusieurs objectifs, il est impossible de les atteindre tous à la fois.

II.4. Le processus de coopération au cours de la crise

La formulation classique d'un problème de décision peut s'exprimer ainsi : un acteur sur la base d'un objectif qui est gérer une situation de crise, désire trouver les solutions optimales pour l'ensemble des solutions possibles afin de mettre en place ses actions.

II.4.1. Maîtrise des crises axées sur le comportement

Dans les paragraphes suivants, nous allons présenter le processus de décision et les contraintes liées à la prise de décision en situation de crise [Michel B, 1996].

II.4.1.1. La décision et le comportement en cas de crise

Au moment de la crise déclenchée par une catastrophe, interviennent diverses réponses des individus et des groupes exposés, qui reflètent le rôle des facteurs étudiés et induisent les effets de la catastrophe. Ces réponses s'expriment par des modes de comportement contrastés, variables dans l'espace, dans le temps et entre les sociétés [Ouazard D, 1999]. Ces variables dépendent non seulement des facteurs analysés plus haut, mais aussi d'un petit nombre de seuils socio- culturels qui vont façonner le comportement humain en cas de catastrophe.

Dans le paragraphe suivant, nous allons détailler les principaux modèles de la prédiction comportementale en cas de crise [Rudrianski M, 2001]. Nous présenterons tout d'abord les modèles génériques de prédictions pour terminer par un modèle plus spécifique pour l'anticipation des crises.

II.4.1.2. Modèle basé sur le comportement planifié

Dans cette partie, nous présenterons les deux grandes théories qui se basent sur le principe selon lequel nos attitudes, croyances et normes déterminent nos comportements futurs (Fig. (II.5)).

Il s'agit de la théorie, de l'action raisonnée et de la théorie du comportement planifié. Au sein de ces deux théories, l'intention comportementale tient une place prépondérante. Elle représente un stade qui précède le comportement. Elle reflète les facteurs motivationnels qui conduisent à l'action.

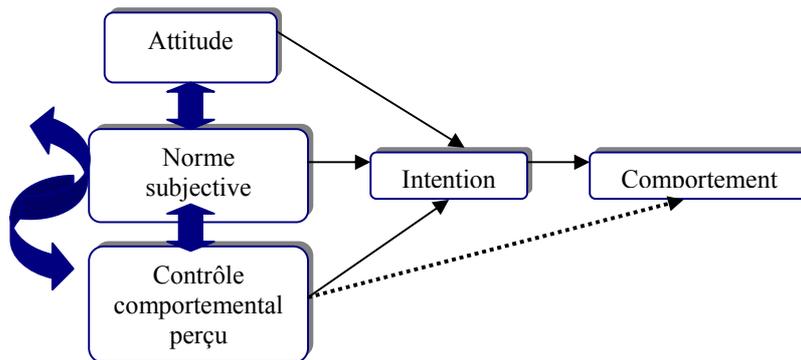


Fig. (II.5) : Modèle du comportement planifié [Pavard B, 1995].

L'intention comportementale serait la cause la plus proche de l'action. Ainsi, en suivant ces modèles ; plus l'intention est grande, plus il est probable que le comportement soit produit. Dans la théorie de l'action raisonnée, deux facteurs influent sur l'intention comportementale. Il s'agit de l'attitude, ce dernier est déterminé par deux éléments qui sont les croyances à propos conséquences qu'engendrent le comportement, l'évaluation de ces conséquences et de la norme subjective c'est-à-dire qu'une personne perçoit des pressions dépendent des croyances normatives [Roy B, 1992].

La théorie de l'action raisonnée, prenant en compte le contrôle comportemental perçu qu'il définit comme "La facilité avec laquelle un comportement peut être produit". Ce contrôle comportemental perçu agit sur l'intention mais peut également agir directement sur le comportement.

II.4.1.3. Modèle basé sur le comportement rationnel

Le modèle basé sur les comportements rationnels, précise que ce sont les attitudes qui guident le comportement. Il y'a cinq facteurs caractérisent le lien entre attitude et comportement. Il s'agit de la stabilité temporelle de l'attitude, de la certitude associée à l'attitude, de sa consistance (entre les niveaux affectifs et cognitifs), de l'expression directe de

l'objet de l'attitude et de l'accessibilité en mémoire de celle-ci. Ainsi, plus l'attitude est forte, plus grande sera la probabilité qu'elle produise des comportements. Le principe du modèle repose sur le fait que les jugements et les comportements répondent à deux modes de traitements différents ; le traitement spontané et le traitement délibéré le traitement spontané repose sur l'activation automatique d'une attitude, ainsi, les attitudes préexistantes d'un sujet détermineraient automatiquement ses jugements et comportement [Roy B, 1992].

Le second mode de traitement proposée, repose sur un processus délibéré, qui demande plus de contrôle et une plus grande attention envers les informations disponibles.

Le modèle basé sur le comportement rationnel, présente cependant des limites. La principale revient au fait que les comportements passés ne sont pas pris en compte.

II.4.1.4. Modèle basé sur le comportement passé

Dans ce modèle, on peut mesurer le poids que peut avoir le comportement passé dans la prédiction du comportement futur. Ils estiment que le comportement passé est lié à la fois au comportement futur et à l'intention comportementale. L'intention dépendrait de l'attitude, de la norme subjective ainsi que du comportement passé. Dans ce modèle, l'attitude et le comportement passé peuvent agir directement sur le comportement futur. L'intention, même associée à l'attitude, est cependant insuffisante pour expliquer la relation qui unit le comportement futur et le comportement passé. Le comportement futur dépendrait également des habitudes, c'est-à-dire de la fréquence de production du comportement passé (Fig. (II.6)).

L'attitude est définie comme "Des séquences d'une situation spécifique qui sont ou sont devenues automatiques".

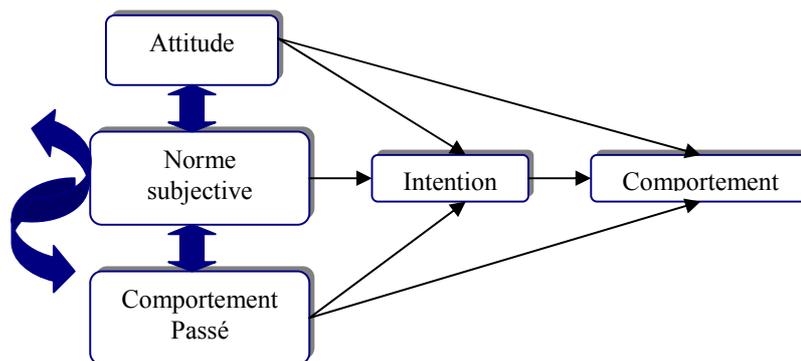


Fig. (II.6) : Modèle basé sur le comportement passé [Roy B, 1992].

Nous terminerons avec une dernière catégorie de modèles qui présentent pour nous, un intérêt puisqu'ils s'intéressent aux comportements liés à l'anticipation des crises.

II.4.2. Modèle basé sur l'anticipation de la crise

Ce modèle est un modèle intégratif pour la prévention contre les situations des crises, basé sur quatre étapes suivantes :

- l'appréciation d'une crise.
- la prise de décision.
- l'initiation d'une action et l'adhérence a un comportement de sécurité.

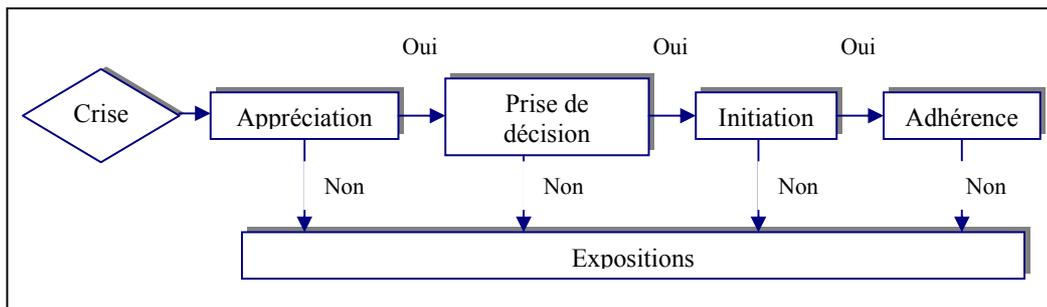


Fig. (II.7) : Le modèle séquentiel du comportement basé sur l'anticipation de la crise [Pavard B, 1995].

Ces étapes doivent être traitées de manière cumulative. Un individu doit croire qu'une crise particulière représente une menace sérieuse avant qu'il ne rentre dans l'étape de prise de décision (Fig. (II.6)). Si la décision d'agir face à la menace est prise alors, il pourra initier l'action. Celle-ci dépendra des conditions extérieures afin que l'individu puisse adhérer et adopter définitivement le comportement. Une réponse négative à chaque étape de ce modèle entraîne l'exposition à la situation de la crise.

Quatre concepts qui vont avoir une action sur les différentes étapes décrites précédemment :

Concepts	Définitions
Menace perçue	Croyances sur la crise, sa possibilité de matérialisation et la gravité des conséquences associées.
Efficacité de la réponse	Perception de l'efficacité des moyens de réponse.
Auto- efficacité	Croyances au sujet de sa capacité à mettre en place les recommandations avec succès.
Climat de sécurité	Ensemble des facteurs sociaux et organisationnels qui peuvent agir sur comportement au travail.

Tab. (II.1) : Concepts affectant du comportement basé sur l'anticipation de la crise [Michel B, 1996].

Chacun de ces concepts peut avoir une action directe plus ou moins importante sur une ou plusieurs étapes du modèle. Les concepts renvoyant au sujet interviennent principalement sur l'appréciation et la prise de décision alors, que les concepts renvoyant au contexte agissent sur la prise de décision, l'initiation et l'adhérence, (Tab. (II.2)), (P : Première importance. S : Second importance).

Concepts	Appréciation	Prise de décision	Initiation	Adhérence
Menace perçue	P	S	S	S
Efficacité de la réponse	P	P	S	S
Auto- efficacité	S	P	S	S
Climat de sécurité	S	P	P	P

Tab. (II.2) : Poids des différents concepts lié au comportement d'anticipation de la crise

[Michel B, 1996].

Il y a plusieurs travaux consacrés à la coopération entre les acteurs dans une situation de crise, dans le paragraphe suivante, nous allons citer les méthodes de résolution collective des problèmes complexes et évolutive lié au processus de la gestion des crises.

II.4.3. Problématique décisionnelle de la gestion de crise

Une organisation peut être à la fois créatrice et amplificatrice de crise. Les problématiques décisionnelles récurrentes auxquelles sont confrontées les organisations, les erreurs et les vulnérabilités managériales à l'origine d'une gestion de crise défailante sont mises en exergue. Le point de vue adopté est dynamique afin de couvrir l'ensemble du processus de crise c'est-à-dire, l'amont, la réponse opérationnelle et l'aval des crises.

A travers de l'analyse de la réponse apportée lors des situations de crises, un modèle conceptuel de prise de décision en situation de crise reposant à la fois sur la connaissance tactique des décideurs, l'intention et l'émotion. Selon l'auteur, l'émotion serait le préalable au modèle intuitif. En effet, lors d'une crise, divers mécanismes cognitifs, tels que l'intuition et l'émotion, contribuent à rendre effectives les décisions [Mucchielli J, 1985].

Le processus de décision est également conditionné par les facteurs de contingence et la turbulence de l'environnement. La pression temporelle, le manque d'information et/ ou un flux d'information conséquent, la complexité, la rareté de l'événement, les conflits entre acteurs, le sentiment de menace et la surprise de la situation.

II.4.3.1. Les phases de préparation et planification organisationnelle

L'expérience antérieure des décideurs et des acteurs de terrain conditionne les décisions et les actions mises en place lors d'une crise [Michel B, 1996]. Les réalités auxquelles étaient confrontés les décideurs ne correspondent pas aux scénarios de risque établis préalablement. De fait, les plans prévus en amont, faisant partie des routines organisationnelles, étaient inapplicables car dimensionnés pour d'autres scénarios. Les acteurs ont dû servir de base à la structuration des moyens et à la définition des premières actions à engager.

II.4.3.2. La mobilisation des moyens et la réponse opérationnelle

Lors de phase de réponse, les acteurs sont confrontés à des problèmes d'ordre technique, informationnel et communicationnel.

a. Les problèmes techniques

Face à des évacuations de grande ampleur, les acteurs se retrouvent en déséquilibre par rapport aux besoins engendrés par la situation. Des problèmes peuvent provenir de matériel non adaptés à la situation [Mucchielli J, 1985].

Les structures de crise peuvent être détruites ou in-opérationnelles lors d'une situation exceptionnelle et compliquée davantage la coordination et la réponse des organisations. Selon la localisation de la crise, les postes de commandement, sont installés sommairement et ils ne disposent pas de leurs propres moyens de communication.

Au-delà de ces aspects techniques, les principales difficultés mises en exergue au travers de ces retours d'expérience concernent le partage des informations et la coordination des acteurs.

b. Les problèmes d'information et de communication

Les acteurs communiquent entre eux au sein de lieu sinistré. Les messages doivent être clairs et chaque personne doit en mesurer les conséquences [Mucchielli J, 1985]. De plus, le manque actuel d'une culture de crise et d'un langage commun entre les différents acteurs accentue ces problèmes.

Une défaillance du processus d'information et de communication se répercute sur le processus de décision et sur les actions entreprises tels que :

- des difficultés pour dimensionner les dispositifs humains et matériels.

- des problèmes de coordination entre les différentes parties prenantes.
- des confusions dans les informations.
- des difficultés de perception de l'ampleur et de la gravité de la situation.
- des incertitudes quant à l'évolution du potentiel danger de l'événement déclencheur et des conséquences.

La gestion d'une situation de crise requiert la convergence d'acteurs variés, chacun ayant une sensibilité, une expérience et un bagage technique différents. Du fait, de la complexité de l'événement d'une part, de la dimension humaine de la réponse, les acteurs sont confrontés à plusieurs problématiques récurrentes telle que des difficultés de communication et de compréhension entre acteur et des difficultés techniques.

II.4.4. Complexité de la prise de décision en situation de crise

Prendre une décision peut être une tâche extrêmement complexe, surtout dans un réseau dynamique tel qu'une situation de crise. Le décideur a besoin d'information et de stratégie de raisonnement pour établir un jugement [Ouazard D, 1999].

L'information elle seule constitue une problématique importante dans le domaine de gestion des situations de crise. De plus, la stratégie de raisonnement n'est pas toujours évidente à cause de l'incertitude des flux d'informations.

Une crise est une situation complexe, caractérisé par la diversité des solutions à mettre en place. De ce fait découlent deux limites.

—Il est difficile de se représenter l'ensemble des solutions ou des alternatives possibles pour résoudre une crise.

—Les acteurs ne peuvent traiter simultanément des informations. Ainsi, le choix d'une solution optimale s'en trouve affecté. De plus, cette limitation de l'information alerte les capacités de représentation et de perception de la situation.

II.4.4.1. Le processus de prise de décision en situation de crise

Les acteurs d'une situation de crise peuvent être assimilés à des centres de décision autonome qui doivent réaliser un certain nombre des fonctions tout en prenant en compte des données. Un centre de décision doit alors disposer d'une certaine autonomie puisqu'il est capable d'accepter ou de refuser les requêtes provenant d'autres centres de décision, et de percevoir et d'agir sur son environnement [Ouazard D, 1999].

Un centre de décision, d'une part, adapte et prévoit son comportement et d'autres part communique des décisions qui vont elles mêmes influencer sur la prise de décision dans d'autre direction.

La formulation classique d'un problème de décision peut s'exprimer ainsi, un acteur, sur la base d'un objectif (gérer une situation de crise), désire trouver les solutions optimales pour l'ensemble des solutions possibles afin de mettre en place ses actions (Figure (II.8)).

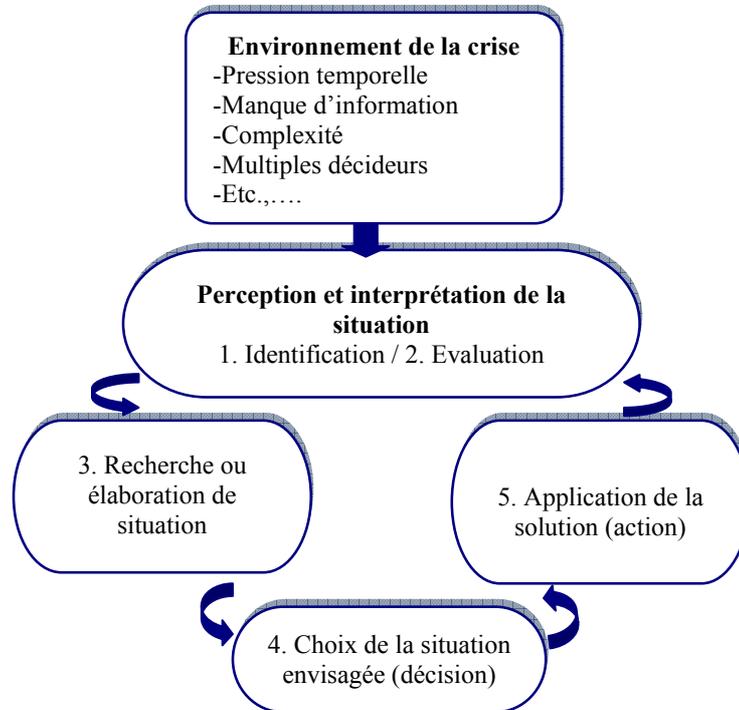


Fig. (II.8) : Le processus de la décision en poste de la crise [Roy B, 1992].

Le décideur est l'intervienne principale qui s'adresse l'aide à la décision et qui occupe une place centrale dans le processus de décision. L'acteur d'un processus de décision est défini comme "Un individu ou un groupe d'individus, qui par son système de valeur, que ce soit du premier degré, par la manière dont il fait intervenir d'autres individus influencent directement ou indirectement dans la prise de décision".

II.4.4.2. Les problèmes de prise de décision en situation de crise

Les crises résultent de la perturbation d'un territoire initialement vulnérable par un événement déclencheur. Le potentiel danger initiateur est suffisamment élevé pour engendrer des conséquences humaines, environnementales et matérielles dramatiques. Les organisations sont à la fois déstabilisées par l'ampleur et la complexité des besoins auxquels doivent répondre, mais également par la présence de vulnérabilités latentes les empêchant d'agir adéquatement à la situation.

Donc, le décideur a besoin d'information et de stratégie de raisonnement pour établir un jugement. L'information elle seule constitue une problématique importante dans le domaine de gestion des situations de crise. De plus, la stratégie de raisonnement n'est pas toujours évidente à cause de l'incertitude des flux d'informations.

II.5. Conclusion

Une méthode d'analyse de la vulnérabilité qui repose sur l'approche multicritère d'aide à la décision. Elle permet de combiner des facteurs hétérogènes et donc de prendre en compte à la fois les facteurs de fragilité et de résilience des systèmes. Cette méthode pose les bases d'une analyse de la vulnérabilité reposant sur les retours d'expérience et qui fait l'objet de chapitre suivant.

Chapitre III

Les outils d'aide à la décision

Chapitre III

Les outils d'aide à la décision

III.1. Introduction

La prise en compte des risques dans la gestion et la planification des réponses en cas de crise passe notamment par l'évaluation de leur niveau de vulnérabilité.

Ce chapitre vise à présenter une méthode d'évaluation de la vulnérabilité des territoires urbains. Elle consiste à identifier les enjeux présents dans la zone d'étude et à évaluer leurs niveaux de sensibilité en fonction des critères bien précisés.

L'évaluation de la vulnérabilité s'appuie sur les approches semi quantitative en utilisant une analyse hiérarchique multicritère. Cette méthode permet de modéliser le niveau d'endommagement potentiel des enjeux humains, matériels et environnementaux, leur degré d'exposition au danger et les capacités de réponse des populations exposées ont un risque, sur un territoire donné, fondée sur l'expertise des acteurs de la gestion des crises.

III.2. Les problématiques de décision multicritère

La prise de décision multicritère, est l'une des méthodes de décision les plus connues. L'analyse multicritère fournit aux décideurs des outils permettant de résoudre des problèmes décisionnels complexes, où plusieurs critères doivent être pris en compte dans le choix d'options. La formulation d'un problème décisionnels multicritères s'inscrit dans l'une des trois problématiques d'aide à la décision à savoir les problématiques de choix, de tri ou de rangement (Tab. (III.1)).

—**la problématique du choix** : consiste à scinder l'ensemble des actions potentielles en un sous-ensemble d'actions acceptées et un sous-ensemble d'actions rejetées, par comparaison relative des actions. Il s'agit donc de formuler le meilleur choix en identifiant les meilleures solutions pour retenir une solution unique.

—**la problématique du tri** : consiste à répartir les actions potentielles dans des catégories préalablement définies. L'affectation à une catégorie est déterminée à partir des

caractéristiques propres de chaque action. Les catégories peuvent être partiellement ou totalement ordonnées.

—**la problématique de rangement** : consiste à établir un ordre partiel ou complet sur l'ensemble des actions potentielles, par comparaison relative des actions. Cette problématique nécessite d'exploiter au mieux l'ensemble des informations permettant de comparer les actions et en particulier les préférences globales que l'on peut exprimer sous la forme d'un critère.

Problématique	Objectifs
Choix ou procédure de sélection	Eclairer la décision par le choix d'un sous ensemble aussi restreint que possible en vue d'un choix final d'une seule action.
Tri ou procédures d'affectation	Eclairer la décision par un tri résultant d'une affectation de chaque action a une catégorie.
Rangement ou procédures de classement	Eclairer la décision par un rangement obtenu en regroupement tout ou partie des actions en classes d'équivalence.

Tab. (III.1) : Les problématiques de références d'aide à la décision multicritères.

Parmi les problématiques de références citées précédemment, le problème de décision en situation de crise se rattache à la problématique de classement des informations recueillies par les acteurs. L'approche d'agrégation des avis des experts retenue est de type complet puisque, l'objectif général de la procédure d'aide à la décision est de fournir plusieurs critères au travers de niveau de la vulnérabilité d'un territoire exposée à un risque.

Dans les prochains paragraphes, quelques méthodes d'analyse multicritère seront expliquées. Ensuite, la recherche s'attardera et détaillera celle qui semble la plus adaptée au contexte de l'évaluation du niveau de la vulnérabilité.

III.2.1. Caractéristiques d'un problème de décision multicritère

Dans un problème de décision multicritère:

- comme dans un problème de décision monocritère, il existe un ensemble d'alternatives (ou actions, choix, décisions, solutions), potentiel.
- plusieurs points de vue sont à prendre en compte pour juger ces alternatives.
- le décideur possède des préférences qu'il exprime sur chaque point de vue par un critère.

III.2.2. Nombre maximal de décideurs

L'utilisation en groupe des méthodes multicritères pourrait se faire avec un très grand nombre de répondants. De cette façon, on pourrait s'assurer que l'analyse finale tiendra compte de l'opinion d'une multitude d'individus. Cependant, en pratique, il devient difficile d'intégrer autant de comparaisons tout en s'assurant que la cohérence globale sera respectée. De plus, si l'incohérence venait à être trop élevée, le processus de reprise s'avèrerait très laborieux puisque, en plus d'identifier les problématiques de cohérence individuelle, il faudrait s'assurer de la cohérence de l'ensemble des décideurs.

III.2.3. Nombre maximal de critères à comparer

En théorie, il n'y a pas de limite quant au nombre d'éléments pouvant être comparés avec les méthodes multicritères. Avec un trop grand nombre d'éléments à comparer, il est extrêmement difficile pour une personne d'être suffisamment cohérente, afin de satisfaire le seuil maximal dicté par les méthodes multicritères. En présence de hiérarchies très complexes dépassant plusieurs facteurs, il est alors important de regrouper les éléments similaires afin de créer les différents groupes de facteurs homogènes et ainsi, réaliser des analyses distinctes pour chacun de ces groupes.

III.3. Les méthodes d'aide à la décision multicritère

Les méthodes d'aide à la décision ont pour vocation de faire émerger des éléments de réponse, a des questions que se posent des acteurs engagés dans un processus de décision et d'apporter des moyens de cohérence entre la décision qui doit être prise, les objectifs et les systèmes de valeurs propres aux acteurs [Vincke P., 1989].

Les méthodes d'aide à la décision sont multiples, quoique utiles pour modéliser les préférences des décideurs, présentent certaines limites liées aux jugements subjectifs des décideurs. De plus, lors de problèmes comportant de nombreuses variables, les acteurs ne peuvent analyser un grand nombre de données.

La majeure différence qui existe entre les méthodes d'analyse multicritère, réside dans la façon de distribuer l'importance relative des critères et d'agrèger les résultats de l'analyse pour choisir la solution optimale.

III.3.1. Les Réseaux Bayésiens (RB)

Les réseaux bayésiens s'appuient sur un théorème : le théorème de Bayes. C'est un résultat de base en théorie des probabilités. Les réseaux bayésiens ont pour objectif d'acquérir, représenter et utiliser la connaissance.

$$P(A/B)P(B) = P(A \cap B) = P(B/A)P(A) \quad (\text{Equation (III.1)})$$

$$P(A/B) = P(B/A)P(A) / P(B)$$

Le terme $P(A)$ est la probabilité à priori de A. Elle est antérieure au sens qu'elle précède toute information sur B. La probabilité $P(A)$ est aussi appelée la probabilité marginale de A. Le terme $P(A|B)$ est appelée la probabilité à posteriori de A sachant B (ou encore de A sachant B). Elle est postérieure, au sens qu'elle dépend directement de B. Le terme $P(B|A)$, pour un B connu, est appelée la fonction de vraisemblance de A. De même, le terme $P(B)$ est appelé la probabilité marginale ou à priori de B. Ainsi, l'observation d'une ou plusieurs causes n'entraîne pas systématiquement l'effet ou les effets qui en dépendent, mais modifie seulement la probabilité de les observer.

