

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Abbès Laghrour Khenchela  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département d'Ecologie et Environnement

Réf : .... /....

Mémoire de fin d'étude d'un diplôme de  
Master Académique  
Domaine : Science du Nature et de la Vie  
Filière : Ecologie et Environnement  
Spécialité : Ecologie Fondamentale et Appliquée

**Thème**

**Cartographie du risque d'inondation en zone  
semi-aride : cas du bassin versant d'oued  
Meskiana (Oum el Bouaghi – Algérie)**

Présenté par :

- ELHANI Semah
- KACHA Naama

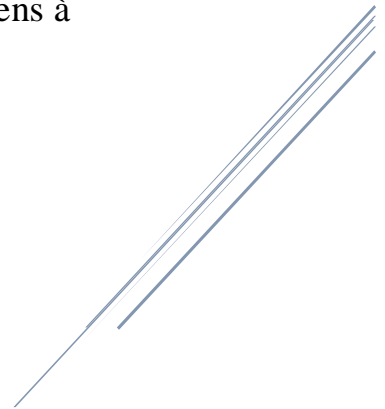
**Devant le jury :**

Président M. HOUHA Belkacem (Professeur, Université Abbès Laghrour Khenchela)  
Promoteur M. BOULABEIZ Mahrez (MCB, Université Abbès Laghrour Khenchela)  
Examineur M. AOUIDANE Laiche (MCB, Université Abbès Laghrour Khenchela)

ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2018 / 2019

La véritable éducation  
consiste à pousser les gens à  
penser par eux même.

Noam Chomsky



## Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le Tout-Puissant, le miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience nécessaire en vue d'accomplir ce modeste travail.

Que tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce mémoire trouvent ici l'expression de notre grande et sincère reconnaissance, et tout particulièrement :

**Mr. BOULABEIZ Mahrez** notre promoteur de mémoire, pour son suivi et ses orientations enrichissantes dès le commencement jusqu'à la mise en forme de ce mémoire.

**Mr. HOUHA Belkacem**, qui nous a fait l'honneur de présider le jury de soutenance.

**Mr. AOUIDANE Laiche**, qui a accepté de participer à ce jury en tant qu'examineur du mémoire.

Nous remercions vivement, **Mr. DIFALLAH Tarak** pour son aide et son soutien, merci infiniment.

Nous remercions chaleureusement tous les enseignants du département d'écologie et environnement de l'université Abbès Laghrour Khenchela.

Enfin, on tient à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail et dont leurs noms ne figurent pas sur cette liste.

## Table des matières

Remerciement.....	i
Dédicace.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des figures.....	vii
Liste des tableaux.....	ix
Liste des abréviations.....	x
Introduction générale.....	1

### Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Introduction.....	3
1 Cadre physique du bassin versant d'oued meskiana.....	3
1.1 Situation administrative.....	3
1.2 Situation géographique.....	3
1.3 Réseau hydrographique.....	4
1.4 Paramètres morphométriques.....	4
1.5 Activités économiques.....	5
2 Végétations.....	5
3 Géologie.....	7
3.1 Description lithologique des formations.....	7
a. Trias.....	8
b. Crétacé.....	8
c. Paléogène.....	10
d. Néogène.....	10
e. Quaternaire.....	11
4 Géomorphologie.....	13
5 Hydrogéologie.....	13
6 Aperçu tectonique.....	13
Conclusion.....	15

### Chapitre II : Etude Climatologique

Introduction.....	16
1 Etude des facteurs climatiques.....	16
1.1 La pluviométrie.....	16
a) Variations moyennes annuelles des précipitations.....	16

b) Variations moyennes mensuelles des précipitations.....	17
1.2 La température.....	17
a) Variations des températures moyennes annuelles.....	17
b) Variations des températures moyennes mensuelles.....	18
2 Caractérisations du climat.....	19
2.1 Diagramme ombrothermique.....	19
2.2 Indice de Martonne.....	20
2.3 Indice d'aridité mensuel.....	21
2.4 Indice de Paul Moral.....	22
2.5 Résultats des indices climatiques.....	22
3 Climagramme de Louis Emberger.....	23
4 Le bilan climatique de la zone d'étude.....	24
Conclusion.....	27

### **Chapitre III : Revue de littérature**

Introduction.....	28
1 Définition.