III.3.2. Les Réseaux de Neurones (RN)

Les réseaux de neurones artificiels ont été introduits au début des années 40 afin de décrire et de modéliser les propriétés et le fonctionnement du cerveau humain.

Les réseaux de neurones artificiels ou formels, peuvent être utilisés dans nombreux domaines de l'intelligence artificielle (AI). Le principe général consiste à définir des unités simples appelées neurones, chacune étant capable de réaliser quelques calculs élémentaires sur des données numériques.

Par définition, *“Un neurone est une unité de traitement de l'information. Un neurone est une fonction non linéaire, paramétrée, à valeurs bornées”*. On appelle entrées les variables sur lesquelles le neurone opère, et sortie est le résultat de l'opération [Zacklad J., 1988].

Le neurone formel effectue la somme pondérée de ses entrées par ses coefficients synaptiques (\sum), appelée potentiel, puis une transformation non linéaire de ce potentiel par une fonction nommée fonction d'activation (f). La seule sortie correspond donc à une transformation non linéaire de ce potentiel.

$$y = f(S) = f(w_0 + \sum_{i=1}^n w_i x_i) \quad \text{(Equation (III.2))}$$

- Avec
- x_i Correspondent aux n entrées du neurone.
 - S Le potentiel
 - y La sortie
 - w_i Les coefficients synaptiques
 - w_0 Un coefficient particulière, connecté a une entrée constante.

Le Figure (III.1), est une représentation graphique d'un neurone formel. Elle s'inspire de la représentation d'un neurone biologique, dont le rôle est de transmettre le signal électrique issu des dendrites vers la terminaison axonique du neurone.

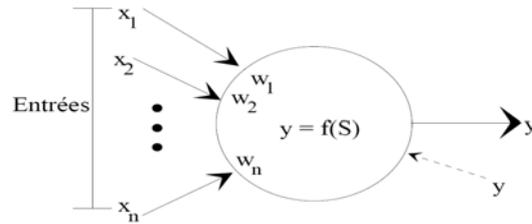


Fig. (III.1) : Représentation figurée d'un neurone [Zacklad J., 1988].

Cette somme devient l'argument de la fonction d'activation, qui est le plus souvent d'une des formes présentées ci-dessous. Une fonction d'activation importante est la simple multiplication avec un, c'est-à-dire que la sortie est simplement une somme pondérée.

Le choix de la fonction d'activation dépend de l'application. S'il faut avoir des sorties binaires c'est la première fonction que l'on choisit habituellement.

III.3.2.1. Les différents types de neurones

Il existe deux types de neurones formels, les neurones statiques et les neurones dynamiques pour lesquels le temps a un rôle fonctionnel.

a. Les neurones formels statiques

Ce modèle de neurone est de type statique binaire, le neurone décide de l'état de sa sortie selon une fonction seuil. Si la somme pondérée des entrées est supérieure à la valeur du seuil, l'état de sortie du neurone passe ou reste à la valeur (+1), dans le cas contraire, la valeur passe ou reste à la valeur (-1). La fonction d'évaluation s'exprime de la manière suivante :

$$f(V) \begin{cases} -1 & \text{si } V < \theta \\ +1 & \text{si } V \geq \theta \end{cases} \quad (\text{Équation (III.3)})$$

b. Les neurones formels dynamiques

Afin de modéliser l'évaluation de certains processus dans le temps, les neurones dits dynamiques intègrent ce paramètre. Les valeurs temporelles interviennent soit de manière discret, soit de manière continue, à chaque fonction d'activation (f). Considérons le cas de neurones dynamiques à temps discret, leur potentiel se calcule de la manière suivante :

$$V(t) = \sum_{j=1}^d \theta_j e_j(t) \quad (\text{Équation (III.4)})$$

Ils actualisent leur sortie à l'instant $t + 1$ selon l'équation aux différences suivantes:

$$S(t + 1) = f(V(t)) \quad (\text{Équation (III.5)})$$

III.3.2.2. L'architecture des réseaux de neurones

L'architecture d'un réseau de neurones, est le graphe des connexions des neurones entre eux. Il en existe plusieurs sortes, desquelles découlent de propriétés différentes. Le choix de l'architecture du réseau dépend du problème à traiter et plus particulièrement :

- des comportements dynamiques (bouclage ou non bouclage).
- de la complexité des opérations à réalisé.
- du choix de la fonction d'activation.

Deux types de réseaux de neurones sont définis ci- dessus comme un titre d'exemple :

a. Les réseaux non bouclés à une seule couche

Un réseau est non bouclé lorsque l'information circule des entrées vers les sorties sans bouclage. Les réseaux peuvent être constitués de n_s neurones de sortie (Fig. (III.2)).

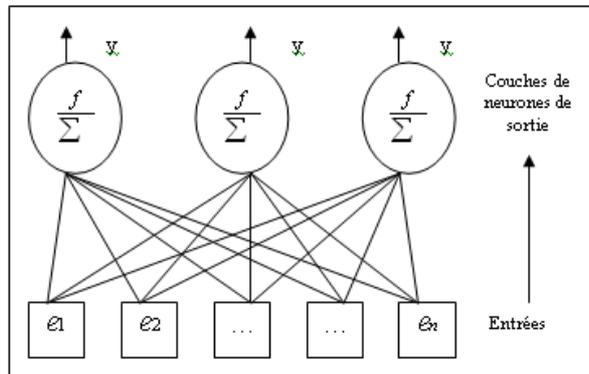


Fig. (III.2) : Réseau de neurone non bouclé à une couche [Zacklad J., 1988].

b. Les réseaux non bouclés multi- couches

Sont organisés en couches comme leur indique. L'architecture la plus répandue est celle de la perception multi- couches spécialement utilisées pour classifier les données.

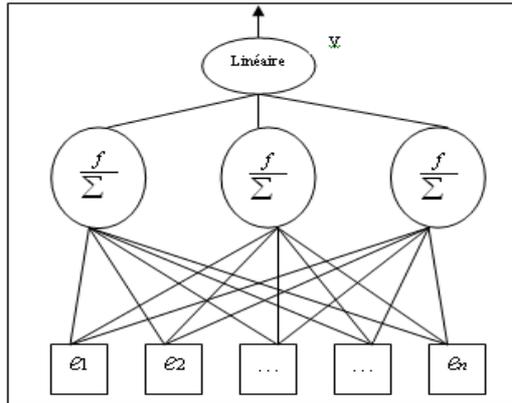


Fig. (III.3) : Réseau de neurone non bouclés multicouches [Vincke P, 1989].

III.3.3. La méthode multicritère Saaty

Les méthodes d'aide à la décision de type multicritère, organisent et synthétisent les informations détenues par les décideurs. Elles ont également l'avantage de permettre une structuration des processus de décision et d'apporter une justification des choix des décideurs.

M	Descriptions et définitions	Avantages	Inconvénients
Réseaux Bayésiens	Les Réseaux Bayésiens s'appuient sur les statistiques et le retour d'expérience.	Pouvoir modéliser des relations non linéaires sans connaissances au préalable des lois qui régissent.	Elle nécessite un retour d'information
Réseaux de neurones	Les réseaux de neurones sont utilisés pour analyser de grandes quantités de données pour extraire des connaissances utiles à la prise de décision, pour contrôler et prévoir le comportement d'un système.	-Les réseaux de neurones représentent les comportements des processus à partir de connaissances a priori.	-Permet d'associer de manière non linéaire la valeur du potentiel donnée à une classe non définie au préalable.
Méthode multicritères de Saaty.	L'analyse multicritère vise à fournir des outils qui permettront de progresser dans la résolution d'un problème de décision où plusieurs objectifs, souvent contradictoires, doivent être pris en compte.	-Méthode intuitive et attrayante. -Permet d'inclure différents types de variables quantitatives et qualitatives.	Le choix des critères est difficile par rapport à la réalité.

Tab. (III.2) : Comparaison entre les méthodes d'aide à la décision [Wei Y. 1992].

La méthode Saaty, permet aussi de vérifier la sensibilité de la solution en faisant varier les résultats des jugements et ce, dans le but de créer les différents scénarios de décision en fonction de certains critères précis.

Lors de processus décisionnels de groupe, certains auteurs ont même prouvé que la méthode Saaty, s'avérait beaucoup plus bénéfique et efficace que d'autres méthodes conventionnelles.

Dans notre travail, la méthode de décision multicritère de Saaty, semble intéressante pour répondre à la problématique de la thèse. En effet, elle permet d'appréhender un problème complexe, en l'occurrence de l'évaluation de la vulnérabilité d'un territoire exposé à un risque. De plus, elle apporte une réponse quant à la création des critères de représentation de la situation. En effet, l'estimation des critères est basée sur le jugement d'expert [Wei Y. 1992].

Ce paragraphe s'attache à décrire les définitions, principaux généraux et les différentes étapes permettant de mettre en œuvre la méthode de décision multicritère de Saaty.

III.4. Représentation de la méthode de décision multicritères « Saaty »

La méthode de décision multicritère Saaty, est un processus de la hiérarchisation analytique qui décompose le problème complexe en un système de hiérarchies. Elle se distingue par sa façon de déterminer les poids des critères et procède par comparaisons par paire de chaque niveau de la hiérarchie, par rapport aux éléments du niveau supérieur.

L'analyse multicritère consiste à construire des modèles qui traitent les problèmes de décision en tenant compte de plusieurs critères. Chaque critère traite un ensemble de conséquences homogènes. Il est difficile de trouver une solution unique, parce qu'il est rare qu'il n'y ait pas de conflit entre les critères [Wei Y. 1992].

III.4.1. Définition du concept de critère

Un critère est simplement, une façon de mesurer une alternative sur une échelle de satisfaction ou de préférence, selon un certain point de vue. Le résultat de cette mesure de satisfaction, appelé valeur du critère sur l'alternative, ou degré de satisfaction, est :

—Soit quantitatif : c'est un nombre mesurant une intensité de satisfaction ou de préférence.

—Soit qualitatif : c'est un degré sur une échelle discrète et ordonnée, par exemple l'échelle (excellent, bon, satisfaisant, mauvais, nulle).

Dans la formulation du problème, il est nécessaire de prendre en compte les conséquences des actions potentielles. En général, les circonstances réelles de décision sont multiples et variées. A partir d'évaluations des conséquences, nous pouvons comparer les actions en termes de préférence.

Devant un nombre généralement vague et lourd de conséquences, les préférences fournies par le décideur ne sont pas toujours bien définies et stables.

III.4.2. Définition de la Méthode Hiérarchique Multicritère (MHM)

La Méthode de Hiérarchie Multicritères (MHM) ou Analytic Hierachy Process (AHP), créée par T.L Saaty, permet de résoudre un grand nombre de problèmes décisionnels de façon quantitative en élaborant un modèle d'aide à la décision, représenté sous la forme d'une structure hiérarchique.

L'approche de Saaty fournit une mesure de l'ensemble de ces interactions, interne au système et entre le système et son environnement en attribuant des valeurs relatives correspondant à l'impact de chaque composante sur la totalité du système. Les fondements de cette méthode reposent sur deux approches simultanées qui sont l'approche systémique et l'approche causale.

La première approche intervient au moment de la simplification des problèmes en composantes interactives à l'aide de structurations hiérarchiques. La seconde approche basée sur les représentations mentales et les sentiments des acteurs, intervient dans l'évaluation, par comparaison binaire, de l'impact d'une variable sur une autre.

Les méthodes multicritères ont déjà été utilisées à plusieurs reprises en matière d'évaluation de la vulnérabilité d'un territoire exposé à un tel risque. L'objectif principal de cette méthode est d'aider les acteurs intervenant dans le processus de la prise de décision à résoudre des problèmes complexes en organisant, en hiérarchisant les informations et les appréciations [Roy B. & Bouyssou D, 1993].

L'application de la méthode AHP se fait à deux niveaux : la structure hiérarchique et l'évaluation. Les décideurs peuvent rassembler les critères qualitatifs et quantitatifs dans la structure hiérarchique. La méthode intègre l'opinion et l'évaluation des experts, et décompose le problème de décision à multicritères en un système des hiérarchies, en descendant dans la hiérarchie de grands aux petits éléments.

III.4.3. Principes généraux

La méthode hiérarchique multicritère (MHM), a été utilisée pour comparer la vulnérabilité de différents cibles en fonction de certains critères telle que les conséquences sur les cibles etc., afin d'apporter une aide à la décision aux acteurs chargés de l'organisation des secours [Serrano F, 1991].

La prise de décision selon la méthode AHP, est une méthodologie rigoureuse qui se divise en une série d'étapes importantes. Le schéma suivant démontre plus précisément les étapes à suivre dans l'application de cette méthode (Fig. (III.4)).

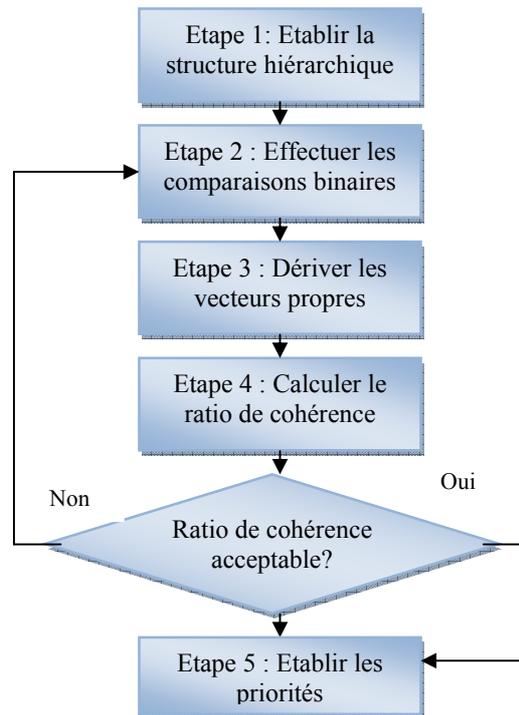


Fig. (III.4) : Les étapes de la méthode multicritère [Mongolfier P. & Bertier, 1978].

a. Définition du problème et les objectifs

Cette étape essentielle à pour objectif de poser le problème à résoudre, de le positionner dans son environnement afin d’identifier de manière précise ses divers aspects et ses caractéristiques. La mise en place d’une analyse globale de la vulnérabilité exige l’intégration de nombreuses informations concernant les enjeux humains, matériels et environnementaux. Pour modéliser la vulnérabilité d’un territoire exposée à un risque, les enjeux doivent d’abord être hiérarchisés selon les critères de sensibilité. Il s’agit de synthétiser les critères du degré d’exposition des enjeux de la vulnérabilité.

b. Décomposition du problème complexe en éléments simples

La décomposition hiérarchique repose sur l’identification des éléments qui conditionnent la résolution du problème nommé objectif global, en le structurant en fonction des critères et d’éléments. Chaque critère est à son tour décomposé, en fonction d’un ensemble d’éléments qui le conditionnent, eux même pouvant être décrit par des sous éléments. Le dernier niveau correspond aux actions opérationnelles ou aux alternatives à évaluer. Deux types de structurations hiérarchiques sont distingués : les hiérarchies fonctionnelles et les hiérarchies structurelles:

b.1. Les hiérarchies fonctionnelles

Décomposent quant à elle les systèmes complexes en éléments en fonction des relations essentielles reliant chacun d'eux. Elles sont qualifiées de complètes, lorsque tous les éléments d'un même niveau partagent les propriétés qui caractérisent le niveau supérieur. Ainsi, le critère d'un niveau ne fonctionne pas nécessairement comme un critère partagé par l'ensemble des éléments du niveau inférieur. (Fig. (III.5)).

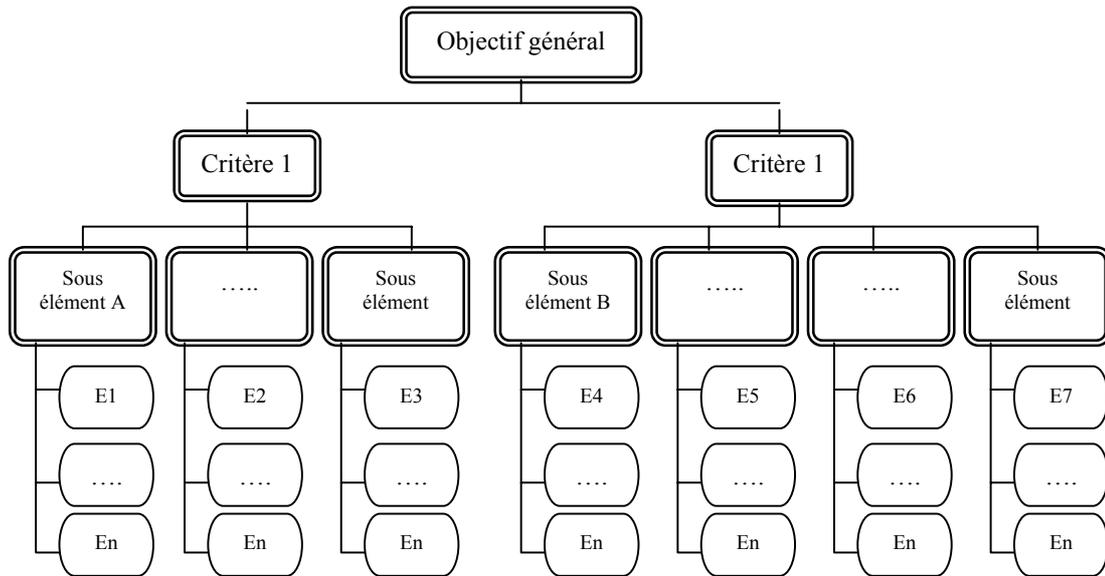


Fig. (III.5) : Structuration hiérarchique complexe de type incomplet [Bouyssou D, 1993].

b.2. Les hiérarchies structurelles

Décomposent les systèmes complexes, d'après les éléments définissant, les propriétés structurelles (Fig. (III.6)). Enfin, la cohérence des jugements a été évaluée afin de valider les priorités obtenues et dans le cas contraire de réviser nos appréciations.

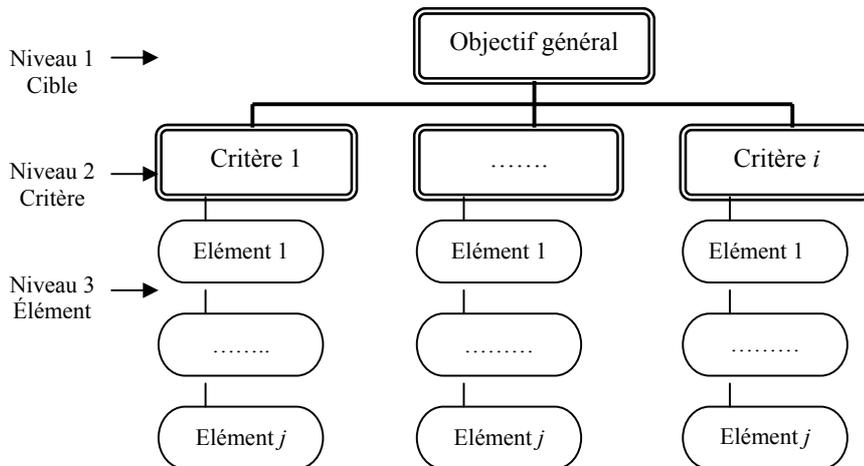


Fig. (III.6) : Structuration hiérarchique simplifiée de type complète [Serrano F, 1991].

Quand les structurations hiérarchiques sont créées, une matrice de comparaison binaire est définie pour comparer les éléments et les critères entre eux.

c. Comparaison des éléments à l'aide de matrice de comparaison binaire

Dans un problème de décision, les relations complexes entre différentes entités peuvent être étudiées selon une approche dite causale. Deux types de relations causales peuvent être définis :

- les relations causales de type symétrique (A influence B).
- les relations causales de type réciproque (les deux éléments influencent mutuellement).

L'analyse des relations causales des éléments, c'est-à-dire l'importance relative des éléments deux à deux par rapport au critère du niveau supérieur, s'effectue à l'aide de comparaisons binaires reposant sur une approche de type matricielle. La comparaison des éléments, via une matrice de jugement, c'est l'étape préliminaire afin d'aboutir les priorités des éléments les uns par rapport aux autres.

Configurer une matrice carrée réciproque formée par les évaluations des rapports des poids (N * N), N étant le nombre d'éléments comparés. On obtient de cette façon :

$$a = a_{ij} \text{ Avec } a_{jj} = 1 \tag{Equation (III.6)}$$

Soit $A = (a_{ij})$ une matrice de comparaison par paire :

$$A = \begin{matrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{matrix} \text{ Avec } a_{ij} = 1 / a_{ji}, \forall i, j = 1, 2, \dots, n ,$$

Les valeurs a_{ij} sont déterminées à l'aide de l'échelle de Saaty (Tab. (III.4)). La comparaison, de type réciproque, peut être :

- soit favorable et positive, l'appréciation correspondra à une valeur entière.
- soit défavorable et donc négative, l'appréciation sera exprimée à l'aide d'une fraction.

Chaque niveau de la structuration hiérarchique génère un ensemble de matrices permettant de réaliser les appréciations pour aboutir, au final, après agrégation des avis, à l'obtention des priorités globales du problème.

d. Collecte des appréciations

La comparaison binaire des éléments s’appuie sur le jugement subjectif des experts. Saaty utilise une échelle numérique de comparaison binaire (Tab. (III.4)). En cas de structurations hiérarchique complexes, le recours à l’utilisation de questionnaires traduisant les matrices sous la forme de phrases, s’avère nécessaire [Maystre L. & Bollinger D, 1999].

Le processus de comparaison rapporte un rangement relatif des priorités. Les évaluations qualitatives sont transformées à des poids quantitatifs selon le degré d’influence des éléments de décision sur l’objectif du problème. Étant donné que ces évaluations se font par des individus, un manque d’objectivité et de cohérence peuvent toujours apparaître lors des jugements subjectifs. L’objet de développer un cadre cohérent étendue dépend d’admettre une certaine incohérence. La ration de cohérence peut être interprétée comme la probabilité que la matrice soit complétée aléatoirement. La ration de cohérence est donnée par la formule suivante :

$$RC = IC / IA \quad \text{(Equation (III.7))}$$

RC : est la ration de cohérence.

IA : est un indice aléatoire.

IC : est l’indice de cohérence.

Le tableau suivant contient les valeurs de *IA*, qui sont obtenus pour chaque dimension n de la matrice (Tab. (III.3)).

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.9	1.1	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.5

Tab. (III.3) : Les indices aléatoires pour des matrices de comparaison [Maystre L. & Bollinger D, 1999].

La cohérence globale d’appréciation est évaluée au moyen de ce ratio de cohérence *RC*. Toujours selon Saaty, la valeur de ce dernier doit être au plus égale à 10%. Dans le cas ou cette valeur dépasse 10%, les appréciations peuvent exiger certaines révisions.

DI	Définitions	Commentaire
	Importance égale des deux	Deux éléments contribuent autant à la

1	éléments.	propriété.
3	Faible importance d'un élément par rapport à l'autre.	L'expérience et l'appréciation personnelle favorisent légèrement un élément par rapport à un autre.
5	Importance forte ou déterminante d'un élément par rapport à un autre.	L'expérience et l'appréciation personnelle favorisent fortement un élément par rapport à un autre.
7	Importance attestée d'un élément par rapport à un autre.	Un élément est fortement favorisé et sa dominance est attestée dans la pratique.
9	Importance absolue d'un élément par rapport à un autre	Les preuves favorisant un élément par rapport à un autre sont aussi convaincantes que possible
2, 4, 6, 8	Valeurs intermédiaires entre deux appréciations voisines.	Un compromis est nécessaire entre deux appréciations.
Réciproque	Si a est la valeur de l'élément quand i est comparé à j , alors $1/a$ est la valeur de jugement quand j est comparé à i .	

Tab. (III.4) : Echelle de mesure de la méthode Saaty [Serrano F, 1991].

Alors, les priorités sont déterminées par la résolution d'un système d'équations :

$$Aw = \lambda_{\max} w \quad (\text{Equation (III.8)})$$

A : est la matrice de comparaisons de dimension (m * m).

$w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ Est un vecteur propre de dimensions m*1 associé avec la valeur propre.

λ_{\max} : La valeur maximale d'Eigen de la matrice.

$$Aw = \lambda_{\max} w \Rightarrow Aw = \left[\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j \right], \forall i = 1, \dots, n \quad (\text{Equation (III.9)})$$

On obtient alors :

$$\lambda_{\max} = 1/n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j / w_i \quad (\text{Equation (III.10)})$$

Cette étape de collecte des appréciations est la plus controversée. En effet, une des critiques majeurs prononcées envers la méthode MHM porte sur l'échelle de jugement, sur le manque de prise en compte de l'incertitude des avis et des perceptions des experts.

e. Agrégation des appréciations

L'étape préalable avant l'obtention des priorités des éléments, correspond à l'agrégation des appréciations des experts. Différents méthodes d'agrégations des avis existent.

La hiérarchisation des cibles selon les critères de la vulnérabilité est nécessite une approche de type agrégation des acteurs de la gestion des crises. La méthode AHP, est de ce type, a été retenue en raison de son efficacité et de sa rapidité de mise en œuvre. L'Agrégation des informations collectées peut se faire selon deux approches:

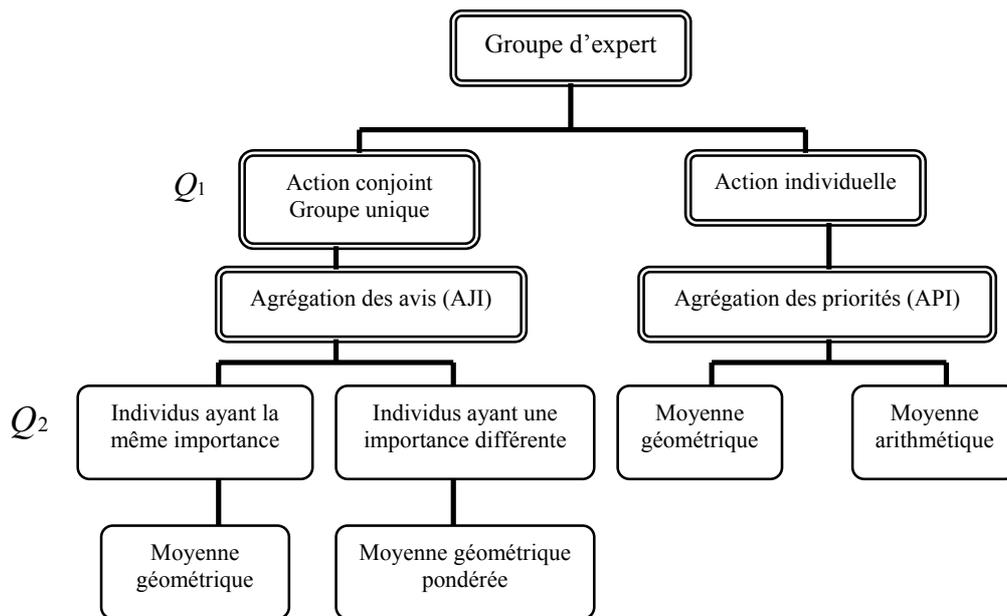


Fig. (III.7) : Choix entre les méthodes d'agrégations des avis [Serrano F, 1991].

—L'Agrégation des Jugements Individuels (AJI), pour chaque comparaison binaire au sein d'une même matrice.

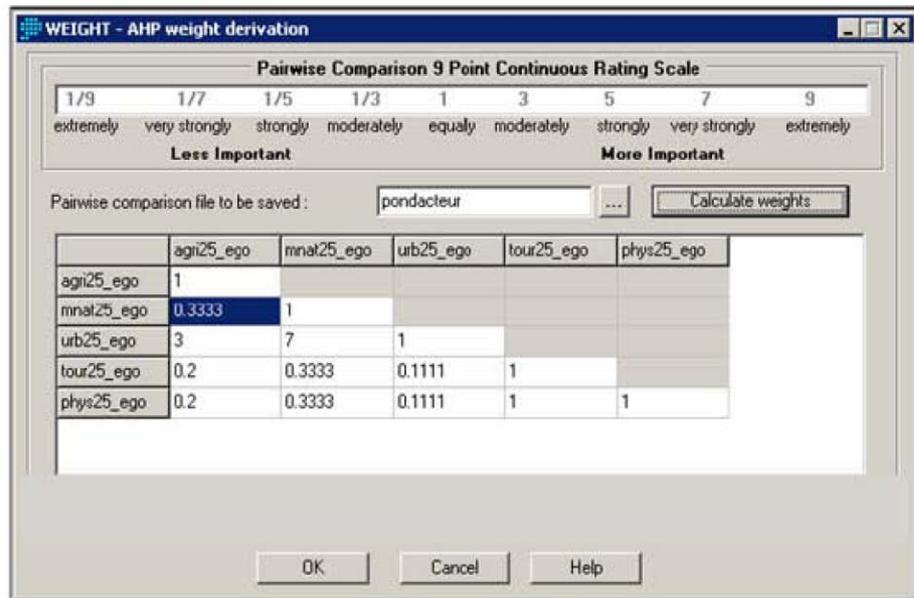
—L'Agrégation des Priorités Individuelles (API).

Le choix entre ces approches se fait à l'aide de deux questions :

Q_1 —Est- ce que les parties prenantes du processus de décision pour la gestion des crises, interrogées et agissent en synergie ou de manière individuelle ?

Q_2 —Est- ce que les individus prenant part au processus de décision pour la gestion des crises, a une influence égale sur la décision ?

Dans notre thèse, ces calculs de l'agrégation des avis des experts sont effectués de manière automatique par le logiciel Expert Choice (EC).



Tab. (III.5) : L'interface du logiciel Expert Choice (EC).

(www.expertchoice.com).

L'Expert Choice (EC), est 'Un logiciel qui correspond exactement à la traduction informatique de la méthode AHP. Toutes les étapes de AHP expliqués peuvent être exécutées par EC et il basé sur l'agrégation des jugements individuels (AJI), pour chaque comparaison binaire au sein d'une même matrice'.

L'évaluation de la vulnérabilité par la méthode d'analyse multicritère Saaty, impliquant un ou plusieurs de décideurs, ont pour objectif de guider les choix de ceux-ci en fonction de leurs préférences à établir en collaboration avec les acteurs de la gestion des crises. Il s'agit d'identifier à partir de ces résultats des groupes homogènes de décideurs et les facteurs principaux, critères ou stimuli, qui ont motivé les choix observés dans chaque groupe.

f. Pondérations des éléments

Les méthodes de comparaison par paire ont donc pour objectif d'aboutir à la pondération de l'importance d'un ensemble d'éléments. D'autres méthodes sont utilisées pour obtenir la pondération des éléments comme la moyenne géométrique en ligne, ou la méthode de régression linéaire dont les résultats sont similaires, lorsque les matrices sont cohérentes (Tab. (III.6)).

Cas (1)	Cas (2)
1. Moyenne géométrique des avis pour chaque matrice de comparaison dans une matrice globale.	1. Calcul des priorités sur chaque matrice individuelle
2. Calcul des priorités sur l'ensemble des matrices de synthèse	2. Moyenne géométrique des priorités.

Tab. (III.6) : Comparatif des deux méthodes d'agrégation des avis et de pondération des éléments **Maystre L. & Bollinger D, 1999**].

—dans le 1^{er} cas, les vecteurs propres sont calculés à partir de la matrice de synthèse des avis, avec a_1 , a_2 et a_3 , $1/a_1$, $1/a_2$ et $1/a_3$ correspondant aux moyennes géométriques des avis individuels.

—dans le 2^{ème} cas d'une agrégation des priorités, a_1 , a_2 et a_3 , $1/a_1$, $1/a_2$ et $1/a_3$ correspondent au jugement individuel. Le processus est inversé puisque la synthèse des avis par moyenne géométrique se fait sur les priorités obtenues pour chaque expert et non sur les avis collectés. Les pondérations peuvent être obtenues ainsi (Tableau (III.7)).

<i>OG</i>	C_1	C_2	C_3	<i>VP</i>	<i>VPN</i>
C_1	1	a_1	a_2	X_1	X_A
C_2	$1/a_1$	1	a_3	X_2	X_B
C_3	$1/a_2$	$1/a_3$	1	X_3	X_C

Tab. (III.7) : Exemple d'obtention des pondérations.

Avec a_1 et $a_2, 1/a_2, 1/a_3$, jugement individuel des experts (agrégation des priorités) ou jugement agrégés (agrégation des avis), X_1, X_2, X_3 , les vecteurs propres de la matrice. Le vecteur propre (VP) de la matrice (X_1, X_2, X_3), est ensuite normalisé (X_A, X_B, X_C) afin que la somme des poids soit égale à 1.

La fonction de choix déduite s'écrit donc de la manière suivante :

$$OG = X_A.critere_1 + X_B.critere_2 + X_C.critere_3 \quad (\text{Equation (III.11)})$$

$$\text{Avec, } X_A + X_B + X_C = 1$$

La méthode multicritères Saaty, peut préconiser l'agrégation des jugements individuels en utilisant la Méthode d'Inférence Floue (MIF).

III.4.4. Synthèse

La définition de la vulnérabilité du territoire s'appuie sur des méthodes et outils d'aide à la décision. Les méthodes d'aide à la décision de type multicritère organisent et synthétisent les informations détenues par les décideurs. Elles ont également l'avantage de permettre une structuration des processus de décision et d'apporter une justification des choix des décideurs.

Lors d'une décision de groupe avec la méthode AHP, on calcule la moyenne géométrique des matrices de jugements formées pour chaque membre du groupe, afin d'avoir une seule matrice indiquant la décision commune du groupe. La moyenne géométrique élimine les valeurs extrêmes provenant des jugements des membres du groupe.

C'est dans cette logique que s'inscrit l'application d'une méthode de décision multicritère avec l'agrégation des avis des acteurs de la gestion de crise, en utilisant les matrices de comparaison binaire. Le traitement des avis des acteurs se fait par un logiciel nommé Expert Choice (EC).

III.5. Conclusion

L'objectif de la méthode multicritère est ainsi d'aider à prendre une décision (ou à évaluer entre elle plusieurs solutions, sans avoir forcément de choix à effectuer au final), dans les solutions de choix ou aucune possibilité n'est pas parfaite, et/ ou différents critères entrent en conflit.

La Méthode de Hiérarchisation Multicritère (MHM) ou méthode Saaty qui se veut très flexible, et va donc être utilisée pour évaluer la vulnérabilité d'un territoire. Elle permet de classer les différents facteurs de vulnérabilité selon les avis des décideurs de la gestion de crise comme l'on vu dans le chapitre suivant.

Chapitre IV

Présentation du système d'aide à la gestion des crises : Cas du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud

Chapitre IV

Présentation du système d'aide à la gestion des crises : Cas du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud

IV.1. Introduction

L'imbrication de la ville de Hassi Messaoud, dans les tissus industriels de la zone pétrolière, donne lieu à une situation des plus préoccupantes au plan des risques encourus, de l'incapacité manifestée à pouvoir affirmer être en mesure de les prévenir et de les écarter.

Ce chapitre se focalise sur la présentation du territoire de la ville de Hassi Messaoud (HMD), les différents scénarios d'accidents possibles selon les facteurs aggravant en matière de l'organisation des moyens de secours, un retour d'expérience sur les accidents survenus et les principaux outils d'aide à la gestion des crises située dans la ville urbain de Hassi Messaoud.

Dans notre étude, nous allons choisir le Plan d'Assistance Mutuelle (PAM), pour tester les capacités de réponse en temps réel. Notre choix est justifié par plusieurs raisons et la plus importante c'est que ce plan ne s'articule pas sur un support réglementaire solide quelle que soit l'ampleur de la crise. A cet effet, nous proposons de présenter un scénario d'accident majeur « BLEVE » qui est lié au transport des matières dangereuses. Le logiciel ALOHA (version 5.04), nous permet d'avoir la concentration des nuages toxiques et de déterminer le seuil de danger immédiat à la vie et à la santé des habitants de la ville de Hassi Messaoud.

IV.2. Présentation du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud

La zone industrielle de Hassi Messaoud, recèle selon des prospections récentes un important gisement de pétrole, ou l'on recense plus de 350 puits en cours de forage (statistique Sonatrach, 2009), d'où l'importance de la ville de Hassi Messaoud sur le plan économique et stratégique.

L'armature spatiale du territoire de la commune est focalisée autour de l'agglomération de la ville en raison de l'existence des puits pétroliers, ce qui a engendré une activité exclusivement liée à l'activité pétrolière.

La commune de Hassi Messaoud, est une ville d'Algérie, située au sud dans la wilaya d'Ouargla, s'étend sur une superficie de 71 237 km², avec une population de 88 000 habitants

(statistique de la protection civil, 2009), et s'est trouvée, depuis plus de vingt ans, sur un périmètre du champ pétrolier.

L'expansion anarchique de la ville a accentué le degré de gravité auquel la population est exposée, et réduit les distances d'effets de létalité et de blessures significatives élargissant malheureusement ainsi la carte de sensibilité de la ville.

Le décret exécutif N° 05-127 du 24 Avril 2005 (voir annexe (1)), déclare la ville de Hassi Messaoud zone à risque majeur et devant la menace pesant à la fois sur la sécurité de la population de la ville de Hassi Messaoud et sur les installations pétrolières.

Dans une première approche les autorités en charge du problème de la ville pétrolière de Hassi Messaoud ont pris la décision de déplacer les installations à risques jugées dangereuses, et de délimiter l'assiette territoriale de la zone pétrolière dans le cadre du renforcement de l'exploitation des gisements. Ces mesures visent à connaître la possibilité de survenance des dommages aux personnes, aux biens et à l'environnement directement exposés à un danger.

IV.2.1. Les différents scénarios d'accident identifiés dans la ville de Hassi Messaoud

Les principales installations à risque ont un impact direct sur l'environnement et la population, cette dernière est située essentiellement à proximité des infrastructures et sites d'exploitations pétrolières (Complexe Industriel Sud). Ceci peut entraîner une véritable catastrophe en cas d'incidents majeurs. Il a été relevé 29 points à risques majeurs (dont 17 points à haut risque et 12 points situés à l'intérieur du périmètre urbain), éparpillés à travers toute la ville. Les conséquences seraient dévastatrices sur la population, on pourrait relever des milliers de morts et des blessés graves et destruction totale des installations et équipements. Les scénarios d'accidents identifiés sont :

- BLEVE (CIS).
- UVCE (rupture des lignes du GPL du CIS vers Haoud El Hamra).
- VCE (puits de pétrole).
- feux de nappe et de torches (oléoduc, les puits, manifolds...).

Le paragraphe suivant, explique ces scénarios en fonction du rayon d'impact et les cibles exposées (Tab. (IV.1)).

IV.2.1.1. Le BLEVE

La boule de feu produite lors d'un BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), en phase de vapeur d'un gaz liquéfié en ébullition, est l'effet le plus spectaculaire et le plus dévastateur des effets que l'on puisse observer.

Une sphère de gaz pétrolier liquéfié (GPL), d'une capacité de 1500 m³, située à l'unité GPL du Centre Industriel Sud (CIS). Les rayons d'impacts de la boule de feu induite par ce phénomène sur la population sont de :

—le seuil de létalité est de 980 m.

—le seuil de blessures significatives est de 1200 m.

IV.2.1.2. UVCE

Un UVCE (United Vapor Cloud Explosion), c'est l'explosion d'un nuage de gaz non confiné. Causé par une rupture franche des lignes d'expédition de GPL du CIS vers Haoud El Hamra, les distances d'impacts de cette explosion sur la population sont :

—le seuil de létalité est de 250 m.

—le seuil de blessures significatives est de 560 m.

IV.2.1.3. VCE

Un VCE (Vapor Cloud Explosion), c'est l'explosion d'un nuage de vapeur de gaz confiné produit par l'évaporation de l'effluent liquide répandu suite à une fuite.

Toute habitation située sur un rayon de 200 m d'un puits, d'un manifold ou d'une ligne de collecte peut être le siège d'un VCE.

Scénarios	Equipements	Localisation	Rayon d'impact	Cibles
BLEVE	-Sphère de stockage GPL.	CIS	980 m	-Base de vie à proximité du site.
	-Cigare de stockage d'hydrogène.	Raffinerie RHM2		-Bras de chargement. -Salle de contrôle de la raffinerie.
UVCE	-Ligne GPL.	Haoud El Hamra.	250 m	-Habitations de la zone Ouest de la ville.
VCE	-Puits.	Lignes de collecte	200 m	-Toute habitation.

Tab. (IV.1) : Les principaux scénarios d'accidents majeurs identifiés dans la ville de Hassi Messaoud (Source : PC).

A partir de ces scénarios d'accidents majeurs et ceux recensés et identifiés au niveau des unités de production peuvent conduire à un effet domino, une carte de sensibilité de la région de Hassi Messaoud, doit déterminer et servira d'outil de prise de décision pour la gestion des situations de crise.

IV.2.2. Les principaux événements survenus dans la ville de Hassi Messaoud

La ville de Hassi Messaoud, à connu des nombreux événements exceptionnels résultant des catastrophes industrielles qui ont causé la perte de milliers de vie humaine et des dégâts matériels et infrastructurels considérables telle que ce qui présenté dans le Tableau (IV.2).

Les incendies de centre Enfûter de Naftal (2002), Haoud El Hamra (2003) et de Nazela (2006), autant d'accidents qui ont fait prendre conscience à l'opinion, à certains responsables du problème des risques et les rendent plus exigeants en matière de sécurité industrielle. La responsabilité humaine dans ces catastrophes, en effet, est souvent particulièrement révoltante. De ce point de vue, le mode d'urbanisation est l'une des premières choses à remettre sérieusement en cause au niveau de la ville de Hassi Messaoud.

Description de l'accident	Conséquences	
	Humains	Economique
-En l'année 2002, un incendie se déclarer au niveau de centre Enfûter de NAFTAL. Les causes de l'accident ne sont pas connues.	-Cinq blessés	-Détérioration dans leur installation.
-Le 11 février 2003, date de l'incendie survenu à HEH, a cause d'un feu qui s'est déclaré suite a une fuite de pétrole brut.	-Sans dégâts	-Déchirure sur le collecteur de l'OZI.
-En date du 23.01.2004 un incident a en lieu entre le puits historique non loin de la base Irara. La fuite est survenue au niveau du Manifold, distributeur de pétrole brut. L'écoulement, qui a duré plus de deux heures de temps, a été stoppé grâce a l'intervention de la protection civile.	-Sans dégâts	-Sans dégâts.
En date du 15.09.2006, explosion au niveau de la plate forme de forage situé à Nezela, provoqué une éruption du puits dégageant une flamme de 20 cm de hauteur.	-08 blessés et deux opérateurs sont portés disparus.	-Perte d'un appareil de forage.

Tab. (IV.2) : Les accidents majeurs survenus dans la zone industrielle de Hassi Messaoud (Source : PC).

IV.2.3. L'organisation générale des secours au niveau de la ville de Hassi Messaoud

La réponse opérationnelle mise en place pour répondre à des événements catastrophiques, implique des multiples intervenants ayant des responsabilités et des rôles variés selon l'importance du territoire impacté.

IV.2.3.1. Les textes réglementaire

La réglementation met l'accent sur la nécessité pour l'industriel de démontrer qu'il maîtrise les risques sur ses installations pétrolière. Cet objectif ne peut être atteint qu'en s'interrogeant sur les divers dispositifs de sécurité spécifiques mis en place par les entreprises, qu'ils soient de nature technique ou organisationnelle.

La protection civile de la ville de Hassi Messaoud est régie par un ensemble de textes réglementaires, qui définissent son organisation et son mode de fonctionnement. Le décret exécutif N° 64-125 du 15 Avril 1964, portant l'organisation administrative de la protection civile. Il a fixé les missions, le champ d'intervention ainsi que son organisation centrale et locale.

Donc, la gestion des situations d'urgences, catastrophes naturelles ou technologiques au niveau de la ville de Hassi Messaoud, s'effectue conformément aux lois réglementaires suivantes :

- le décret exécutif N° 85-231 du 25 Août 1985 fixant les conditions et modalités d'organisation et de mise en œuvre des interventions et secours en cas de catastrophes.
- le décret exécutif N° 85-232 du 25 Août 1985 relatif à la prévention des risques de catastrophes.
- le décret exécutif N° 88-622 du 6 Mai 1988 relative aux installations fixes faisant l'objet d'un plan particulier d'intervention (PPI), (installations visées par la directive CEE 82/501 dite SEVESO).
- le décret exécutif N° 89-837 du 14 Novembre 1989, permet au préfet d'imposer, après avis du service départemental d'incendie et de secours, à toute installation classée soumise à autorisation, l'élaboration d'un Plan d'Opération Interne (POI).
- le décret exécutif N° 03-332 du 08 octobre 2003 portant, création, organisation et fonctionnement du centre opérationnel national d'aide à la décision.
- l'article 69 de la loi N° 90-08 relative à la commune précise que le P/APC, sous l'autorité du wali est chargé de veiller à la bonne exécution des mesures de prévention, de prévention d'intervention en matière de secours

IV.2.3.2. Les plans d'aide à la gestion des crises au niveau de la ville de Hassi Messaoud

Dans le paragraphe suivant, nous allons présenter les principaux outils d'aide à la gestion et l'organisation des catastrophes industrielles ou naturelles au niveau de la ville de Hassi Messaoud:

- Le Plan d'Organisation des Secours (ORSEC)** : la commune de Hassi Messaoud est dotée d'un ORSEC commune, comporte huit modules d'intervention et de secours selon l'article 35 du décret exécutif N° 85-231, ce dernier est déclenché par le président de l'APC. L'ORSEC, recense les moyens publics et privés susceptibles d'être mis en œuvre en cas de catastrophe et définit les conditions de leur emploi par l'autorité compétente habilitée à diriger l'opération de secours.

- Le Plan d'Opération Interne (POI)** : l'élaboration du POI est de la responsabilité du directeur de l'établissement. ce plan comporte de cinq modules d'intervention et de secours selon l'article 36 du décret exécutif N° 85-231, ce dernier est défini d'une part l'organisation et l'intervention des secours en cas d'accident, et d'autre part, il vise à protéger les personnels, les populations avoisinantes, l'environnement immédiat de l'unité, est établi par l'exploitant et sous sa responsabilité. À partir de scénarios d'accidents préétablis, conformément à la réglementation en vigueur (décret 06- 198 du 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement).
- Le Plan d'Assistance Mutuelle (PAM)** : le PAM élaboré dans la zone de Hassi Messaoud en 2003 par les responsables de la protection civil, ayant pour objectif la mise en œuvre des moyens de secours dont dispose la totalité des installations, pour renforcer l'action des moyens d'intervention après le déclenchement du POI et/ ou le Plan d'Intervention Interne (PII), par le responsable de l'unité sinistrée et dont la gestion opérationnelle est confiée, à ce dernier conjointement avec le Directeur de la Protection Civile (DPC).

Des procédures seront mises en œuvre pour gérer les situations d'urgences au niveau de la ville de Hassi Messaoud. Une analyse a été effectuée pour identifier et évaluer les besoins d'intervention pour toutes les urgences probables dans le PAM. Cette analyse des risques se fonde sur une identification des dangers, une évaluation des risques et un examen de la réglementation.

Dans notre étude, nous avons intéressé au PAM, puisque en temps réel, l'organisation de ce plan n'existe pas du point de vue aspect administratif et opérationnel, à plusieurs raisons à savoir :

a. Aspect administratif

- Manque une enveloppe réglementaire qui couvre ce plan surtout devant l'ampleur de la crise (conséquences très graves comme les fatalités).
- Les scénarios d'accidents majeurs ne sont pas identifiés selon une analyse des risques approfondis.
- Les dangers ne sont pas identifiés d'une part pour les installations industrielles et d'autre part, pour le territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud.
- Non mise à jour des moyens nécessaires des différents ; plan d'organisation interne (POI) et/ ou le plan d'intervention interne (PII), des unités industrielle membres dans la participation opérationnelle du PAM.

b. Aspect opérationnel

- Les fiches techniques ne sont pas élaborées comme les fiches de mission, fiches de réflexes, fiche guides et fiche générale.

- Le rôle de soutien externe des sites avoisinants et des zones locales qui font partie du PAM n'est pas compris dans le POI et/ ou PII.
- Manque des plans zone à risques, plans d'assainissements, etc.
- Des problèmes techniques de transmission des informations.
- Le PAM ne décrit pas les procédures de déclenchement de ce dernier c'est-à-dire, manque un plan d'alerte et d'information, ainsi que les différents postes de commandements ne sont pas définis de point de vue organisationnel et de responsabilité. Ce plan ne s'intéresse uniquement au recensement annuel des moyens de secours matériels et humains.
- Des problèmes de communication et de langage commun : le manque actuel d'une culture de gestion des crises et d'un langage commun entre les différents acteurs accentue ces problèmes (les acteurs communiquent entre eux au sein de lieux sinistrés, les messages doivent être clairs et chaque personne doit en recevoir).

Afin de réduire et de maîtriser les risques à un niveau acceptable, des mesures de prévention et de protection sont appliquées au sein des installations industrielles. Mais, malgré l'efficacité des barrières de la protection, il reste toujours le problème de l'organisation de ces moyens en phase de l'état initial de crise, afin d'éviter les conséquences graves de l'accident majeur. Le paragraphe suivant, dont l'objet est la description du PAM qui nécessite une étude détaillée.

IV.3. Présentation du Plan d'Assistance Mutuelle (PAM)

Le PAM, recense les moyens humains et matériels de la zone industrielle de Hassi Messaoud, défini dans le POI/ PII, de chaque unité industrielle membre dans l'organisation du PAM. Il est mis en place selon les décrets exécutifs suivants :

- La loi N° 04-20 du 25 Décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.
- L'article 13 du décret N° 85-231 du 85 Août 1985, fixant les conditions et modalités d'organisation et de mise en œuvre, des interventions et secours en cas de catastrophe.
- L'instruction N° 9985 du 02.12.2003 émanant de monsieur le directeur générale de la protection civile, relative à la réactivation des plans d'assistance mutuelle des zones industrielles. Il a décidé l'élaboration et la mise en application d'un PAM, au niveau de la zone industrielle de Hassi Messaoud, regroupant l'ensemble des unités industrielles.

IV.3.1. Définition du Plan d'Assistance Mutuelle (PAM)

Le PAM, est mis en œuvre en cas de catastrophe industrielle ou naturelles et définit les conditions, de leur emploi par l'autorité compétente pour diriger les opérations, de secours et la maîtrise technique d'une telle situation de crise.

Il s'agit donc d'une forme de rédaction organisée de l'ensemble des moyens de la collectivité face à une catastrophe industrielle au niveau de la zone industrielle de Hassi Messaoud.

IV.3.1.1. Gestion des moyens de lutte

L'objectif du PAM, est de recenser les différentes ressources humaines et matériels identifiés de chaque unité membre dans le plan auxquelles, il est possible de faire appel pour soutenir la réponse à l'urgence sur les sites et dans des domaines d'opération définis.

L'ensemble des moyens disponibles retenus étant répertorié, il est indispensable d'évaluer si le temps de mise à disposition et d'engagement sont compatibles avec la stratégie de lutte envisagée.

Dans la plus part des cas, l'efficacité de l'action est directement liée à sa continuité tant pour la réduction du sinistre que pour la protection des hommes, des installations et de l'environnement (Tableaux (IV.3), (IV.4)).

Nature	Nombre
Engins de lutte contre l'incendie	07
Citerne a eau	04
Camion de transport	15
Grues	07
Ambulances	19
Girafes lumineuses	06
Moto pompes	03
Porte chars	07

Tab. (IV.3) : Tableau récapitulatif des moyens matériels du PAM. (Source : PC).

Nature	Nombre
Médecins	12
Infirmiers	18
Responsables interventions	21
Agents interventions	46

Tab. (IV.4) : Tableau récapitulatif des moyens humains du PAM (Source : PC).

Ce plan regroupant les treize entreprises pétrolières et parapétrolières de la zone, a été élaboré par les services de la protection civile. La nouveauté du plan en question, soumis à approbation le 7 Janvier 2004, est l'implication directe des personnels présidents directeurs des industries et les responsables de la sécurité industrielle au sein de ces entreprises dans la mise en œuvre du plan qui est unique en Algérie.

IV.3.1.2. L'architecture opérationnelle du PAM

L'élaboration du PAM sera faite par le bureau de déclanchement de ce plan, en étroite collaboration avec les responsables de sécurité des sites et selon la démarche ci-dessous (Fig. (IV.1)):

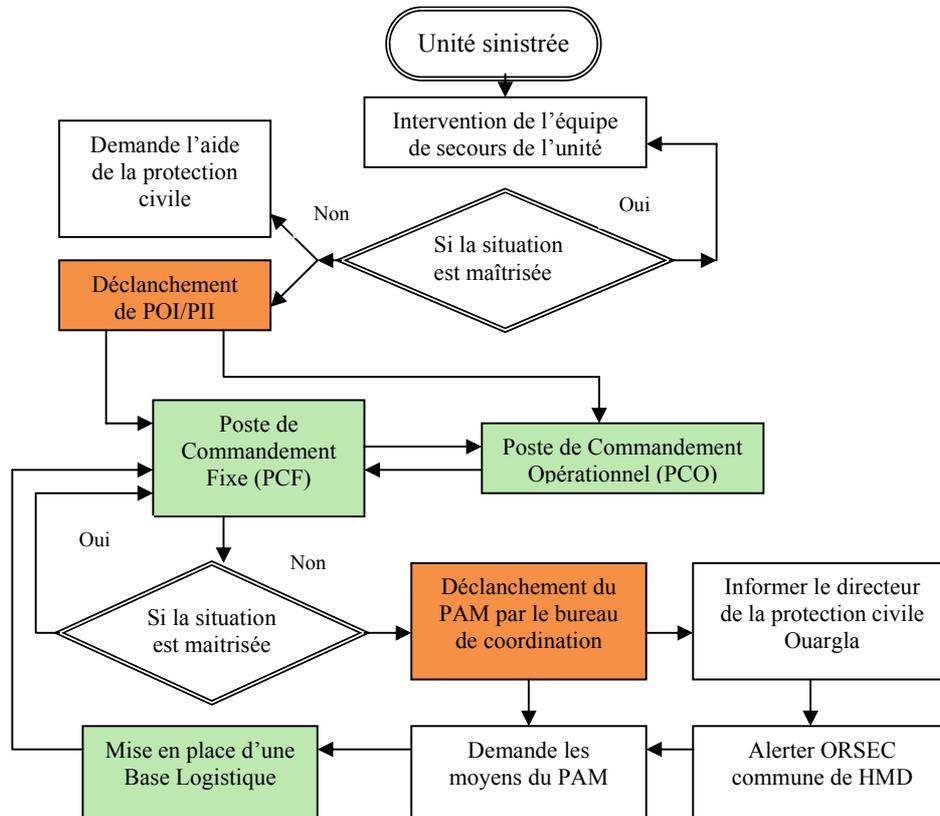


Fig. (IV.1) : Les procédures de déclanchement du PAM. (Source : PC).

- identifier les sites qui peuvent contribuer et qui peuvent être compris dans l'étendue du PAM.
- coordonner les discussions avec les sites partenaires du PAM, et aboutir à des accords.
- recenser les moyens humains et matériels pouvant être mises à disposition par chaque site.
- établir des moyens fiables de communication entre les sites et l'équipe du poste de commandement tactique.

- aboutir à des accords sur la libération d'équipements et de ressources (en tenant compte des assurances, des responsabilités, des questions juridiques, des coûts, des coûts des matières consommables, etc.).

Selon l'article (2) de l'instruction N° 9985 (voir annexe (V)), le PAM est dirigé et déclenché par le responsable du bureau de coordination opérationnelle qui chargé de :

- d'organiser des réunions périodique seront tenue dans l'une des unités composant le PAM.
- d'organiser de planifier des exercices de simulation.
- suivre des équipements mis à disposition par chaque unité.

IV.3.1.3. Gestion du cycle de vie du PAM

Le document PAM sera contrôlé par le responsable qui déclenche ce dernier. Le responsable de déclenchement du PAM doit participée aux revues et aux mis à jours périodique du plan, en tenant comptes :

- des résultats des exercices de simulation et des entraînements.
- des mises à jour liées aux changements de la législation, des normes et standards.
- les suggestions des employés.
- tout retour d'expérience :
 - *d'autre division de l'organisation, des leçons apprises dans les contextes précédents.
 - *suite à des événements réels d'urgences s'étant produits au sein de la ville de Hassi Messaoud.
 - *des rapports d'investigations des accidents.

Le PAM sera mis à jour à chaque fois que des modifications ont été introduites sur :

- les procédures de gestion
- l'organisation
- les nouvelles installations et équipements.

Par exemple, lorsque l'installation ou les structures opérationnelles sont en cours de modification, lors de l'ajout d'une installation, de personnel ou lors de toute modification de la disposition externe qui aura un impact sur l'efficacité du plan.

Ce plan comporte de trois postes de commandement, leurs missions et d'assurer une coordination et de sauver les vies des populations en cas de sinistre significative. Chaque poste est constitué comme suit :

Postes	Descriptions des postes
PMA	Le Poste Médicale Avancé est constitué de la médecine et des infirmières.
PCO	Le Poste de Commandement Opérationnelle est constitué par des agents de secours et de sauvetage.
PCF	Le Poste de Commandement Fixe est constitué par des policiers et les gendarmes.

Tab. (IV.5) : Description des différents postes de commandement du PAM. (Source : PC)

IV.4. Description d'un scénario d'accident majeur "BLEVE"

Nous allons présenter dans notre étude, un scénario d'accident majeur « BLEVE » relative au Transport des Matières Dangereuses (TMD), et sous forme d'accident de circulation mortel entre deux camions (le bilan des dégâts est lourd : morts, blessés, victime intoxiquées par les vapeurs de chlore et un état de panique des habitants).

IV.4.1. Présentation du scénario

Un accident de circulation entre deux camions citernes tractables, l'un contient de chlore et l'autre contient l'essence, chacun à une capacité de 19 Tonnes. Cet accident aurait lieu sur l'autoroute RN- 138 de l'itinéraire de Hassi Messaoud. Un incendie se déclare avec une explosion qui crée une boule de feu, d'un diamètre avoisinant les 200 m, durerait plus de 10 secondes brûlant tout sur son passage avec un flux thermique supérieur ou égal à 36 kW/m². Le flux thermique serait létal de façon immédiate dans un rayon de 600 m (distance d'effet du seuil thermique de 5kW/m²), autour du point d'occurrence de l'accident pour les personnes.

Un nuage toxique de chlore, se disperse vers la zone des habitants de la ville de Hassi Messaoud et contamine une zone de superficie de 1000 m².

Le chlore est un gaz hautement toxique légèrement verdâtre, qui pèse plus lourd que l'air (Tab. (IV.6)). Les fuites restent près du sol, s'y collent et se déplacent à travers les zones de dépression naturelle.

Valeurs limites d'expositions	TLV-TWA= 10 Ppm
	TLV-STEL= 30 Ppm

Tab. (IV.6) : Les valeurs limites d'exposition de chlore.

IV.4.2. Analyse des causes d'accident par la méthode « Nœud de Papillon »

Les principales causes de l'accident sont dues essentiellement à l'excès de vitesse, non respect code de la route et l'état de la route non adapté à la vitesse de la conduite ce qui provoque, le renversement de deux camions, d'une part et d'autre part, un incendie se déclare sous l'effet de phénomène « BLEVE » au niveau de camion d'essence. La fuite de chlore à pour origine d'un défaut de soudure présentait des défauts de pénétration importants ayant évoluée sous l'effet d'une fatigue du métal liée aux cycles de pression.

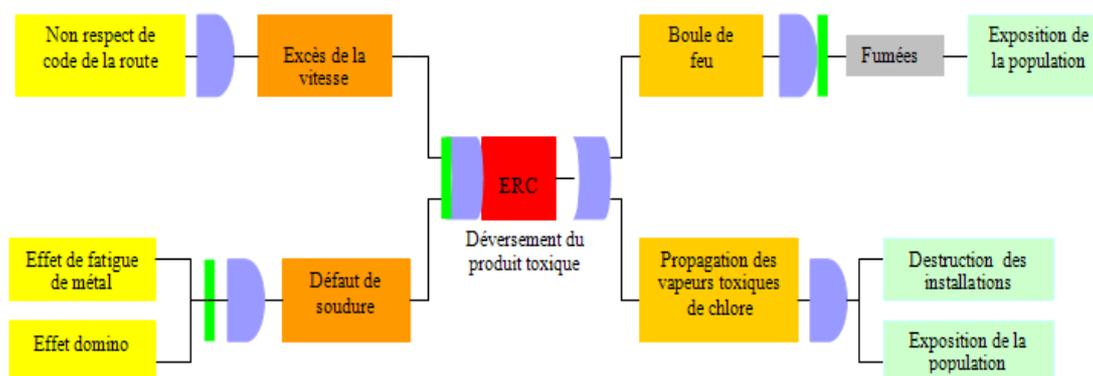


Fig. (IV.2) : Analyse des causes d'accident par la méthode « Nœud de Papillon ».

Les agents de l'intervention de la protection civile au niveau de la ville de Hassi Messaoud, font évacués les zones à risques puisque la vitesse de vent est dépassée de 80 Km/h et la concentration des vapeurs de chlore dans l'air est dépassée les normes.

En réalité, il est impossible de modéliser à l'avance l'ensemble des situations qui peuvent se produire. D'où l'importance de réaliser ces estimations de conséquences de la dispersion d'une matière dangereuse selon des conditions dites "normalisées"¹¹

Le but du paragraphe suivant est décrire les principes de la simulation d'un accident majeur (dispersion des nuages toxiques), par le logiciel ALOHA (voire annexe (II)).

IV.4.3. Simulation de la dispersion des vapeurs de chlore par le logiciel ALOHA

Il existe de nombreux logiciels qui permettent de modéliser la dispersion dans l'atmosphère de divers produits chimiques et d'estimer leurs concentrations à différentes distances de la source de rejet. Certains d'entre eux s'adressent plus particulièrement aux situations d'urgence.

¹¹ Le scénario normalisé d'accident se définit comme étant "L'évaluation de l'impact de la perte de confinement de la plus grande quantité d'une matière dangereuse qui résulterait de la rupture d'un contenant ou d'une tuyauterie de procédé".

Nous avons choisi d'utiliser parmi ceux-ci le logiciel ALOHA (version 5.04), en raison de sa facilité d'utilisation, de la possibilité de contrôler plusieurs variables.

Le logiciel ALOHA (*Areal locations of hazardous atmospheres*), est un programme informatique permettant d'analyser et évaluer les conséquences des situations d'urgence, la dispersion atmosphérique, pour faciliter la modélisation de l'échappement des nuages toxiques rejetés dans des conditions accidentelle par un module basé sur l'approche gaussienne. L'objectif de cette simulation est d'examiner l'effet de la pression sur la toxicité du chlore et de déterminer la distance équivalente, dans le sens du vent, pour les concentrations, le seuil de "Danger immédiat à la vie et à la santé (DIVS)" du chlore.

À l'aide de ce logiciel de dispersion et du scénario normalisé d'accident nous avons déterminé les zones d'impact pour différentes quantités déversées. Nous avons modélisé des dispersions impliquant les quantités suivantes : 1, 10, 188 kg de chlore sur une période de 10 minutes.

Il est important de rappeler que ce type de scénario implique une perte totale, en 10 minutes, sous des conditions de vitesse de vent de 15 m/s, 50 m/s et 100 m/s et une stabilité atmosphérique. On assume également que la température est de 25°C.

L'échappement et la dispersion du chlore ont été simulé pour une fourchette de diamètres des fuites (50 mm, 150 mm et catastrophique), de pressions (10, 20 et 30 bars), et de vitesses de vent (1,5 et 5 m/s). Pour chacun des cas modélisés, la distance équivalente a été déterminé pour la probabilité de létalité de 1%, 50% et de 100%. Il est également possible d'exprimer les pourcentages sous formes de LC_{01} , LC_{50} , LC_{100} et de définir comme étant la concentration de la matière toxique qui provoquera la mort de 1%, 50% et de 100% de la population exposée pendant un laps de temps. Pour une évaluation standard de risque toxique, on utilise généralement LC_{01} et LC_{50} pour une exposition de 30 minutes.

—Premier cas : Q= 1 Kg/s, Vv=15m/s.

Dans notre travail de la simulation, nous présentons aux figures ci- dessous, une modélisation du comportement de la dispersion de chlore dans un territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud, pour différentes distances par rapport au point initial de déversement. Ces graphiques ont été obtenus à l'aide du logiciel ALOHA. L'ensemble de ces figures représente de façon séquentielle le déplacement d'un nuage de chlore (en ppm) dans l'air suite à un déversement accidentel en fonction du temps (de 1 à 10 minutes). Le déversement se fait de façon continue pendant une période de temps de 10 minutes avec des débits variées.

Les résultats des diverses modélisations à partir du scénario normalisé d'accident que nous avons décrit en fonction des valeurs de référence toxicologique de chlore, le déplacement du nuage toxique et le temps.

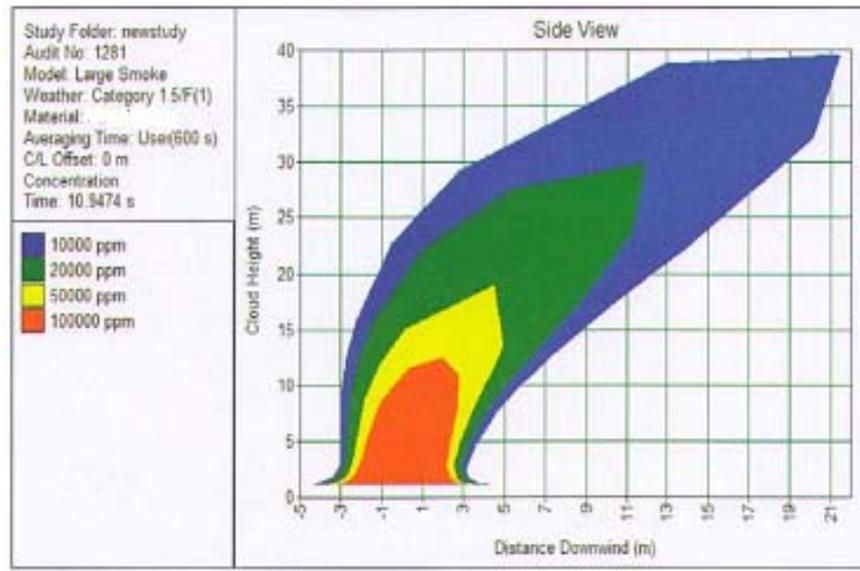


Fig. (IV.3): Taux d'échappement des vapeurs de chlore avec une vitesse de 15m/s.

—Deuxième cas: $Q=10\text{ Kg/s}$, $V_v=50\text{m/s}$.

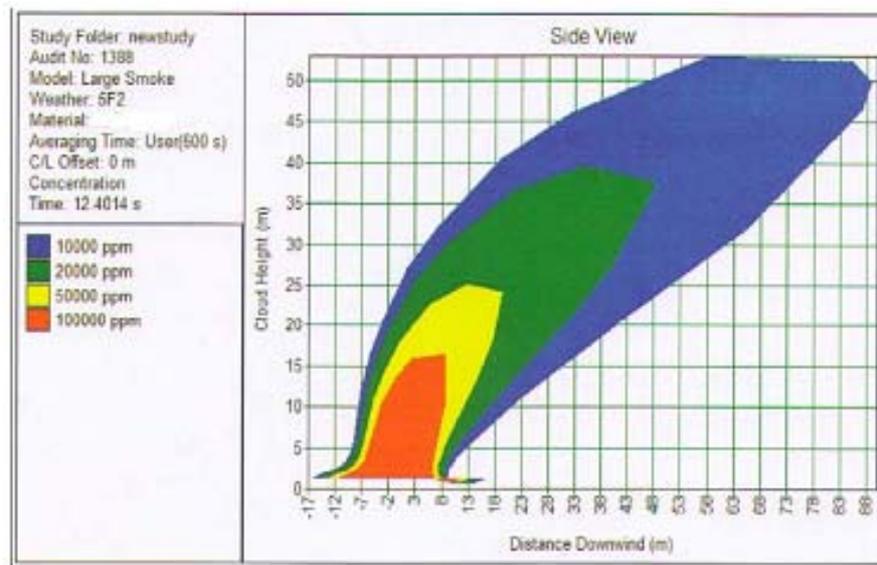


Fig. (IV.4): Taux d'échappement des vapeurs de chlore avec une vitesse de 50m/s.

—Troisième cas: $Q=10\text{ Kg/s}$, $V_v=100\text{m/s}$.

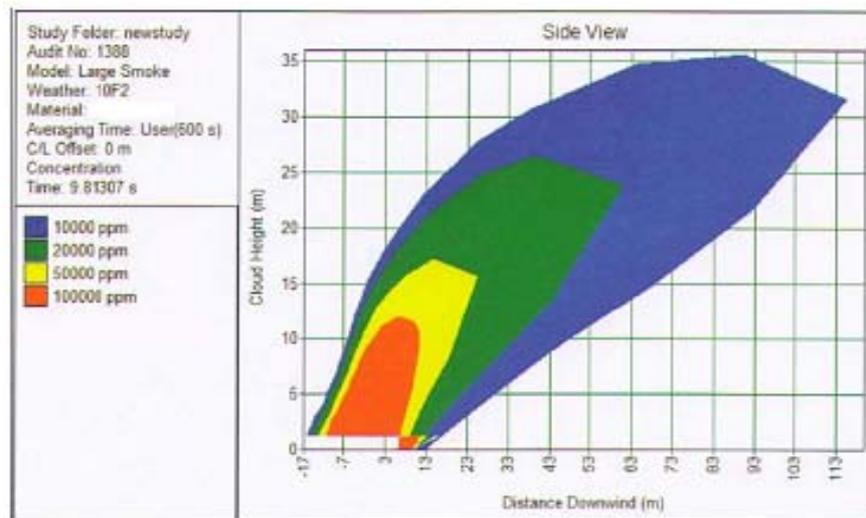


Fig. (IV.5): Taux d'échappement des vapeurs de chlore avec une vitesse de 100m/s.

—Quatrième cas: $Q=188 \text{ Kg/s}$, $V_v=15\text{m/s}$.

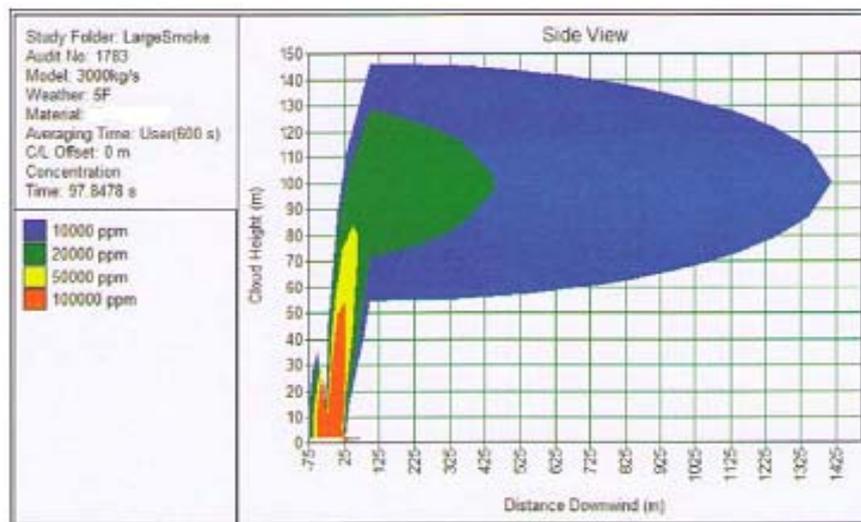


Fig. (IV.6) : Taux d'échappement des vapeurs de chlore avec une vitesse de 15m/s.

IV.4.4. Discussion des résultats de la simulation

En étudiant de près les résultats exposés dans le tableau ci-dessous, on peut observer que l'effet de la pression sur la toxicité n'est pas défini, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de relation définie entre la pression et la toxicité. Par exemple, la distance à LC_{01} (c'est la distance à 1% probabilité de létalité), augmente initialement au fur et à mesure que la pression

augmente de 10 à 20 bars, mais diminue à 30 bars. Une tendance semblable est observée quand la pression augmentée de 10 à 30 bars pour un diamètre de fuite de 150 m dans les mêmes conditions de vitesse du vent.

Volume (m ³)	Pression (bars)	Temp. (C°)	Diamètre de Fuite (m)	LC ₀₁	LC ₅₀	LC ₁₀₀
50	10	39	50	2220	721	375
	10	39	> à 150	2316	1320	498
	20	67	150	4619	1848	924
	30	67	50	2627	887	478
	30	67	> à 150	2204	1029	147

Tab. (IV.7) : Les résultats de la simulation par logiciel ALOHA.

L'interprétation de ces résultats de la simulation s'avère une démarche extrêmement importante lors de la préparation et d'organisation du PAM, car elle permet de déterminer les actions qui pourront être entreprises (évacuation et secours), sans mettre en danger la santé et la sécurité de la population de la ville de Hassi Messaoud.

IV.4.5. Guide pour la prise de décision de l'accident

Les personnes exposées à des concentrations relativement basses, pendant des courts périodes peuvent succomber très rapidement aux effets toxiques.

Mélangé à l'eau, le gaz forme l'acide hydrochlorique, qui peut provoquer des blessures corrosives des voies métaboliques et de la peau, provoque la défaillance des structures ou des patrimoines matérielles, et provoque de l'atteinte de la faune, de la flore et les nappes sous terrain.

Après l'arrivée de l'équipe de la protection civile et constaté la nature et identification des sources de la fuite et les causes probables directe, l'évaluation préliminaire des effets de l'accident sur les cibles, et la capacité des moyens de la protection civile, le responsable Chargé des Opérations de Secours (COS), a décidé d'alerte et mise en œuvre le PAM, et informée les conséquences aux autorités locales de la ville de Hassi Messaoud selon le guide de prise de décision suivant :

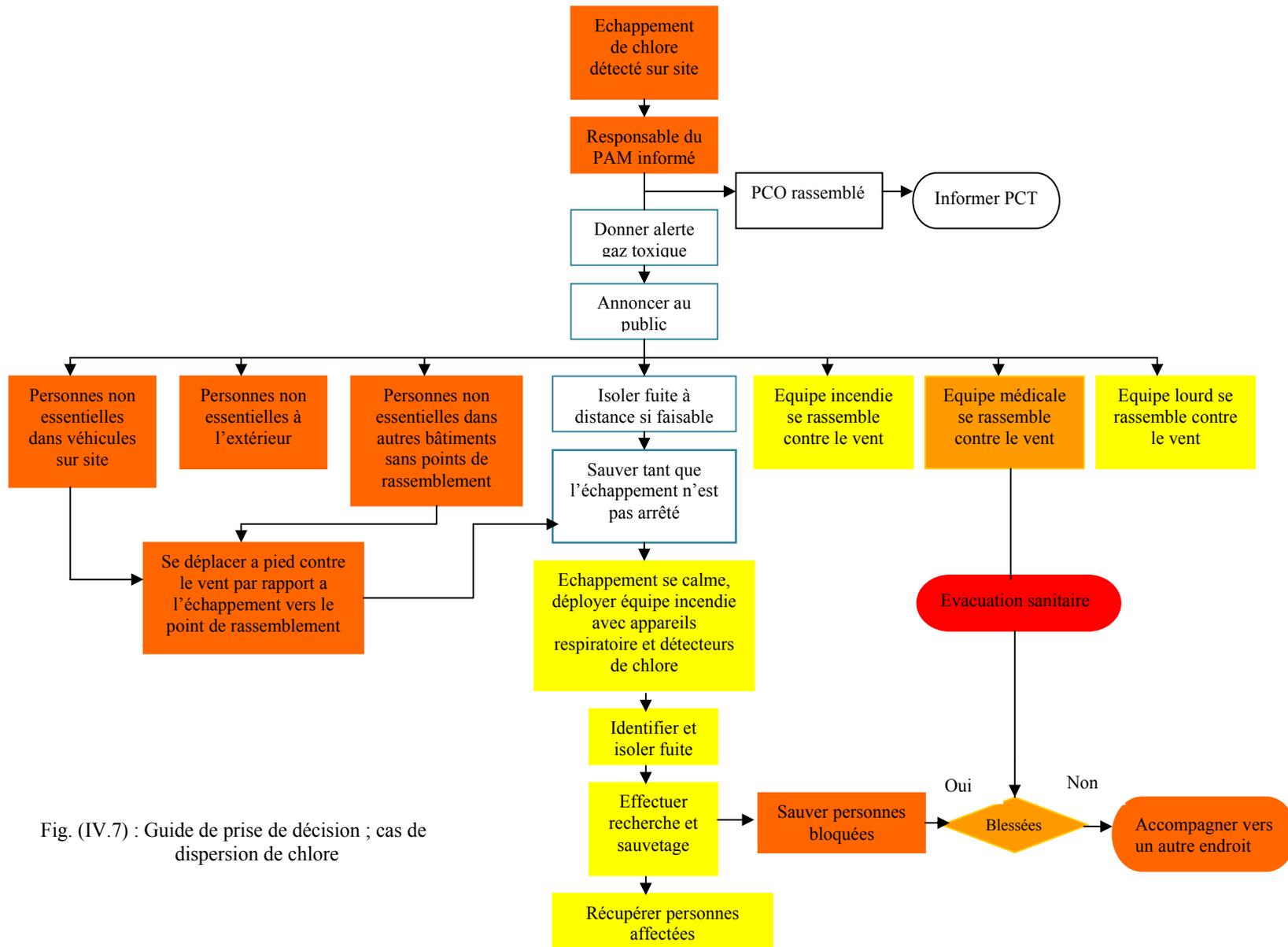


Fig. (IV.7) : Guide de prise de décision ; cas de dispersion de chlore

IV.5. Conclusion

Le but de ce chapitre est de présenter le territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud et les différents outils d'aide à la gestion des crises.

Le PAM est l'un des plans permettant de gérer une situation de crise au niveau du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud. Malheureusement ce dernier n'est pas solide du point de vue réglementaire.

Les résultats de la simulation par le logiciel ALOHA montre que la ville de Hassi Messaoud c'est une ville à haute risque, d'où l'importance d'évaluer la sensibilité du territoire via a vis les différents accidents. Ces études sont considérées comme un support pour améliorer les capacités de l'intervention du PAM en temps réel.

Chapitre V

Évaluation de la vulnérabilité du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud

Chapitre V

Évaluation de la vulnérabilité du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud

V.1. Introduction

L'étude des différents scénarios d'accidents, en pré-événements, pour but de simplifier la tâche des intervenants lors d'un accident et mettre en place des Plans de Mesures d'Urgence (PMU), qui doivent contenir tous les éléments nécessaires à une intervention logique et efficace. Lors d'une situation de crise, les décisions à prendre pour protéger la population sont généralement complexes et doivent être mises en place dans un délai relativement court.

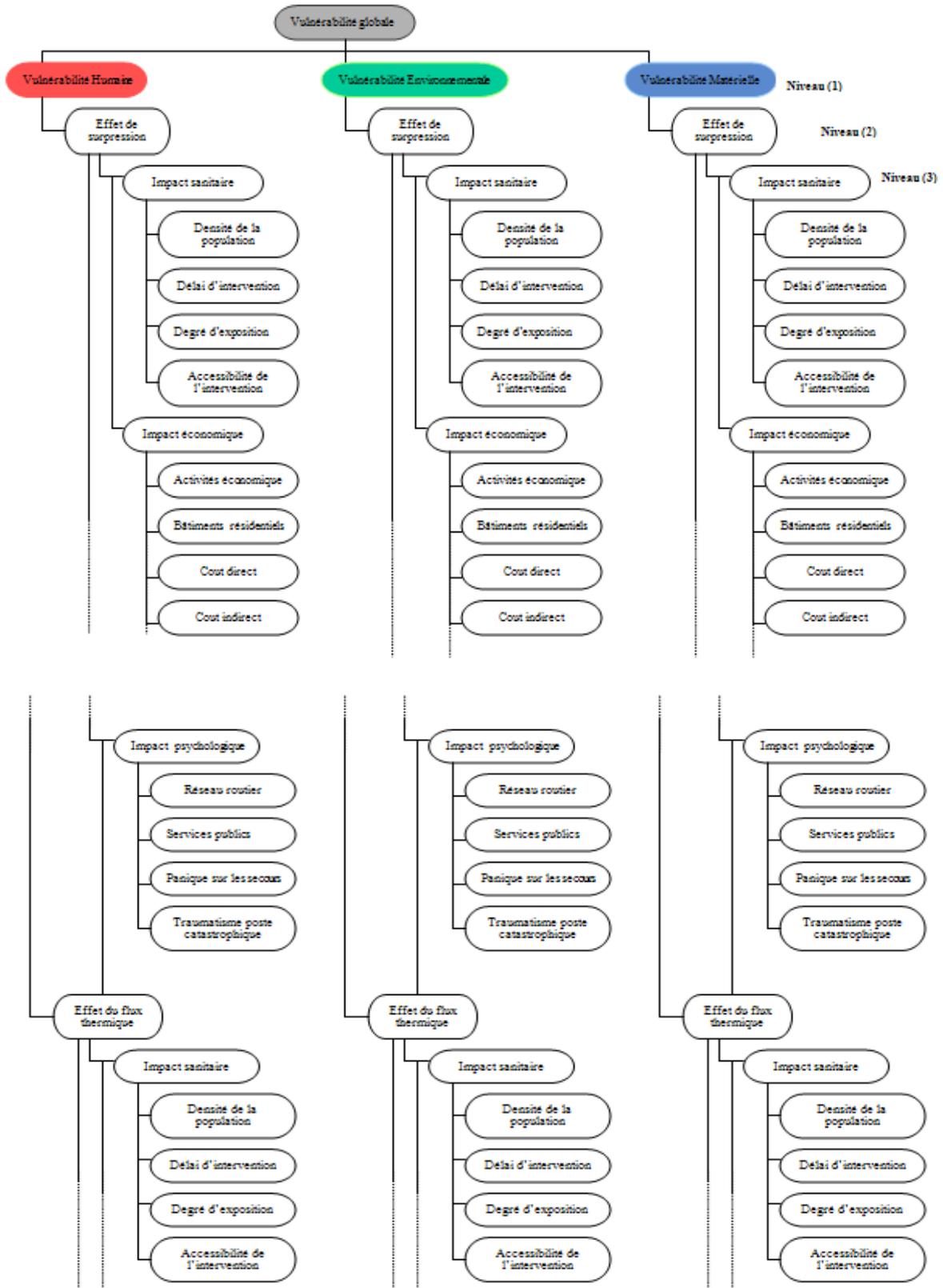
L'application de la méthode multicritère Saaty, nous permettra d'évaluer quantitativement le niveau de la vulnérabilité global du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud. Le logiciel nommé « Expert Choice » (EC), nous permet d'avoir aussi les pondérations obtenues après traitement des jugements des avis, alors que les critères de la cible globale constituant le potentiel seront évalués pour déterminer le niveau de la vulnérabilité globale du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud.

V.2. Modélisation de la vulnérabilité du territoire de Hassi Messaoud

Lors de la gestion d'une situation de crise (dispersion des nuages toxique du chlore), les acteurs et en fonction des moyens humaines, matériel définis dans le PAM et sur la base des informations recueillies par un retour d'expérience, évalueront le niveau de la vulnérabilité globale du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud.

V.2.1. Structure hiérarchique de la vulnérabilité

La caractérisation de la vulnérabilité autour de la ville de Hassi Messaoud, se traduit par une démarche qui consiste de développer la structure hiérarchique de notre système multi critères (Fig. (V.1)).





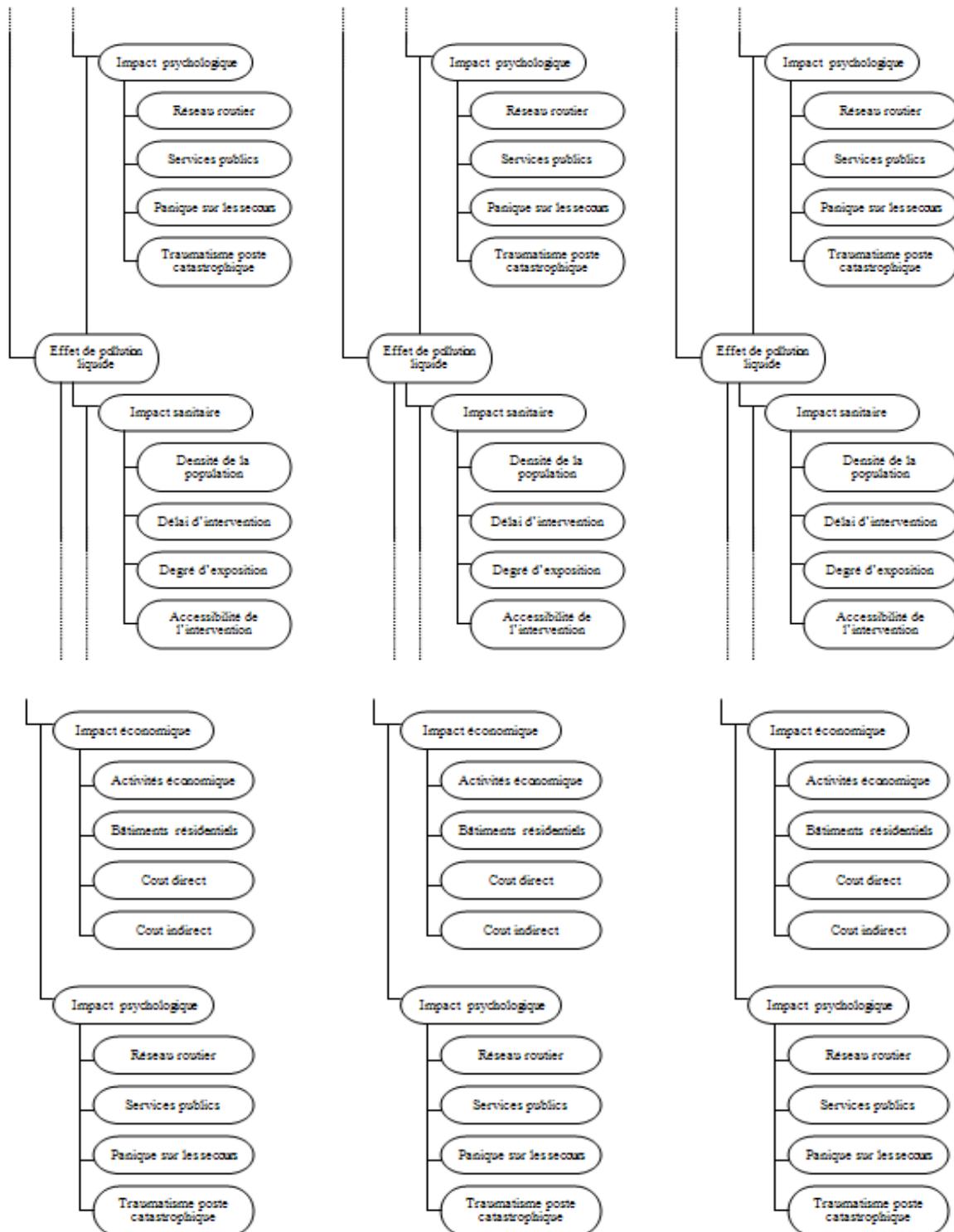


Fig. (V.1) : Structuration hiérarchique de la vulnérabilité du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud.

Dans notre cas d'étude, nous proposons d'évaluer la vulnérabilité globale du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud comme un objectif globale et en fonction des cibles exposées suivent un accident majeur.

Trois critères sont déterminée; la vulnérabilité humaine, environnementale et matérielle. Chaque critère est défini selon plusieurs sous critères (effet de surpression, flux thermique, toxicité et effet de pollution liquide), ainsi que chaque élément de sous critère (impact sanitaire, économique et psychologique), est divisé en sous éléments, à savoir le type de la vulnérabilité.

V.2.2. Traitement des questionnaires et pondérations

Pour évaluer la vulnérabilité globale du territoire de Hassi Messaoud, un questionnaire a été effectué pour consolider les différents avis du jugement des acteurs de la gestion des crises au niveau de la ville de Hassi Messaoud (voir annexe (III)).

L'objectif de celui-ci est, outre de connaître la vulnérabilité de chaque cible exposée et de réaliser une hiérarchie objective en tenant compte de l'ensemble des avis.

V.2.2.1. Analyse des questionnaires

Un questionnaire a été élaboré spécifiquement pour les besoins de cette étude. Parmi les vingt personnes ayant reçu le questionnaire pour quantifier et jugé les niveaux des différents cibles exposées, seulement douze ont en répondu. Le test de cohérence a été effectué sur chaque questionnaire. Les résultats sont les suivants:

Nombre des acteurs	Vulnérabilité humaine	Vulnérabilité environnementale	Vulnérabilité matérielle
Sapeurs- pompiers	04	04	04
Agents d'interventions	05	05	05
Agents de l'industrie	03	03	03
Total	12	12	12

Tab. (V.1) : Répartition du nombre des gestionnaires de crise.

V.2.2.2. Etablissement des pondérations

Les experts interrogés agissent de manière individuelle et ne peuvent donc être assimilés à un groupe unique. Les réponses reçues ont ensuite été traduites à l'aide d'un logiciel Expert Choice (EC) (voire annexe (II)), qui nous permet de calcule les priorités à partir des matrices binaires de comparaison.

Les pondérations obtenues par les avis des gestionnaires de crise sont présentés pour tous les niveaux à savoir : la vulnérabilité humaine, environnementale et matérielle pour le niveau (1), les différents effets d'exposition (effet de surpression, effet du flux thermique, effet de toxicité et effet de pollution liquide), pour le niveau (2), les différents impacts sanitaire, économique et psychologique pour le niveau (3) et aussi pour les sous éléments pour le niveau (4) (voir annexe (IV)).

V.2.3. Evaluation de la vulnérabilité

L'évaluation de la vulnérabilité globale du territoire de Hassi Messaoud passe par l'évaluation de la vulnérabilité de cibles humaines, environnementales et matérielles. Trois types d'impacts (sanitaire, économique et psychologique) ont été retenus comme éléments, eux-mêmes subdivisé en sous éléments (Fig. (V.1)).

V.2.3.1. Evaluation de la vulnérabilité globale

La valeur de vulnérabilité globale 'V' lié au scénario d'accidents majeur (BLEVE et dispersion des nuages toxiques), est composé de la somme des valeurs de la vulnérabilité humaine, environnementale et matérielle pris en compte dans la méthode.

La comparaison des critères à l'aide de la matrice de comparaison binaire, la collectes des appréciations, l'agrégation des jugements selon l'approche de l'agrégation individuelle et le calcule des pondérations sont tous démontré dans le Tableau (V.2).

La vulnérabilité globale est en grande majorité composée par la vulnérabilité humaine (75%). Le facteur de vulnérabilité des cibles environnementales représente (20%), alors que la vulnérabilité matérielle représente (5%), de la vulnérabilité globale.

Vul Glob	Vul Hum	Vul Exvi	Vul Mat	MG	P
Vul Hum	1	6	2	2,25	0,75
Vul Exvi	1/6	1	1/4	0.60	0,2
Vul Mat	1/2	4	1	0.15	0,05
S	5/3	11	13/4	3	1

Tab. (V.2) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité globale.

La fonction d'évaluation de la vulnérabilité globale obtenue est la suivante :

$$V_G = 0.75 \times V_H + 0.2 \times V_E + 0.05 \times V_M \quad (\text{Equation (V.1)})$$

- Où
- VG : Vulnérabilité Globale
 - VH : Vulnérabilité Humaine
 - VE : Vulnérabilité Environnementale
 - VM: Vulnérabilité Matérielle.

V.2.3.2. Evaluation de la vulnérabilité humaine (Niveau (1))

Le critère de la vulnérabilité humaine est subdivisé en sous critères en fonction des différents effets d'exposition (effet de surpression, effet du flux thermique, effet de toxicité et effet de pollution liquide), (Fig. (V.1)).

Pour les cibles humaines, et selon le logiciel EC, l'effet principal est le toxique (47%). Les effets de surpression et de rayonnement thermique ont une importance à peu près identique (24% et 23%). A contraire, l'effet d'une la pollution liquide à une influence faible sur les cibles humaines (7%). Les pondérations pour le niveau (2), des jugements des avis des différents acteurs par rapport les sous critères régissant de la vulnérabilité humaine sont synthétisés dans le Tableau (V.3).

The screenshot shows a software window titled 'WEIGHT - AHP weight derivation'. It features a 'Pairwise Comparison 9 Point Continuous Rating Scale' at the top with values from 1/9 to 9. Below this is a table with columns for 'agri25_ego', 'minat25_ego', 'urb25_ego', 'tour25_ego', and 'phys25_ego'. The main table contains the following data:

	agri25_ego	minat25_ego	urb25_ego	tour25_ego	phys25_ego	
Vul_Hum						
Vul_Surp	1	3	2	4	0,968	0,242
Vul_Fth	1/3	1	1/5	1/4	0,9	0,225
Vul_Toxi	1/2	5	1	1/4	1,864	0,466
Vul_Poll	1/4	4	4	1	0,268	0,067
S	13/12	13	36/5	22/4	4	1

Tab. (V.3) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité humaine.

La fonction de la vulnérabilité humaine est calculée en fonction les effets d'exposition comme suit :

$$V_H = 0.242 \times V_H^{op} + 0.225 \times V_H^{tr} + 0.466 \times V_H^{tox} + 0.067 \times V_H^{poll} \quad (\text{Equation (V.2)})$$

- Où V_H^{op} : La vulnérabilité humaine liée à l'effet de surpression.
 V_H^{tr} : La vulnérabilité humaine liée à l'effet du flux thermique.
 V_H^{tox} : La vulnérabilité humaine liée à l'effet de toxicité.
 V_H^{poll} : La vulnérabilité humaine liée à l'effet de la pollution liquide.

Pour la vulnérabilité humaine et quelques soient les effets considérés, l'impact sanitaire est l'impact dominant (67%). L'impact psychologique représente (22%), et l'impact économique représente seulement (11%).

a. La vulnérabilité humaine lié au l'effet de surpression (Niveau (2))

L'effet de surpression est représenté par les éléments des différents impacts, ces derniers sont divisés en sous éléments. La fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de surpression est calculée en fonction des trois inconnus comme suit :

$$V_H^{op} = 0.666 \times V_{HI}^{op} + 0.111 \times V_{HE}^{op} + 0.222 \times V_{HP}^{op} \quad \text{(Equation (V.2.1))}$$

	Vul_Hum_Sup	Vul_IS	Vul_IE	Vul_IP	MG	P
Vul_Hum_Sup	1					
Vul_IS		1	2	4	1,998	0,666
Vul_IE		1/3	1	1/9	0,333	0,111
Vul_IP		1/5	3	1	0,666	0,222
S		23/15	6	46/9	3	1

Tab. (V.4) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de surpression.

Les fonctions de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de surpression sont représentées en fonction des différents impacts (sanitaire, économique et psychologique).

—la fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de surpression lié à l'impact sanitaire (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{HI}^{op} = 0.366 \times H_1 + 0.278 \times H_2 + 0.222 \times H_3 + 0.124 \times H_4 \quad (\text{Equation (V.2.1.1)})$$

—la fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de surpression lié à l'impact économique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{HE}^{op} = 0.404 \times H_1 + 0.340 \times H_2 + 0.139 \times H_3 + 0.117 \times H_4 \quad (\text{Equation (V.2.1.2)})$$

—la fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de surpression lié à l'impact psychologique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{HP}^{op} = 0.150 \times H_1 + 0.368 \times H_2 + 0.282 \times H_3 + 0.200 \times H_4 \quad (\text{Equation (V.2.1.3)})$$

Les pondérations de la vulnérabilité humaine liée aux différents sous éléments (niveau (4)), sont représentées dans la figure suivant:

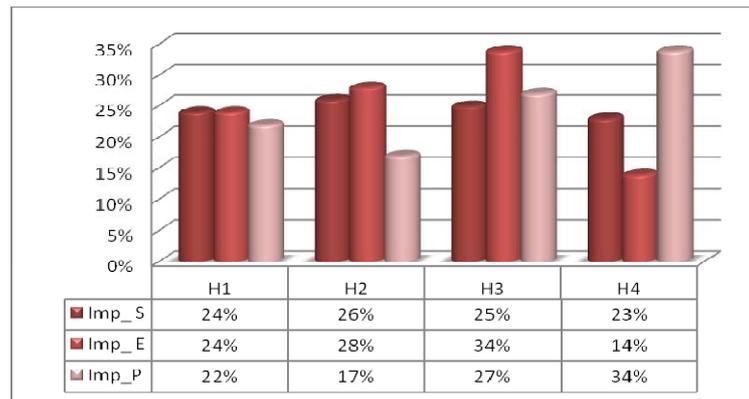


Fig. (V.2) : Les pondérations de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de surpression et vis-à-vis le niveau (4).

b. La vulnérabilité humaine liée à l'effet du flux thermique (Niveau (2))

L'effet du flux thermique est représenté par les éléments des différents impacts, ces derniers sont divisés en sous éléments. La fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet du flux thermique est calculée en fonction des trois inconnus comme suit :

$$V_H^{tr} = 0.648 \times V_{HI}^{tr} + 0.122 \times V_{HE}^{TR} + 0.230 \times V_{HP}^{tr} \quad (\text{Equation (V.2.2)})$$

Vul_Hum_FTb	Vul_IS	Vul_IE	Vul_IP	MG	P
Vul_IS	1	3	5	1,944	0,648
Vul_IE	1/4	1	1/3	0,366	0,122
Vul_IP	1/7	5	1	0,69	0,230
S	39/28	6	19/3	3	1

Tab. (V.5) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité humaine liée à l'effet du flux thermique.

Les fonctions de la vulnérabilité humaine liée à l'effet du flux thermique sont représentées en fonction des différents impacts (sanitaire, économique et psychologique).

—la fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet du flux thermique lié à l'impact sanitaire (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{HI}^{sr} = 0.354 \times H_1 + 0.354 \times H_2 + 0.161 \times H_3 + 0.131 \times H_4 \quad (\text{Equation (V.2.2.1)})$$

—la fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet du flux thermique lié à l'impact économique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{HE}^{sr} = 0.409 \times H_1 + 0.350 \times H_2 + 0.158 \times H_3 + 0.082 \times H_4 \quad (\text{Equation (V.2.2.2)})$$

—la fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet du flux thermique lié à l'impact psychologique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{HI}^{tax} = 0.227 \times H_1 + 0.424 \times H_2 + 0.227 \times H_3 + 0.122 \times H_4 \quad (\text{Equation (V.2.2.3)})$$

Les pondérations de la vulnérabilité humaine liée aux différents sous éléments (niveau (4)), sont représentées dans la figure suivante:

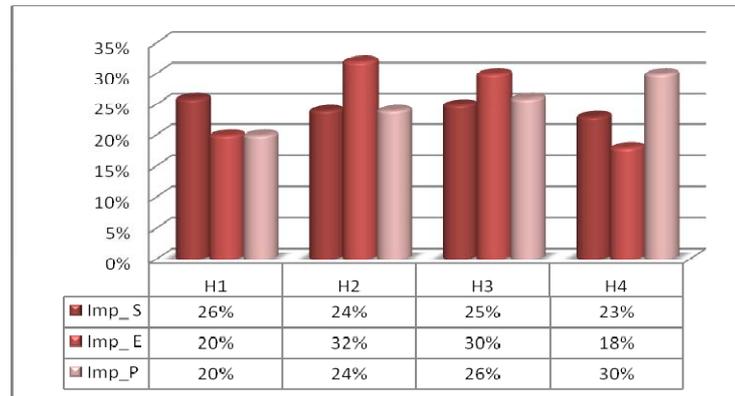


Fig. (V.3) : Les pondérations de la vulnérabilité humaine liée à l'effet du flux thermique et vis-à-vis le niveau (4).

c. La vulnérabilité humaine liée à l'effet de toxicité (Niveau (2))

L'effet de toxicité est représenté par les éléments des différents impacts, ces derniers sont divisés en sous éléments. La fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de la toxicité est calculée en fonction des trois inconnus comme suit :

$$V_H^{tox} = 0.735 \times V_{HI}^{tox} + 0.069 \times V_{HE}^{tox} + 0.196 \times V_{HP}^{tox} \quad \text{(Equation (V.2.3))}$$

	Vul_IS	Vul_IE	Vul_IP	MG	P
Vul_IS	1	2	1	2.205	0.735
Vul_IE	1/3	1	1/5	0.207	0.096
Vul_IP	1/9	7	1	0.588	0.196
S	39/27	10	5/2	3	1

Tab. (V.6) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de toxicité.

Les fonctions de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de toxicité sont représentées en fonction des différents impacts (sanitaire, économique et psychologique).

—La fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de toxicité lié à l'impact sanitaire (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{HI}^{tr} = 0.354 \times H_1 + 0.354 \times H_2 + 0.161 \times H_3 + 0.131 \times H_4 \quad (\text{Equation (V.2.3.1)})$$

—La fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de toxicité lié à l'impact économique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{HE}^{tox} = 0.351 \times H_1 + 0.351 \times H_2 + 0.189 \times H_3 + 0.109 \times H_4 \quad (\text{Equation (V.2.3.2)})$$

—La fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de toxicité lié à l'impact psychologique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{HP}^{tox} = 0.140 \times H_1 + 0.456 \times H_2 + 0.263 \times H_3 + 0.141 \times H_4 \quad (\text{Equation (V.2.3.3)})$$

Les pondérations de la vulnérabilité humaine liée aux différents sous éléments (niveau (4)), sont représentées dans la figure suivant:

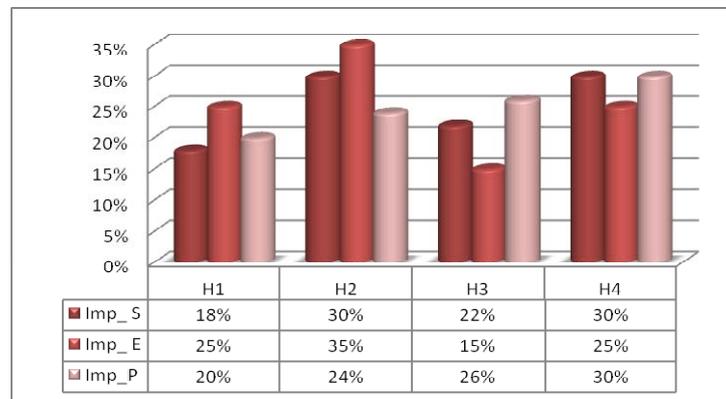


Fig. (V.4) : Les pondérations de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de toxicité et vis-à-vis le niveau (4).

d. La vulnérabilité humaine lié au l'effet de pollution liquide (Niveau (2))

L'effet de pollution liquide est représenté par les éléments des différents impacts, ces derniers sont divisés en sous éléments. La fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de pollution liquide est calculée en fonction des trois inconnus comme suit :

$$V_H^{poll} = 0.594 \times V_{HI}^{poll} + 0.157 \times V_{HE}^{poll} + 0.249 \times V_{HP}^{poll} \quad (\text{Equation (V.2.4)})$$

Vul_Hum_PLiq.	Vul_IS	Vul_IE	Vul_IP	MG	P
Vul_IS	1	2	5	1,782	0,594
Vul_IE	1/7	1	1/4	0,471	0,157
Vul_IP	1/9	3	1	0,747	0,249
S	79/63	6	5/2	3	1

Tab. (V.7) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité humaine liée à l’effet de pollution liquide.

Les fonctions de la vulnérabilité humaine liée à l’effet de pollution liquide sont représentées en fonction des différents impacts (sanitaire, économique et psychologique).

—La fonction de la vulnérabilité humaine liée à l’effet de pollution liquide lié à l’impact sanitaire (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{IH}^{pol} = 0.212 \times H_1 + 0.497 \times H_2 + 0.191 \times H_3 + 0.100 \times H_4 \quad (\text{Equation (V.2.4.1)})$$

—La fonction de la vulnérabilité humaine liée à l’effet de pollution liquide lié à l’impact économique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{IE}^{pol} = 0.283 \times H_1 + 0.490 \times H_2 + 0.152 \times H_3 + 0.076 \times H_4 \quad (\text{Equation (V.2.4.2)})$$

—La fonction de la vulnérabilité humaine liée à l’effet de pollution liquide lié à l’impact psychologique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{IP}^{pol} = 0.138 \times H_1 + 0.479 \times H_2 + 0.256 \times H_3 + 0.128 \times H_4 \quad (\text{Equation (V.2.4.3)})$$

Les pondérations de la vulnérabilité humaine liée aux différents sous éléments (niveau (4)), sont représentées dans la figure suivant:

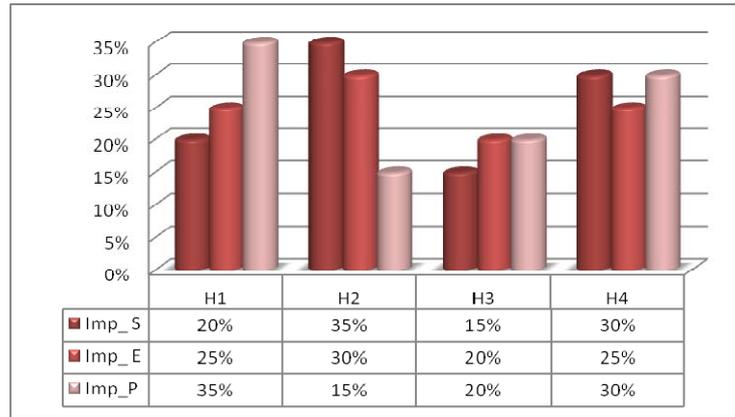


Fig. (V.5) : Les pondérations de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de pollution liquide et vis-à-vis le niveau (4).

V.2.3.3. Evaluation de la vulnérabilité environnementale (Niveau(1))

Le critère de la vulnérabilité environnementale est subdivisé en sous critères en fonction des différents effets d'exposition (effet de surpression, effet du flux thermique, effet de toxicité et flux de pollution liquide), comme montre le Figure (V.1).

	Vul Env	Vul Surp	Vul Fth	Vul Toxi	Vul Poll	MG	P
Vul Env	1	4	3	2	0.284	0.071	
Vul Surp	1/4	1	1/6	1/5	0.592	0.148	
Vul Fth	1/3	6	1	1/4	1.108	0.277	
Vul Toxi	1/2	5	4	1	2.012	0.503	
S	25/13	16	49/6	69/13	4	1	

Tab. (V.8) : Matrice de comparaison de la vulnérabilité environnementale.

Pour les cibles environnementales, l'effet principal est la pollution liquide (50%). Les effets des toxiques à un impact élevé (28 %), par rapport à l'effet de flux thermique (15%). Au contraire, l'effet de la surpression à une influence faible sur les cibles environnementales (7%). Les pondérations pour le niveau (2), des jugements des avis des différents acteurs, par rapport

les sous critères régissant de la vulnérabilité environnementale, sont synthétisés dans le Tableau (V.7). La fonction de la vulnérabilité environnementale est calculée en fonction des effets d'exposition (effet de surpression, effet du flux thermique, effet de toxicité et effet de pollution liquide), comme suit :

$$V_E = 0.071 \times V_E^{op} + 0.148 \times V_E^{tr} + 0.277 \times V_E^{tox} + 0.503 \times V_E^{poll} \quad (\text{Equation (V.3)})$$

- Où
- V_E^{op} : La vulnérabilité environnementale liée à l'effet de surpression.
 - V_E^{tr} : La vulnérabilité environnementale liée à l'effet du flux thermique.
 - V_E^{tox} : La vulnérabilité environnementale liée à l'effet de toxicité.
 - V_E^{poll} : La vulnérabilité environnementale liée à l'effet de la pollution liquide.

Pour les cibles environnemental et quelques soient les effets considérés, l'impact sanitaire est l'impact dominant (75%). L'impact psychologique représente (10%), l'impact économique représente seulement (15%).

a. La vulnérabilité environnementale liée à l'effet de surpression (Niveau (2))

L'effet de surpression est représenté par les éléments des différents impacts, ces derniers sont divisés en quatre sous éléments. La fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de surpression est calculée en fonction des trois inconnus comme suit :

$$V_E^{op} = 0.333 \times V_{EI}^{op} + 0.333 \times V_{EE}^{op} + 0.333 \times V_{EP}^{op} \quad (\text{Equation (V.3.1)})$$

	Vul_Env_Sup	Vul_IS	Vul_IE	Vul_IP	MG	P
Vul_Env_Sup	1	1	2	3	0.999	0.333
Vul_IS	1/5	1	1	1/3	0.999	0.333
Vul_IE	1/5	6	1	0.999	0.333	
Vul_IP	7/5	9	13/3	3	1	

Tab. (V.9) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de surpression.

Les fonctions de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de surpression sont représentées en fonction des différents impacts (sanitaire, économique et psychologique).

—la fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de surpression lié à l'impact sanitaire (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{EI}^{op} = 0.122 \times E_1 + 0.227 \times E_2 + 0.424 \times E_3 + 0.227 \times E_4 \quad (\text{Equation (V.3.1.1)})$$

—la fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de surpression lié à l'impact économique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{EE}^{op} = 0.289 \times E_1 + 0.246 \times E_2 + 0.289 \times E_3 + 0.175 \times E_4 \quad (\text{Equation (V.3.1.2)})$$

—la fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de surpression lié à l'impact psychologique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{EP}^{op} = 0.168 \times E_1 + 0.239 \times E_2 + 0.359 \times E_3 + 0.198 \times E_4 \quad (\text{Equation (V.3.1.3)})$$

Les pondérations de la vulnérabilité environnementale liée aux différents sous éléments (niveau (4)), sont représentées dans la figure suivant:

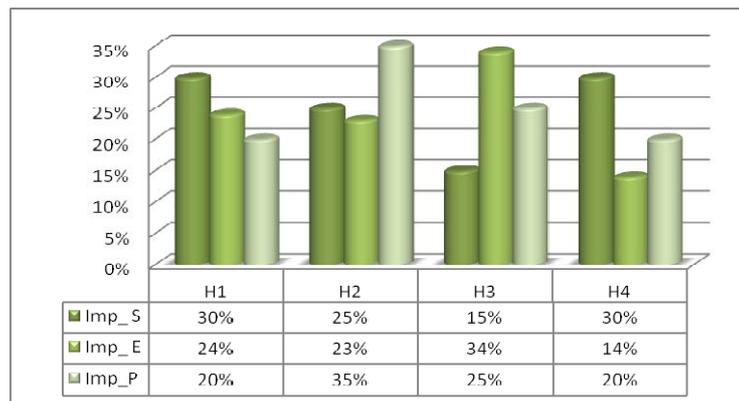


Fig. (V.6) : Les pondérations de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de surpression et vis-à-vis le niveau (4).

b. La vulnérabilité environnementale liée à l'effet du flux thermique (Niveau (2))

L'effet du flux thermique est représenté par les éléments des différents impacts, ces derniers sont divisés en quatre sous éléments. La fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet du flux thermique est calculée en fonction des trois inconnus comme suit :

$$V_E^{tr} = 0.550 \times V_{EI}^{tr} + 0.240 \times V_{EE}^{tr} + 0.210 \times V_{EP}^{tr} \quad \text{(Equation (V.3.2))}$$

	VuI_Env_FTh.	VuI_IS	VuI_IE	VuI_IP	MG	P
VuI_Env_FTh.						
VuI_IS		1	4	2	1.650	0.550
VuI_IE		1/5	1	1/7	0.72	0.240
VuI_IP		1/9	4	1	0.63	0.210
S		59/45	9	22/7	3	1

Tab. (V.10) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet du flux thermique.

Les fonctions de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet du flux thermique sont représentées en fonction des différents impacts (sanitaire, économique et psychologique).

—la fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet du flux thermique lié à l'impact sanitaire (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{EI}^{tr} = 0.195 \times E_1 + 0.231 \times E_2 + 0.426 \times E_3 + 0.148 \times E_4 \quad \text{(Equation (V.3.2.1))}$$

—la fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet du flux thermique lié à l'impact économique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{EE}^{tr} = 0.227 \times E_1 + 0.227 \times E_2 + 0.424 \times E_3 + 0.122 \times E_4 \quad \text{(Equation (V.3.2.2))}$$

—la fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet du flux thermique lié à l'impact psychologique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{EP}^{tr} = 0.200 \times E_1 + 0.200 \times E_2 + 0.400 \times E_3 + 0.200 \times E_4 \quad (\text{Equation (V.3.2.3)})$$

Les pondérations de la vulnérabilité environnementale liée aux différents sous éléments (niveau (4)), sont représentées dans la figure suivant:

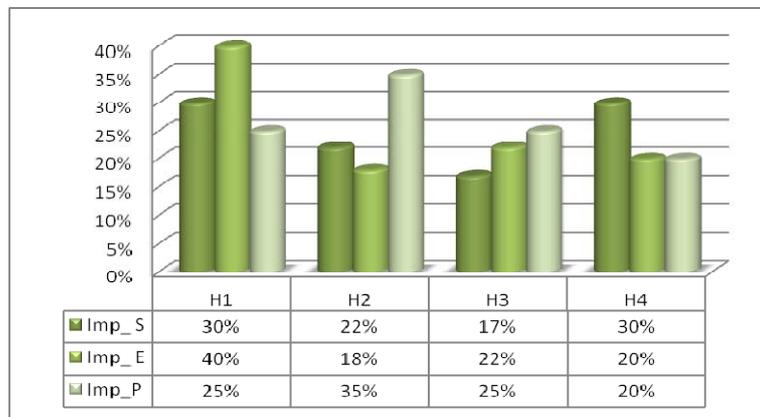


Fig. (V.7) : Les pondérations de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet du flux thermique et vis-à-vis le niveau (4).

c. La vulnérabilité environnementale liée à l'effet de toxicité (Niveau (2))

L'effet de toxicité est représenté par les éléments des différents impacts, ces derniers sont divisés en quatre sous éléments. La fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de toxicité est calculée en fonction des trois inconnus comme suit :

$$V_E^{tox} = 0.691 \times V_{EI}^{tox} + 0.160 \times V_{EE}^{tox} + 0.149 \times V_{EP}^{tox} \quad (\text{Equation (V.3.3)})$$

Vul_Env_Tox.	Vul_IS	Vul_IE	Vul_IP	MG	P
Vul_IS	1	3	2	2,073	0,691
Vul_IE	1/4	1	1/7	0,480	0,160
Vul_IP	1/7	7	1	0,447	0,149
S	39/28	11	22/7	3	1

Tab. (V.11) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité environnementale liée à l’effet de toxicité.

Les fonctions de la vulnérabilité environnementale liée à l’effet de toxicité sont représentées en fonction des différents impacts (sanitaire, économique et psychologique).

—la fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l’effet de toxicité lié à l’impact sanitaire (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{EI}^{tox} = 0.286 \times E_1 + 0.142 \times E_2 + 0.286 \times E_3 + 0.286 \times E_4 \quad (\text{Equation (V.3.3.1)})$$

—la fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l’effet de toxicité lié à l’impact économique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{EE}^{tox} = 0.340 \times E_1 + 0.140 \times E_2 + 0.239 \times E_3 + 0.280 \times E_4 \quad (\text{Equation (V.3.3.2)})$$

—la fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l’effet de toxicité lié à l’impact psychologique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{EP}^{tr} = 0.205 \times E_1 + 0.169 \times E_2 + 0.338 \times E_3 + 0.288 \times E_4 \quad (\text{Equation (V.3.3.3)})$$

Les pondérations de la vulnérabilité environnementale liée aux différents sous éléments (niveau (4)), sont représentées dans la figure suivant:

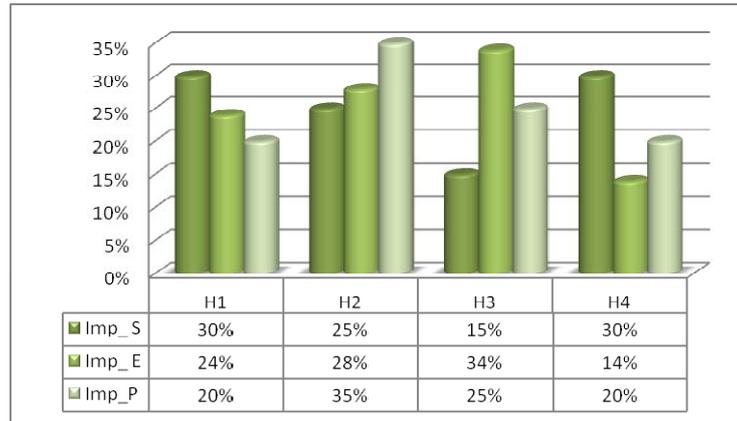


Fig. (V.8) : Les pondérations de la vulnérabilité environnementale liée à l’effet de toxicité et vis-à-vis le niveau (4).

d. La vulnérabilité environnementale liée à l’effet de pollution liquide (Niveau (2))

L’effet de pollution liquide est représenté par les éléments des différents impacts, ces derniers sont divisés en quatre sous éléments. La fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l’effet de pollution liquide est calculée en fonction des trois inconnus comme suit :

$$V_E^{poll} = 0.710 \times V_{EI}^{poll} + 0.155 \times V_{EE}^{poll} + 0.135 \times V_{EP}^{poll} \quad \text{(Equation (V.3.4))}$$

	Vul_IS	Vul_IE	Vul_IP	MG	P
Vul_IS	1	4	3	2,13	0.710
Vul_IE	1/3	1	1/6	0,465	0.155
Vul_IP	1/9	5	1	0,405	0.135
S	39/27	10	25/6	3	1

Tab. (V.12) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité environnementale liée à l’effet de pollution liquide.

Les fonctions de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de pollution liquide sont représentées en fonction des différents impacts (sanitaire, économique et psychologique).

—la fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de pollution liquide lié à l'impact sanitaire (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{EI}^{poll} = 0.227 \times E_1 + 0.122 \times E_2 + 0.227 \times E_3 + 0.424 \times E_4 \quad (\text{Equation (V.3.4.1)})$$

—la fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de pollution liquide lié à l'impact économique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{EE}^{poll} = 0.278 \times E_1 + 0.123 \times E_2 + 0.231 \times E_3 + 0.367 \times E_4 \quad (\text{Equation (V.3.4.2)})$$

—la fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de pollution liquide lié à l'impact psychologique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{EP}^{poll} = 0.140 \times E_1 + 0.140 \times E_2 + 0.262 \times E_3 + 0.548 \times E_4 \quad (\text{Equation (V.3.4.3)})$$

Les pondérations de la vulnérabilité environnementale liée aux différents sous éléments (niveau (4)), sont représentées dans la figure suivant:

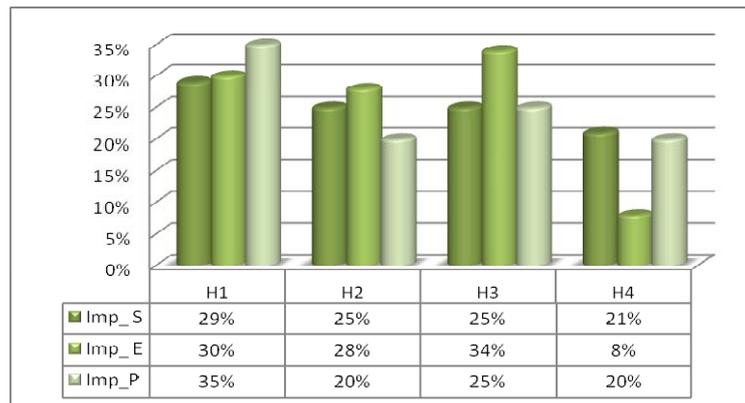


Fig. (V.9) : Les pondérations de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de pollution liquide et vis-à-vis le niveau (4).

V.2.3.4. Evaluation de la vulnérabilité matérielle (Niveau (1))

Le critère de la vulnérabilité matérielle est subdivise en sous critères en fonction des différents effets d'exposition (effet de surpression, effet du flux thermique, effet de toxicité et effet de pollution liquide), comme montre le Figure (V.1)

	Vul_Mat	Vul_Surp	Vul_Fth	Vul_Toxi	Vul_Poll	MG	P
Vul_Surp	1	6	5	2	1.784	0.446	
Vul_Fth	1/6	1	1/4	1/3	1.64	0.410	
Vul_Toxi	1/5	4	1	1/4	0.267	0.069	
Vul_Poll	1/2	3	4	1	0.3	0.075	
S	28/15	14	41/10	43/12	4	1	

Tab. (V.13) : Matrice de comparaison de la vulnérabilité matérielle.

Pour les cibles matérielles, l'effet principal est la surpression (44%), puis Les effets du flux thermique (41%). Les effets de toxicité et pollution liquide ont une importance faible et à peu près identique respectivement (7% et 8%). Les pondérations pour le niveau (2), des jugements des avis des différents acteurs par rapport les sous critères régissant de la vulnérabilité matérielle sont synthésisés dans le Tableau (V.12). La fonction de la vulnérabilité matérielle est calculée en fonction des effets d'exposition comme suit :

$$V_M = 0.446 \times V_M^{sp} + 0.410 \times V_M^{tr} + 0.069 \times V_M^{tox} + 0.075 \times V_M^{poll} \quad \text{(Equation (V.4))}$$

- Où
- V_M^{op} : La vulnérabilité matérielle liée à l'effet de surpression.
 - V_M^{tr} : La vulnérabilité matérielle liée à l'effet du flux thermique.
 - V_M^{tox} : La vulnérabilité matérielle liée à l'effet de toxicité.
 - V_M^{poll} : La vulnérabilité matérielle liée à l'effet de la pollution liquide.

Pour les cibles matérielle et quelques soient les effets considérés, l'impact sanitaire est l'impact dominant (environ 65%). L'impact psychologique représente environ 25%, l'impact économique représente seulement 10%.

a. La vulnérabilité matérielle liée à l'effet de surpression (Niveau (2))

L'effet de surpression est représenté par les éléments des différents impacts, ces derniers sont divisés en quatre sous éléments. La fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de surpression est calculée en fonction des trois inconnus comme suit :

$$V_M^{op} = 0.571 \times V_{MI}^{op} + 0.286 \times V_{ME}^{op} + 0.143 \times V_{MP}^{op} \quad (\text{Equation (V.4.1)})$$

Pairwise comparison file to be saved :	pondacteur					Calculate weights
Vul_Mat_Sup.	Vul_IS	Vul_IE	Vul_IP	MG	P	
Vul_IS	1	4	3	1.713	0.571	
Vul_IE	1/9	1	1/9	0.858	0.286	
Vul_IP	1/7	4	1	0.429	0.143	
S	79/63	9	37/9	3	1	

Tab. (V.14) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de surpression.

Les fonctions de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de surpression sont représentées en fonction des différents impacts (sanitaire, économique et psychologique).

—la fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de surpression lié à l'impact sanitaire (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{MI}^{op} = 0.200 \times M_1 + 0.400 \times M_2 + 0.200 \times M_3 + 0.200 \times M_4 \quad (\text{Equation (V.4.1.1)})$$

—la fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de surpression lié à l'impact économique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{ME}^{op} = 0.288 \times M_1 + 0.338 \times M_2 + 0.169 \times M_3 + 0.205 \times M_4 \quad (\text{Equation (V.4.1.2)})$$

—la fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de surpression lié à l'impact psychologique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{MP}^{op} = 0.143 \times M_1 + 0.286 \times M_2 + 0.286 \times M_3 + 0.286 \times M_4 \quad (\text{Equation (V.4.1.3)})$$

Les pondérations de la vulnérabilité matérielle liée aux différents sous éléments (niveau (4)), sont représentées dans la figure suivant:

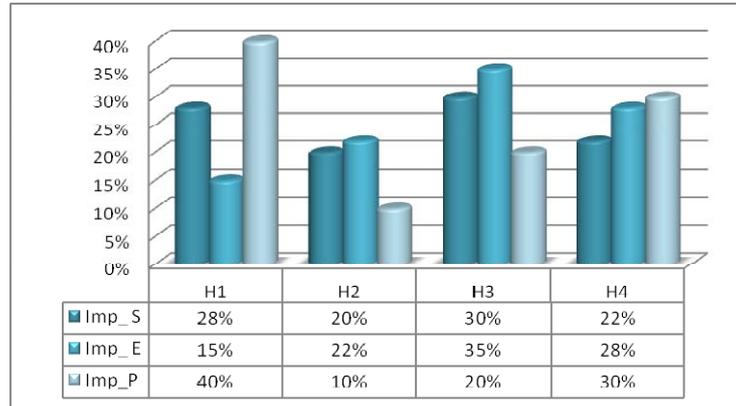


Fig. (V.10) : Les pondérations de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de surpression et vis-à-vis le niveau (4).

b. La vulnérabilité matérielle liée à l'effet du flux thermique (Niveau (2))

L'effet du flux thermique est représenté par les éléments des différents impacts, ces derniers sont divisés en quatre sous éléments. La fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet du flux thermique est calculée en fonction des trois inconnus comme suit :

$$V_M^{tr} = 0.443 \times V_{MI}^{tr} + 0.387 \times V_{ME}^{tr} + 0.169 \times V_{MP}^{tr} \quad (\text{Equation (V.4.2)})$$

	Vul_MAT_FTh.	Vul_JS	Vul_IE	Vul_IP	MG	P
Vul_MAT_FTh.	1	5	2	1,329	0.443	
Vul_JS	1/5	1	1/5	1,161	0.387	
Vul_IE	1/2	1/5	1	0,507	0.169	
Vul_IP	3/5	5	16/5	3	1	

Tab. (V.15) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet du flux thermique.

Les fonctions de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet du flux thermique sont représentées en fonction des différents impacts (sanitaire, économique et psychologique).

—la fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet du flux thermique lié à l'impact sanitaire (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{M}^{tr} = 0.246 \times M_1 + 0.298 \times M_2 + 0.210 \times M_3 + 0.246 \times M_4 \quad (\text{Equation (V.4.2.1)})$$

—la fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet du flux thermique lié à l'impact économique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{ME}^{tr} = 0.400 \times M_1 + 0.200 \times M_2 + 0.200 \times M_3 + 0.200 \times M_4 \quad (\text{Equation (V.4.2.2)})$$

—la fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet du flux thermique lié à l'impact psychologique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{MP}^{tr} = 0.143 \times M_1 + 0.286 \times M_2 + 0.286 \times M_3 + 0.286 \times M_4 \quad (\text{Equation (V.4.2.3)})$$

Les pondérations de la vulnérabilité matérielle liée aux différents sous éléments (niveau (4)), sont représentées dans la figure suivante:

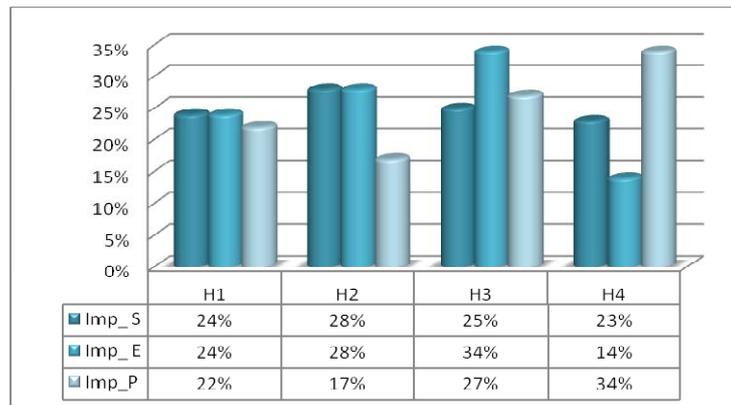


Fig. (V.11) : Les pondérations de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet du flux thermique et vis-à-vis le niveau (4).

c. La vulnérabilité matérielle liée à l'effet de toxicité (Niveau (2))

L'effet de toxicité est représenté par les éléments des différents impacts, ces derniers sont divisés en quatre sous éléments. La fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de toxicité est calculée en fonction des trois inconnus comme suit :

$$V_M^{tox} = 0.200 \times V_{MI}^{tox} + 0.400 \times V_{ME}^{tox} + 0.400 \times V_{MP}^{tox} \quad \text{(Equation (V.4.3))}$$

Vul_Mat_Tox.	Vul_IS	Vul_IE	Vul_IP	MG	P
Vul_IS	1	6	2	0.600	0.200
Vul_IE	1/3	1	1/7	1.200	0.400
Vul_IP	1/5	4	1	1.200	0.400
S	23/15	11	22/7	3	1

Tab. (V.16) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de toxicité.

Les fonctions de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de toxicité sont représentées en fonction des différents impacts (sanitaire, économique et psychologique).

—la fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de toxicité lié à l'impact sanitaire (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_M^{tox} = 0.142 \times M_1 + 0.286 \times M_2 + 0.286 \times M_3 + 0.286 \times M_4 \quad \text{(Equation (V.4.3.1))}$$

—la fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de toxicité lié à l'impact économique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{ME}^{tox} = 0.204 \times M_1 + 0.347 \times M_2 + 0.204 \times M_3 + 0.246 \times M_4 \quad \text{(Equation (V.4.3.2))}$$

—la fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de toxicité lié à l'impact psychologique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{MP}^{tr} = 0.100 \times M_1 + 0.300 \times M_2 + 0.300 \times M_3 + 0.300 \times M_4 \quad (\text{Equation (V.4.3.3)})$$

Les pondérations de la vulnérabilité matérielle liée aux différents sous éléments (niveau (4)), sont représentées dans la figure suivant:

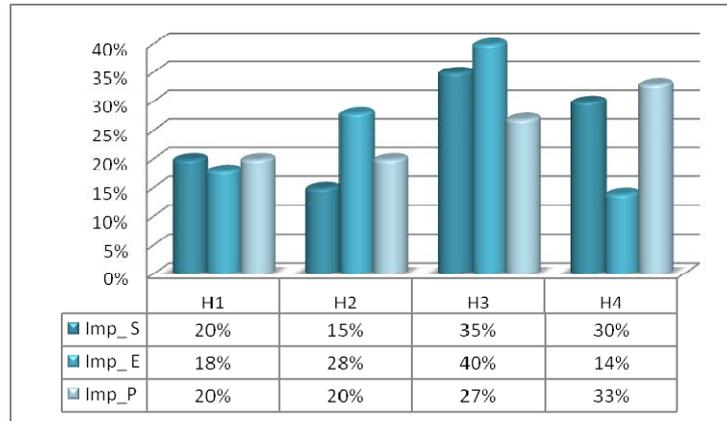


Fig. (V.12) : Les pondérations de la vulnérabilité matérielle liée à l’effet de toxicité et vis-à-vis le niveau (4).

d. La vulnérabilité matérielle liée à l’effet de pollution liquide (Niveau (2))

L’effet de pollution liquide est représenté par les éléments des différents impacts, ces derniers sont divisés en quatre sous éléments. La fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l’effet de pollution liquide est calculée en fonction des trois inconnus comme suit :

$$V_M^{poll} = 0.260 \times V_{MI}^{poll} + 0.413 \times V_{ME}^{poll} + 0.327 \times V_{MP}^{poll} \quad (\text{Equation (V.4.4)})$$

	Vul_IS	Vul_IE	Vul_IP	MG	P
Vul_IS	1	3	4	0.780	0.260
Vul_IE	1/5	1	1/3	1.239	0.413
Vul_IP	1/7	5	1	0.981	0.327
S	47/35	9	16/3	3	1

Tab. (V.17) : Matrice de comparaison paire par paire de la vulnérabilité matérielle liée à l’effet de pollution liquide.

Les fonctions de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de pollution liquide sont représentées en fonction des différents impacts (sanitaire, économique et psychologique).

—la fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de pollution liquide lié à l'impact sanitaire (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{M}^{poll} = 0.127 \times M_1 + 0.313 \times M_2 + 0.280 \times M_3 + 0.280 \times M_4 \quad (\text{Equation (V.4.4.1)})$$

—la fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de pollution liquide lié à l'impact économique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{ME}^{poll} = 0.204 \times M_1 + 0.347 \times M_2 + 0.204 \times M_3 + 0.246 \times M_4 \quad (\text{Equation (V.4.4.2)})$$

—la fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de pollution liquide lié à l'impact psychologique (niveau (3)), représenté est calculée comme suit :

$$V_{MP}^{poll} = 0.127 \times M_1 + 0.280 \times M_2 + 0.313 \times M_3 + 0.280 \times M_4 \quad (\text{Equation (V.4.4.3)})$$

Les pondérations de la vulnérabilité matérielle liée aux différents sous éléments (niveau (4)), sont représentées dans la figure suivant:

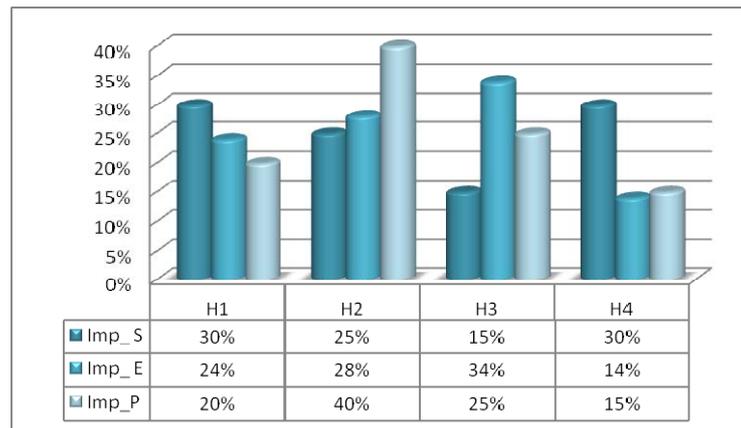


Fig. (V.13) : Les pondérations de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet de pollution liquide et vis-à-vis le niveau (4).

V.2.4. Discussion des résultats de la simulation

La méthode multicritère Saaty, d'aide à la gestion des crises, pour objectif d'évaluer une situation de crise (BLEVE lié spécialement au transport de chlore), gérer par le PAM à travers le niveau de la vulnérabilité globale du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud.

La méthode Saaty apporte un formalisme dans la structuration des informations. De plus, en se basant sur les avis des acteurs, l'influence des critères et des éléments dans l'évaluation de l'objectif global est réalisé. Afin de pondérer l'importance relative des informations les unes par rapport aux autres, des matrices de comparaison binaire décrivant les structurations hiérarchiques des problèmes sont définis.

La restitution des résultats prend la valeur de l'indice de la vulnérabilité potentielle. La méthodologie appliquée prend en compte la composante humaine, environnementale et matérielle pour construire un indice global de vulnérabilité. Après le calcul du niveau de la vulnérabilité humaine, environnementale et matérielle, nous obtenus les résultats suivants :

Vulnérabilité	Humaine	Environnementale	Matérielle	Globale
Totale	25%	23%	27%	75%

Tab. (V.18) : Les résultats de la simulation des niveaux de la vulnérabilité.

On voit que l'indice de la vulnérabilité globale du territoire de la ville de Hassi Messaoud, est de l'ordre de 75%, ce qui explique que le territoire urbain de la ville Hassi Messaoud est très vulnérable vis-à-vis des accidents majeurs à une ampleur élevée (Fig. (V.14)).

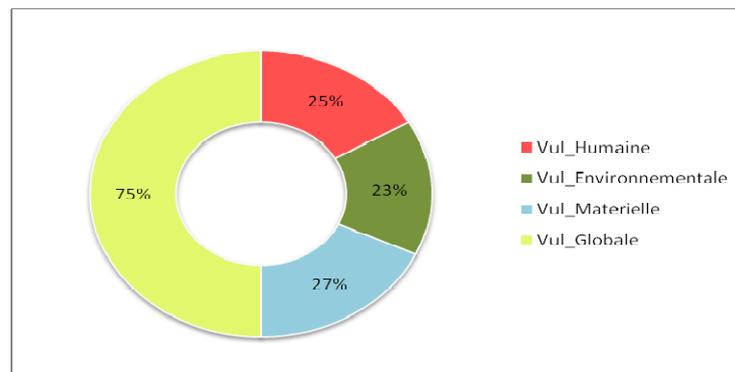


Fig. (V.14) : Résultats quantitatives des différents niveaux de la vulnérabilité.

Le Plan d'Assistance Mutuelle (PAM), vise à mieux maîtriser l'urbanisation dans les zones à risques comme la ville de Hassi Messaoud, que représente notre cas d'étude. L'indice de la vulnérabilité du territoire de la ville de Hassi Messaoud établie dans ce travail est très fort et pourrait certainement contribuer à améliorer le PAM.

Le résultat des simulations réalisées indique que le niveau de la vulnérabilité est très élevé, ce qui exige aux acteurs de la gestion des crises de revoir l'organisation du PAM afin que l'intervention soit plus efficace.

V.3. Conclusion

Le but de ce chapitre est d'évaluer le niveau de la vulnérabilité du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud, en intégrant la méthode multicritère Saaty afin, d'améliorer le PAM. A cet effet, les résultats obtenus de la simulation du niveau de la vulnérabilité globale du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud sont appelé aux acteurs de la gestion des crises au niveau de la ville Hassi Messaoud, pour enrichir le document du PAM et concrétiser ce plan sur un support réglementaire qui prend en charge les deux aspects organisationnelle (responsabilité), et opérationnelle.

Conclusion générale

L'étude des dangers doit permettre, à partir d'une analyse des risques, de définir les mesures préventives induisant une réduction des effets pour chaque risque engendré prenant en compte l'installation, le produit et l'environnement. Les scénarios imposés ou indiqués, permettront de définir des scénarios de référence qui seront retenus pour identifier, avec une approche probabiliste, les mesures complémentaires et définir les besoins nécessaires en cas d'intervention, suite un accident.

Une Méthode Hiérarchique Multicritère "Saaty", d'aide à la décision proposé appréhende la vulnérabilité globale, à travers la vulnérabilité de différentes cibles humaines, matérielles et environnementales.

La méthode multicritère "Saaty" a des forts points dans le domaine de la gestion des crises à savoir :

- se sont révélées pertinentes pour évaluer la vulnérabilité du territoire urbain.
- elles présentent l'intérêt de pouvoir compiler des informations quantitatives et objectives telles que le jugement des avis d'experts.

Le niveau de la vulnérabilité globale du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud a été évalué, grâce à l'analyse d'agrégation des avis des experts.

A cet effet, les pondérations de chaque niveau figuré dans la structure hiérarchique a été estimée grâce à logiciel EC, ce dernier offre une simplicité ergonomique et facile à utilisé. Les résultats se présentent sous forme d'un indice de vulnérabilité potentielle du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud.

Ce travail étant destiné aux responsables de la protection civile de la ville Hassi Messaoud, il à semble très important d'intégrer les acteurs de la gestion de la crise. Ces acteurs possèdent une expérience et une culture de la gestion de crise particulièrement intéressantes à exploiter pour améliorer le PAM.

Nos travaux menés dans le cadre du sujet de la recherche sous l'intitulé "*contribution à l'étude de l'apport des outils d'aide à la décision dans la gestion des crises : cas du territoire urbain de Hassi Messaoud*", avaient plusieurs objectifs à savoir :

- Etudier le processus de la gestion des crises, par l'approche systémique en tenant compte du paramètre de la vulnérabilité du territoire.
- Contribuer à appliquer une méthode multicritère d'aide à la décision permet d'évaluer la vulnérabilité du territoire urbain de la ville de Hassi Messaoud, face à un accident de BLEVE liée spécialement au risque de Transport des Matières Dangereuse (TMD).

Cette étude présente plusieurs perspectives permettant de s'approfondir dans cet axe de recherche dans des futurs travaux, à savoir :

- ce travail pourrait être prolongé par la réalisation d'un système intégré d'aide à la décision en cas des situations de crises, en tenant compte du Système d'Information Géographique (SIG) ce qui constituerait, également, une base des données intéressante pour la mise en place d'un système de gestion des crises, en temps réel sur ce qui se passe dans la zone d'intervention de l'accident.
- la méthode d'évaluation de la vulnérabilité pourrait être applicable à d'autres zones d'étude.
- des critères utiles à la gestion de crise sont difficilement quantifiables et pourraient être intégrés grâce à l'évaluation objective fondée sur le retour d'expérience des acteurs de la gestion des crises.
- l'agrégation des avis des acteurs de la gestion des crises par la méthode d'inférence floue (SIF), peut démontrer.

Références Bibliographiques

- Ayrat P-A. : Contribution à l'élaboration d'une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité face à quatre risques naturels particuliers liés à la ressource en eau ; Mémoire de DEA de Géographie, Mention Environnement et Paysage, Université Toulouse Le Mirail, 133 pages, 2001.

- Bouyssou D. : Méthodes d'aide multicritère, fondements et mise en œuvre, Thèse de doctorat, Université de Paris Dauphine, 1990.

- Berthoz E. & Brossard T.: Cartographie des accidents de la route: mode d'analyse et de représentation, Actes du colloque de Besançon, Faculté des lettres et Sciences Humaines de Franche-Comté, 1992.

- Badeig F. : Gestion de crise, de la simulation à la prise de décision, thèse de doctorat 2000.

- Brenot J. & Hubert PH. : Maîtrise des Risques : au sujet de deux modes d'approche déterministe et probabiliste, Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire- 94/N°5, 1994.

- Bernadet M.: Le transport routier de marchandises, fonctionnement et dysfonctionnements, Ed Economica, Paris, 1997.

- Bouyssou D. : Approches descriptives et constructives d'aide à la décision – fondements et comparaison, Thèse de doctorat, Université de Paris Dauphine, 1984

- Barszak A. & Grivault C. : Vers une approche globale et intégrée des risques urbains. Proposition d'une méthode d'évaluation et de spatialisation multirisque, 2005.

- Coste L. : Comment étudier les risques naturels. Prévention- Sécurité n°36 Nov. Dec. 1997 pp.12- 18, 1997.

- Colin Y.: Avant et après la crise : un apprentissage nécessaire à la sécurité civile, colloque "urgences, gestion de crise et décision", Université Paul Sabatier, 15-16 mai 1997.

- Durand O. : Représentation de vues multiples dans une situation d'urgence. Rapport de description 2001.

- Dufour R. : Géré et décider en situation de crise ; Éditions de l'Université de Bruxelles, 200 p, 1990.

- Dusserre R.: Contribution à la gestion des interventions en cas de situation de crise ; Thèse de doctorat de troisième cycle, Université de Paris I Panthéon Sorbonne, Paris, 250 p.

- Erceau J. : Coopération et prise de décision collectives, Universitaires Romandes, 192p, 1999.

- Fumey M. & Pingaud H.: Agrégation des risques à l'aide de la procédure d'analyse hiérarchique, 4ième Congrès International de Génie Industriel, Aix-Marseille, France, 12-15 juin 2001.

- Fulleringer D.: Incertitude du risque industriel majeur. - Thèse de doctorat de troisième cycle, sous la direction du professeur M. Martin Boyer, Université de Savoie, Ecole Supérieure d'ingénieurs de Chambéry, 334 p, 1996.

- Geiben B. & Nasset J.J. : Sécurité – Sûreté : La gestion intégrée des risques dans les organisations, Editions d'Organisation, 150 pages, 1998.

- Grivault C.: Evaluation spatio-temporelle des enjeux humains dans le cadre d'une analyse de vulnérabilité aux risques technologiques ; Rencontre de doctorants en SHS sur la modélisation des dynamiques spatiales, RTP modélisation et dynamiques spatiales, Lyon, 2006.

- Griot C.: Vulnérabilité et risques liés au transport de matières dangereuses. Evaluation de la vulnérabilité en vue de la préparation aux interventions de la Sécurité Civile. - Thèse de doctorat de troisième cycle, sous la direction de M. le professeur H. Picheral, Université Paul Valéry, Montpellier III, 754 p., 2 volumes, 2003.

- Graillet D. & Londiche H. : Analyse multicritère spatiale pour l'identification de la vulnérabilité aux inondations, Actes du colloque SIRNAT 2001, 6-7 décembre 2001.

- Golossov G.: Inondations : Aperçus sur les urbanisations à risques. L'eau, l'Industrie, les Nuisances, n°209, PP. 44-49, 1999.

- Gattegno I. : Gestion de crise ; comment mieux se préparer, Octobre 1995.

- Gatot L. : Crise et cognition de la conception d'une gestion préventive, France Janvier 1980.

- Guigo M. & Bailly L. :Système d'aide à la décision pour la limitation des risques d'inondation dans les agglomérations urbaines méditerranéennes, Rapport Projet n°8 IGA-UJF (Grenoble)/UMR Espace n°5661 Université de Nice, 62p, 1999.

- Hugues B. : Plan de gestion des accidents et crises. Décembre 1995.

- Hubert Ph. & Pages P.: Transport des matières dangereuses - Perspectives de l'évaluation prévisionnelle du risque ; Prévention N°30, novembre décembre 1989, pp. 70 à 79, 1989

- Hubert M. & Despouy T. : Analyse du risque lié au transport de matières dangereuses à l'échelle départementale - application au transport routier sur le département de la Loire, Aide à la décision pour l'aménagement du territoire : méthodes et outils, Paris, Ed. Hermès, 2006.

- Lagadec P. : Cellules de crise, les conditions d'une conduite efficace, revue de description 2003.

- Lagadec P. : Risque, crise et rupture ; trois niveaux de discontinuité, 2001.

- Lemoigne Q. : La modélisation des systèmes complexe ; Éditions de l'Université de Bruxelles, 73p, 1987.

- Leroy A. & Signoret J.P.: Le risque Technologique, Presses Universitaires de France, octobre 127 pages, 1992.

- Michel B. : Création d'un outil méthodologique d'aide à la décision d'intervention programmée sur ouvrage en fonction des facteurs de risque", thèse professionnelle, mastère en ingénierie gazière, Ecole des Mines de Paris, octobre 1996.

- Mucchielli J. : Communication interne et management de crise, Saint-Malo, France, Janvier 1985.

- Moigne J.L. : La théorie du système général : théorie de la modélisation, Editions Presses Universitaires de France, 241 pages, 1977

- Maystre L. & Bollinger D. : Aide à la négociation multicritère, Coll. Gérer l'Environnement. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 192p, 1999

- Mousseau V.: Problèmes liés à l'évaluation de l'importance relative des critères en aide multicritère à la décision : réflexions théoriques, expérimentations et implémentations informatiques, Thèse de doctorat, Université Paris Dauphine, 1993.

- Mongolfier P. & Bertier : Approche multicritère des problèmes de décision ; Edition Homme et Technique 1978.

- Malavieille A: Étude et réalisation d'un système à base des connaissances pour l'aide à l'intervention sur un accident majeur. 1999.

- Ouazard D. : La problématique de la prise de décision en situation de crise, Thèse de doctorat, 1999.

- Perilhon P.: Réflexion sur les modèles de la science du danger, Ecole d'Eté – Gestion Scientifique du Risque, Albi, France, 6-10 septembre 1999.

- Perilhon P.: Sécurité des installations, Méthode MADS-MOSAR, CEA INSTN, Rapport de description, 1997.

- Pavard B. : Conception pour l'aide a la prise de décision en situation de crise. Décembre 1995.

- Perilhon P.: Du risque à l'analyse des risques, à paraître ; Editions Nucléon, 2000.

- Pomerol J.C. & Barba-Romero S. : Choix multicritère dans l'entreprise, Editions Hermès, 1993, 391 pages.

- Périlhon. J.P : Méthode Organisée Systémique d'Analyse des Risques, Partie I, Ecole des Mines d'Alès, support de cours du Mastère "Sécurité Industrielle et Environnement", 80 p, 1992.

- Roy B. & Bouyssou D. : Aide Multicritère à la Décision : Méthodes et Cas, Economica, Paris, 1993, 695 pages.

- Roy B. : Science de la décision ou science de l'aide à la décision, Revue internationale de systémique, vol 6, n°5, pp. 497-529, 1992.

- Roy B. : Méthodologie multicritère d'aide à la décision, Economica, Paris, 423 pages, 1985.

- Roy B. & Bouyoussou D. : Méthodes multicritères d'aide à la décision, Economica PARIS 1993.

- Rubise P.Y & Gautier : Les risques technologiques, Cité des Sciences et de l'Industrie, Pocket, 1995, 127 pages.

- Rudrianski M.: L'aide à la décision tactique dans la crise. Février 2001.

- Seridji A : Les nouvelles techniques appliquées à l'évaluation et à la gestion des risques", bulletin technique du Bureau Veritas, n°3, Novembre 1996.

- Step S.: Les processus de représentation et de décision en situation d'urgences ; projet européen 2004.

- Step S. : Peut- on modifier les processus mentaux de représentation et de décision en situation d'urgence, projet européen 2004.

- Serrano F. : Aide multicritère à la décision en matière d'économie d'énergie. Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille II, France, 144 p, 1991.

- Saaty T.L. : Décider face à la complexité, une approche analytique multicritère d'aide à la décision. Entreprise moderne d'édition, 231p, 1984.

- Tixier J. & Tena-Chollet F. : Cartographie de la vulnérabilité des enjeux et du risque lors de transports d'hydrocarbures en région Île de France Ecole des Mines d'Alès, LGEI, Alès, France 1980.

- Villemeur A. : Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels, Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'EDF, Editions Eyrolles, 1988, 784 pages, 1988.

- Vallet B. & Alio S.: Transport des matières dangereuses et gestion des risques : Comment favoriser l'action des décideurs locaux, CEA-IPSN, 1990.

- Vallet B. & Giger F.: Transport des matières dangereuses vers une coordination des actions de prévention des risques", Prévention n° 40, pp 71 - 75, Aout 1991.

- Vincke PH.: l'aide multicritère d'aide à la décision ; Edition de l'université de Bruxelles 1989.

- Vincke P.: L'aide multicritère à la décision. Bruxelles ; Éditions de l'Université de Bruxelles, 179 p, 1989.

- Vollot J.L & Bardet JF.: Maîtriser les risques, 10e colloque national de fiabilité & maintenabilité, Saint-Malo, France, 1-3 octobre 1996.

- Verot Y. : Maîtrise du risque : le retour d'expérience", Ecole d'Eté – Gestion Scientifique du Risque, Albi, France, 6-10 septembre 1999.

- Wei Y.: Aide multicritère à la décision dans le cadre de la problématique de tri. Concepts, méthodes et applications. Thèse de doctorat, Université de Paris Dauphine, 201 p, 1992

- Zacklad J. : Principe de modélisation qualitative pour l'aide a la décision dans les organisations, Universitaires de France, 195 pages, 1988.

12	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 29	15 Rabie El Aoual 1426 24 avril 2005
<p>Décret exécutif n° 05-127 du 15 Rabie El Aoual 1426 correspondant au 24 avril 2005 déclarant Hassi Messaoud zone à risques majeurs.</p> <p>Le Chef du Gouvernement,</p> <p>Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ;</p> <p>Vu l'ordonnance n° 66-154 du 8 juin 1966, modifiée et complétée, portant code de procédure civile ;</p> <p>Vu l'ordonnance n° 66-155 du 8 juin 1966, modifiée et complétée, portant code de procédure pénale ;</p> <p>Vu l'ordonnance n° 66-156 du 8 juin 1966, modifiée et complétée, portant code pénal ;</p> <p>Vu l'ordonnance n° 75-58 du 26 septembre 1975, modifiée et complétée, portant code civil ;</p> <p>Vu l'ordonnance n° 76-04 du 20 février 1976 relative aux règles applicables en matière de sécurité contre les risques d'incendie et de panique et à la création de commissions de prévention et de protection civile ;</p> <p>Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ;</p> <p>Vu la loi n° 86-14 du 19 août 1986, modifiée et complétée, relative aux activités de prospection, de recherche, d'exploitation et de transport par canalisation des hydrocarbures ;</p> <p>Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990 relative à la commune ;</p> <p>Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990 relative à la wilaya ;</p> <p>Vu la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990, modifiée et complétée, relative à l'aménagement et l'urbanisme ;</p> <p>Vu la loi n° 90-30 du 1er décembre 1990 portant loi domaniale ;</p> <p>Vu la loi n° 91-11 du 27 avril 1991, modifiée et complétée, fixant les règles relatives à l'expropriation pour cause d'utilité publique ;</p> <p>Vu l'ordonnance n° 95-07 du 23 Chaabane 1415 correspondant au 25 janvier 1995 relative aux assurances ;</p> <p>Vu l'ordonnance n° 95-24 du 30 Rabie Ethani 1416 correspondant au 25 septembre 1995 relative à la protection du patrimoine public et à la sécurité des personnes qui lui sont liées ;</p> <p>Vu la loi n° 01-14 du 29 Joumada El Oula 1422 correspondant au 19 août 2001, modifiée et complétée, relative à l'organisation, la sécurité et la police de la circulation routière ;</p> <p>Vu la loi n° 01-20 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire ;</p> <p>Vu la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ;</p> <p>Vu l'ordonnance n° 03-12 du 27 Joumada Ethania 1424 correspondant au 26 août 2003 relative à l'obligation d'assurance des catastrophes naturelles et à l'indemnisation des victimes ;</p>	<p>Vu la loi n° 04-20 du 13 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable ;</p> <p>Vu le décret n° 84-55 du 3 mars 1984 relatif à l'administration des zones industrielles ;</p> <p>Vu le décret n° 84-56 du 3 mars 1984 portant organisation et fonctionnement des entreprises de gestion des zones industrielles ;</p> <p>Vu le décret n° 84-60 du 3 mars 1984 portant création de l'entreprise de gestion de la zone industrielle de Hassi-Messaoud ;</p> <p>Vu le décret n° 84-105 du 12 mai 1984 portant institution d'un périmètre de protection des installations et infrastructures ;</p> <p>Vu le décret n° 88-34 du 16 février 1988, modifié et complété, relatif aux conditions d'octroi, de renoncation et de retrait des titres miniers pour la prospection, la recherche et l'exploitation des hydrocarbures ;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 04-136 du 29 Safar 1425 correspondant au 19 avril 2004 portant nomination du Chef du Gouvernement ;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 04-138 du 6 Rabie El Aoual 1425 correspondant au 26 avril 2004 portant nomination des membres du Gouvernement ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 91-454 du 23 novembre 1991, modifié et complété, fixant les conditions et modalités d'administration et de gestion des biens du domaine privé et du domaine public de l'Etat ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 96-158 du 16 Dhou El Hidja 1416 correspondant au 4 mai 1996 fixant les conditions d'application des dispositions de sûreté interne d'établissement prévues par l'ordonnance n° 95-24 du 30 Rabie Ethani 1416 correspondant au 25 septembre 1995 relative à la protection du patrimoine public et à la sécurité des personnes qui lui sont liées ;</p> <p>Décrets :</p> <p>Article 1er. — En application de la loi n° 04-20 du 13 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable, notamment ses articles 3, 4, 5 et 10, le périmètre d'exploitation de Hassi-Messaoud, tel que défini ci-après, est déclaré zone à risques majeurs.</p> <p>A ce titre, le présent décret a pour objet de fixer les mesures à prendre à l'intérieur du périmètre d'exploitation du gisement de Hassi-Messaoud, dans le cadre de la prévention d'un risque majeur et/ou de la gestion d'une catastrophe.</p> <p>Art. 2. — Au sens du présent décret, il est entendu par :</p> <p>— Zone à risques majeurs : une zone exposée à un risque majeur entraînant des conséquences immédiates et graves aux personnes, aux biens et à l'environnement.</p>	

15 Rabia El Aoual 1426
24 avril 2005

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 29

13

— **Périmètre d'exploitation du gisement de Hassi-Messaoud** : l'étendue du périmètre défini et délimité par le titre minier d'exploitation attribué à "Sonatrach" et dont les coordonnées géographiques sont jointes en annexe au présent décret.

— **Industrie des hydrocarbures** : l'ensemble des activités industrielles pétrolières liées directement à la recherche, à la production, au transport, au raffinage et au développement des hydrocarbures.

Art. 3. — Sans préjudice des dispositions de l'article 4 ci-dessous, les activités dans le périmètre d'exploitation du gisement de Hassi-Messaoud sont soumises aux prescriptions suivantes :

— toute réalisation d'ouvrage, de quelque nature que ce soit, relève du titulaire du titre minier d'exploitation, sous réserve du respect des dispositions légales et réglementaires en vigueur.

— l'accès et la circulation à l'intérieur du périmètre d'exploitation du gisement de Hassi-Messaoud sont soumis à une réglementation spécifique établie par le titulaire du titre minier, conformément à la législation et à la réglementation en vigueur.

— toute activité ou investissement à l'intérieur du périmètre d'exploitation du gisement de Hassi-Messaoud est entrepris par le titulaire du titre minier. Celui-ci peut confier la réalisation de l'activité ou de l'investissement à un opérateur spécialisé dans le domaine.

— la sécurité à l'intérieur du périmètre d'exploitation du gisement de Hassi-Messaoud relève de la compétence des services de sécurité concernés et des services de sûreté interne du titulaire du titre minier, conformément à la législation et à la réglementation en vigueur.

— toute activité doit strictement se conformer à la législation et à la réglementation en vigueur relatives à la protection de l'environnement.

Art. 4. — Sont interdits à l'intérieur du périmètre d'exploitation du gisement de Hassi-Messaoud :

— toute construction, réalisation ou investissement à caractère industriel, commercial, touristique ou agricole et, de façon générale, toute autre opération qui n'est pas directement liée à l'industrie des hydrocarbures ;

— tout octroi de permis de construire et/ou de concession qui n'est pas lié directement à l'industrie des hydrocarbures.

Art. 5. — La zone industrielle et la zone d'activité secondaire et tertiaire, implantées actuellement à l'intérieur du périmètre d'exploitation du gisement de Hassi-Messaoud, seront transférées hors de ce périmètre.

Les habitations et logements de l'office de promotion et de gestion immobilières (OPGI) situés à l'intérieur du périmètre d'exploitation du gisement de Hassi-Messaoud sont exclus des opérations de cession des biens de l'Etat, ou de vente dans le cadre de la promotion immobilière.

Les bidonvilles, constructions illicites et habitations précaires érigés à l'intérieur du périmètre d'exploitation du gisement de Hassi-Messaoud seront démolis.

Art. 6. — Conformément aux dispositions de l'article 4 de la loi n° 90-08 du 7 avril 1990, susvisée, le siège du chef-lieu de la commune de Hassi-Messaoud est transféré au lieu-dit Oued El Merda, situé à l'intérieur du territoire de la commune de Hassi Ben Abdallah, dans le Sidi Khouled.

Art. 7. — En application de l'article 49 de la loi n° 04-20 du 13 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 25 décembre 2004, susvisée, les biens situés à l'intérieur du périmètre d'exploitation du gisement de Hassi-Messaoud et appartenant à des particuliers qui sont titulaires d'un titre de propriété feront l'objet d'une expropriation pour cause d'utilité publique.

Art. 8. — En application de l'article 62 de la loi n° 04-20 du 13 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 25 décembre 2004, susvisée, un plan interne d'intervention pour le périmètre d'exploitation du gisement de Hassi-Messaoud est élaboré par le titulaire du titre minier et approuvé par les autorités compétentes.

Art. 9. — A titre transitoire, les établissements d'enseignement fondamental et secondaire, les cent (100) logements de l'agence nationale de l'amélioration et du développement du logement (A.A.D.L.) ainsi que les ouvrages d'alimentation en eau potable, situés à l'intérieur du périmètre d'exploitation du gisement de Hassi-Messaoud, qui sont en cours de réalisation pourront être achevés.

Art. 10. — Le présent décret sera publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 15 Rabia El Aoual 1426 correspondant au 24 avril 2005.

Ahmed OUYAHIA.

ANNEXE

COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DU
PERIMETRE D'EXPLOITATION DU GISEMENT
DE HASSI-MESSAOU

SOMMETS	COORDONNEES GEOGRAPHIQUES	
	Latitude Nord	Longitude Est
1	32° 05' 30"	5° 36' 44"
2	32° 04' 02"	6° 30' 44"
3	31° 28' 53"	6° 29' 14"
4	31° 30' 21"	5° 35' 36"
5	31° 47' 07"	5° 36' 08"
6	31° 46' 08"	5° 46' 54"
7	31° 57' 08"	5° 47' 16"
8	31° 57' 24"	5° 36' 28"

Annexe II

Description du logiciel Expert Choice

Il existe plusieurs logiciels d'aide à la décision permettant de calculer l'importance relative ou poids des critères tels que M- MACBETH, HIPRE, Descriptor et Expert Choice. Dans notre étude, nous allons utiliser le logiciel Expert Choice (EC), car elle offre une simplicité ergonomique et facile a utilisé.

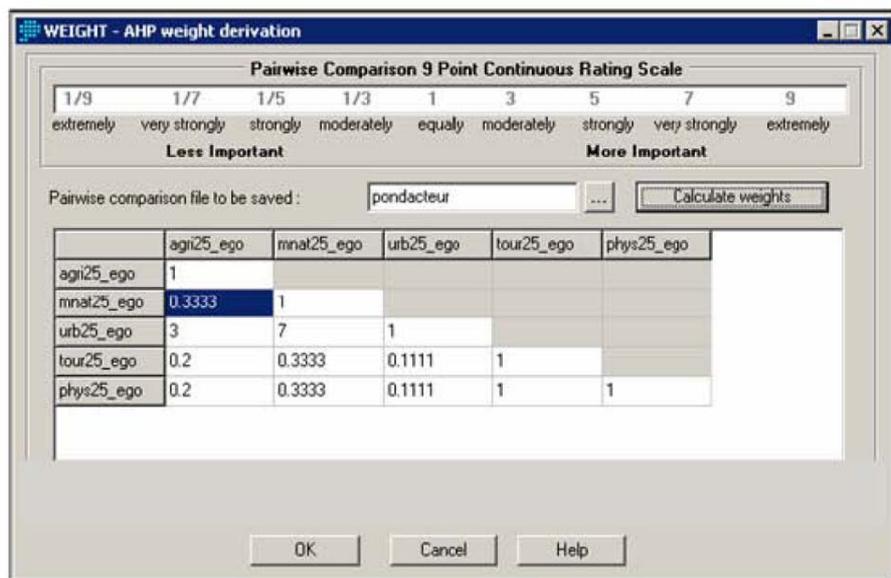


Fig. (AI.1) : Logiciel Expert Choice (EC).

L'Expert Choice (EC), est un logiciel qui correspond exactement à la traduction informatique de la méthode AHP. Toutes les étapes de AHP expliqués dans les sections précédentes peuvent être exécutées par EC et il base sur l'agrégation des jugements individuels (AJI), pour chaque comparaison binaire au sein d'une même matrice.

EC est considéré comme un système de support pour le décideur, il ne prend pas des décisions mais facilite le processus de la prise de décision. EC aide les décideurs en organisant la complexité, en incorporant l'information quantitative aussi bien que la connaissance et l'intuition

basée sur l'expérience, en synthétisant le problème commençant par l'objectif afin de déterminer les meilleures alternatives et en incorporant les jugements de groupe.

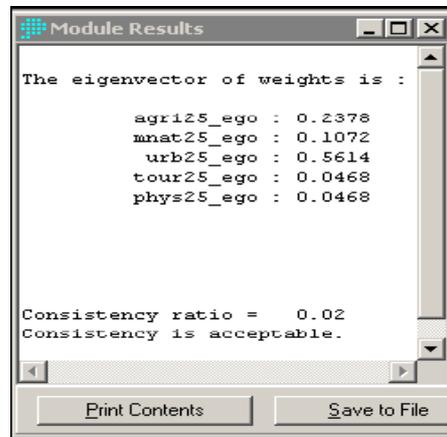


Fig. (A1.2) : Les résultats donnés par le logiciel Expert Choice.

EC qui est un outil idéal pour la prise décision de groupe à l'aide d'un processus cohésif et rigoureux possède plusieurs avantages à savoir :

- Les décisions prises par les différents membres du groupe, qui possède différentes idées peut causer des conflits sur certains sujets. Bien que les membres du groupe veuillent obtenir le même but, ils doivent être plus en commun que d'être en conflit. Ce mode de travail en groupe est basé sur la communication des membres.
- Avec l'usage de l'EC la dominance d'un membre puissant du groupe est éliminée. Les discussions sont plus profitables et l'attention est focalisée sur un sujet spécifique du problème. Tous les membres du groupe participent à la discussion, parce que c'est plus organisé.
- Lors de l'utilisation de l'EC dans une session de travail, une hiérarchie préparée en avance peut être présentée au groupe. Les membres du groupe peuvent faire certains changements dans la hiérarchie préparée en avance ou créer une nouvelle hiérarchie.
Lorsqu'un sujet complexe est divisé en des étapes simples, les membres du groupe se sentent plus en confort. Chaque membre présente ses propres idées et ensuite le groupe coopère pour l'identification de la structure de ce sujet. Ainsi, un accord s'obtient sur les objectives.

—Si durant le processus, les membres du groupe n'obtiennent pas un compromis sur certains jugements, le groupe peut utiliser une technique de vote ou prendre le moyen des

jugements déjà faits. Tous les membres du groupe peuvent être pondérés également ou peuvent avoir de différents poids selon leur position dans le projet. Tous les calculs sont faits automatiquement sur l'écran de l'ordinateur.

Annexe III

Questionnaire

Questionnaire sur le jugement d'expert de la gestion des crises au niveau de la ville de Hassi Messaoud

Ce questionnaire entre dans le cadre d'une recherche au l'Institut d'Hygiene et Securite Industrielle de l'Universite de Batna. Pourt cela, nous vous prions de bien vouloir repondre aux questions en mettant une croix devant la reponse qui correspond le mieux a votre avis.

La vulnérabilité humaine :

Agent sapeurs pompiers, agents d'interventions et agents de l'industrie :

Q1-Pensez- vous que le niveau de sensibilité aux conséquences sur l'enjeu humaine ?

0- 10%

20- 30%

40- 50%

60- 70%

80- 100%

Très Faible

Faible

Moyenne

Important

Très important

La vulnérabilité environnementale :

Agent sapeurs pompiers, agents d'interventions et agents de l'industrie :

Q1-Pensez- vous que le niveau de sensibilité aux conséquences sur l'enjeu environnementale?

0- 10%

20- 30%

40- 50%

60- 70%

80- 100%

Très Faible

Faible

Moyenne

Important

Très important

La vulnérabilité matérielle :

Agent sapeurs pompiers, agents d'interventions et agents de l'industrie :

Q1-Pensez- vous que le niveau de sensibilité aux conséquences sur l'enjeu matériel?

0- 10% 20- 30% 40- 50% 60- 70% 80- 100%

Très Faible

Faible

Moyenne

Important

Très important

Annexe IV

Les autres résultats de la simulation par EC

Les autres résultats de la simulation par le logiciel EC sont démontrés comme suit :

I. La vulnérabilité humaine

I.1. Effet de surpression

I.1.1. Matrice de comparaison de l'impact sanitaire (niveau (3))

La fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de surpression lié à l'impact sanitaire représenté est calculée comme suit :

$$V_{HI}^{op} = 0.366 \times H_1 + 0.278 \times H_2 + 0.222 \times H_3 + 0.124 \times H_4 \quad (\text{Equation (IV.1)})$$

Vul_Hum_Sup.	Vul_H_Sup_H1	Vul_H_Sup_H2	Vul_H_Sup_H3	Vul_H_Sup_H4	MG	P
Vul_H_Sup_H1	1	3	6	5	1,464	0.366
Vul_H_Sup_H2	1/3	1	1/5	1/7	1,112	0.278
Vul_H_Sup_H3	1/6	5	1	1/9	0,888	0.222
Vul_H_Sup_H4	1/5	7	9	1	0,496	0.124
S	51/30	16	96/5	79/63	4	1

Tab. (A IV.1) : Matrice de comparaison de l'impact sanitaire.

I.1.2. Matrice de comparaison de l'impact économique (niveau (3))

La fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de surpression lié à l'impact économique représenté est calculée comme suit :

$$V_{HE}^{op} = 0.404 \times H_1 + 0.340 \times H_2 + 0.139 \times H_3 + 0.117 \times H_4 \quad (\text{Equation (IV.2)})$$

Vul_Hum_Sup.	Vul_H_Sup_H1	Vul_H_Sup_H2	Vul_H_Sup_H3	Vul_H_Sup_H4	MG	P
Vul_H_Sup_H1	1	4	5	3	1,616	0.404
Vul_H_Sup_H2	1/4	1	1/6	1/7	1,36	0.340
Vul_H_Sup_H3	4/5	6	1	1/9	0,556	0.139
Vul_H_Sup_H4	1/3	7	9	1	0,468	0.117
S	107/60	18	91/6	278/63	4	1

Tab. (A IV.2) : Matrice de comparaison de l'impact économique.

I.1.3. Matrice de comparaison de l'impact psychologique (niveau (3))

La fonction de la vulnérabilité humaine liée à l'effet de surpression lié à l'impact psychologique représenté est calculée comme suit :

$$V_{HP}^{op} = 0.150 \times H_1 + 0.368 \times H_2 + 0.282 \times H_3 + 0.200 \times H_4 \quad (\text{Equation (IV.3)})$$

Vul_Hum_Sup.	Vul_H_Sup_H1	Vul_H_Sup_H2	Vul_H_Sup_H3	Vul_H_Sup_H4	MG	P
Vul_H_Sup_H1	1	2	6	4	0,6	0.150
Vul_H_Sup_H2	1/2	1	1/7	1/6	1,472	0.368
Vul_H_Sup_H3	1/6	7	1	1/4	1,128	0.282
Vul_H_Sup_H4	1/4	6	4	1	0,8	0.200
S	46/24	16	78/7	130/24	4	1

Tab. (A IV.3) : Matrice de comparaison de l'impact psychologique.

II. La vulnérabilité environnementale

II.1. Effet de toxicité

II.1.1. Matrice de comparaison de l'impact sanitaire (niveau (3))

La fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de toxicité lié à l'impact sanitaire représenté est calculée comme suit :

$$V_{EI}^{tox} = 0.286 \times E_1 + 0.142 \times E_2 + 0.286 \times E_3 + 0.286 \times E_4 \quad (\text{Equation (IV.4)})$$

Vul_Env_ToX.	Vul_E_ToX_H1	Vul_E_ToX_H2	Vul_E_ToX_H3	Vul_E_ToX_H4	MG	P
Vul_E_ToX_H1	1	4	6	3	1,144	0.286
Vul_E_ToX_H2	1/4	1	1/7	1/9	0,568	0.142
Vul_E_ToX_H3	1/6	7	1	1/8	1,144	0.286
Vul_E_ToX_H4	1/3	9	8	1	1,144	0.286
S	85/72	21	106/105	305/72	4	1

Tab. (A IV.4) : Matrice de comparaison de l'impact sanitaire.

II.1.2. Matrice de comparaison de l'impact économique (niveau (3))

La fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de toxicité lié à l'impact économique représenté est calculée comme suit :

$$V_{EE}^{tox} = 0.340 \times E_1 + 0.140 \times E_2 + 0.239 \times E_3 + 0.280 \times E_4 \quad (\text{Equation (IV.5)})$$

Vul_Env_ToX.	Vul_E_ToX_H1	Vul_E_ToX_H2	Vul_E_ToX_H3	Vul_E_ToX_H4	MG	P
Vul_E_ToX_H1	1	4	3	5	1,36	0.340
Vul_E_ToX_H2	1/4	1	1/7	1/9	0,56	0.140
Vul_E_ToX_H3	1/3	7	1	1/4	0,956	0.239
Vul_E_ToX_H4	1/5	9	4	1	1,12	0.280

S	107/60	21	57/56	229/36	4	1
---	--------	----	-------	--------	---	---

Tab. (A IV.5) : Matrice de comparaison de l'impact économique.

II.1.3. Matrice de comparaison de l'impact psychologique (niveau (3))

La fonction de la vulnérabilité environnementale liée à l'effet de toxicité lié à l'impact psychologique représenté est calculée comme suit :

$$V_{EP}^{tr} = 0.205 \times E_1 + 0.169 \times E_2 + 0.338 \times E_3 + 0.288 \times E_4 \quad (\text{Equation (IV.6)})$$

Vul_Eni_Tox.	Vul_E_Tox_H1	Vul_E_Tox_H2	Vul_E_Tox_H3	Vul_E_Tox_H4	MG	P
Vul_E_Tox_H1	1	4	2	3	0,82	0.205
Vul_E_Tox_H2	1/4	1	1/6	1/9	0,676	0.169
Vul_E_Tox_H3	1/2	6	1	1/5	1,352	0.338
Vul_E_Tox_H4	1/3	9	5	1	1,152	0.288
S	194/45	21	49/6	4	4	1

Tab. (A IV.6) : Matrice de comparaison de l'impact psychologique.

III. La vulnérabilité matérielle

III.1.Effet du flux thermique

III.1.1. Matrice de comparaison de l'impact sanitaire

La fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet du flux thermique lié à l'impact sanitaire représenté est calculée comme suit :

$$V_{MI}^{tr} = 0.246 \times M_1 + 0.298 \times M_2 + 0.210 \times M_3 + 0.246 \times M_4 \quad (\text{Equation (IV.7)})$$

Vul_Env_Th.	Vul_E_Th_H1	Vul_E_Th_H2	Vul_E_Th_H3	Vul_E_Th_H4	MG	P
Vul_E_Th_H1	1	2	6	4	0,984	0.246
Vul_E_Th_H2	1/2	1	1/7	1/3	1,192	0.298
Vul_E_Th_H3	1/6	7	1	1/4	0,84	0.210
Vul_E_Th_H4	1/4	3	4	1	0,984	0.246
S	22/24	13	78/7	67/12	4	1

Tab. (A IV.7) : Matrice de comparaison de l'impact sanitaire.

III.1.2. Matrice de comparaison de l'impact économique

La fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet du flux thermique lié à l'impact économique représenté est calculée comme suit :

$$V_{ME}^{tr} = 0.400 \times M_1 + 0.200 \times M_2 + 0.200 \times M_3 + 0.200 \times M_4 \quad (\text{Equation (IV.8)})$$

Vul_Env_Th.	Vul_E_Th_H1	Vul_E_Th_H2	Vul_E_Th_H3	Vul_E_Th_H4	MG	P
Vul_E_Th_H1	1	3	4	5	1,6	0.400
Vul_E_Th_H2	1/3	1	1/4	1/3	0.8	0.200
Vul_E_Th_H3	1/4	4	1	1/2	0.8	0.200
Vul_E_Th_H4	1/5	3	2	1	0.8	0.200
S	107/60	11	29/4	1	4	1

Tab. (A IV.8) : Matrice de comparaison de l'impact économique.

III.1.3. Matrice de comparaison de l'impact psychologique

La fonction de la vulnérabilité matérielle liée à l'effet du flux thermique lié à l'impact psychologique représenté est calculée comme suit :

$$V_{MP}^{tr} = 0.143 \times M_1 + 0.286 \times M_2 + 0.286 \times M_3 + 0.286 \times M_4 \quad (\text{Equation (IV.9)})$$

Vul_Env_Th.	Vul_E_Th_H1	Vul_E_Th_H2	Vul_E_Th_H3	Vul_E_Th_H4	MG	P
Vul_E_Th_H1	1	4	6	2	0,572	0.143
Vul_E_Th_H2	1/4	1	1/5	1/3	1,144	0.286
Vul_E_Th_H3	1/6	5	1	1/2	1,144	0.286
Vul_E_Th_H4	1/2	3	4	1	1,144	0.286
S	64/36	13	56/5	23/6	4	1

Tab. (A IV.9) : Matrice de comparaison de l'impact psychologique.

Annexe V

L'instruction n° 9985 du 2 Décembre 2003 relative à la réactivation du PAM des zones industrielles.

Textes de référence :

- Lois 04-20 du 25 Décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes dans le cadre de développement durable.
- L'article 13 du décret 85 /231 du 25 aout 1985, fixant les conditions et les modalités d'organisation te de mise en œuvre des interventions et secours en ca de catastrophe.
- L'instruction n° 9985 du 2 Décembre 2003 émanant de monsieur le directeur général de la protection civile relative a la réactivation des plans d'Assistance mutuelles des zones industrielles.

Il a décidé l'élaboration et la mise en application d'un plan d'assistance mutuelle au niveau de la zone de Hassi Messaoud, regroupant l'ensemble des unîtes industrielles.

Article (1) :

Il est crée un bureau de coordination, composé d'un représentant de la sécurité ou de son adjoint des unîtes suivantes, qui sera opérationnel dans la caserne de la protection civile lors du déclenchement de plan d'assistance mutuelle.

- SH/ DP- HASSI MESSAOUD
- ENAFOR
- RTH- HEH
- ENSP
- ENTP
- ENAGEO
- ENGTP
- ENGCB
- NAFTAL- CLP
- NAFTAL- GPL
- NAFTAL- DASC

- SONELGAZ
- SH/ OSL
- SH/ HBK
- PROTECTION CIVILE

Article (2):

Mission et attribution du bureau de coordination:

1. Avant déclenchement du PAM :

- Des réunions périodiques seront tenues au niveau du siège de la protection civile, ou dans l'une des unités composant le PAM.
- Le bureau de coordination planifié et organisé des exercices de simulation.
- Le bureau de la coordination se chargera du suivi des équipements mis à disposition par chaque unité.

2. Durant le déclenchement du PAM :

Des réceptions des alertes donnée par l'unité sinistrée, l'officier de la protection civile en permanence mettra en état l'alerte l'ensemble des unités membres du PAM.

Les moyens de renforts de l'unité de la protection civile transiteront vers la base logistique installée par la protection civile à proximité de l'unité sinistrée ; cette dernière sera gérée par les officiers de la protection civile.

Article (3) :

Chaque entreprise sera désormais appelée unité.

Article (4) :

Par unité, il faut comprendre assistée ou assistante.

Article (5) :

Moyens de communication :

- Chaque unité utilisera ses moyens d'alerte existants.
- Un moyen de communication sera établi entre les unités et le bureau de coordination et ce afin de faciliter la liaison en cas de déclenchement du PAM.

Article (6) :

En fonction de la nature, de l'ampleur du sinistrée et de sa gravité, l'unité assistée est tenue de s'adresser au bureau de coordination qui prendra en charge l'appel et le cheminement des renforts.

Il est créé au sein de l'unité assistée, un poste de commandement qui prendra en charge l'organisation de l'intervention.

Article (7) :

Il est convenu que dans le cadre du déclenchement du PAM, les services de sécurité et les autorités locales seront automatiquement appelés par le bureau de coordination pour :

- Contrôler les accès en collaboration avec le service sécurité de l'unité assistée.

Maintenir l'ordre.

- Procéder à la surveillance des pillards et curieux.
- Escorter et faciliter l'acheminement des blessés.

Article (8) :

Les précisions suivantes seront données par l'unité assistée au bureau de coordination qui les transmettra aux responsables des renforts.

- Le nom de l'unité
- Le lieu précis du sinistre
- Le type du sinistre et son ampleur
- Les besoins sollicités.

Le responsable du bureau de coordination se mettra en contact avec le chef de l'unité assistée ou de l'un de ses assistants désignés.

- La protection civile peut diriger conjointement les opérations.
- La responsabilité juridique reste entière au chef de l'unité sinistrée.

Article (10) :

Les responsables des unités appelés en renfort se feront indiquer ;

Le cheminement à suivre et les éventuels obstacles ou difficultés susceptibles d'être rencontrés.

Leurs missions consisteront au :

- Sauvetage des personnes.
- Attaque du feu.
- Refroidissement
- Evacuation
- Remblai
- Déblai

- Déplacement du matériel, etc.

Article (11) :

Le chef de l'unité assistée prendra conformément a des consignes internes, toutes les dispositions pour faciliter l'intervention des renforts.

- Coupure de courant.
- Mise en routes des pompes fixes
- Et autres,....

Article (12) :

Le chef d'unité sinistrée en concertation avec le responsable de la protection civile décidera de la levée du dispositif PAM.

Article (13) :

Chaque simulation ou intervention majeur sera obligatoirement sanctionnée par une réunion critique au siège de l'unité sinistrée, d'où la remise d'un rapport final a l'ensemble des participants.

Article (14) :

Toutes entreprises désirant faire partie de la composante PAM, doit adressée sa demande au bureau de coordination qui fera l'objet d'une étude.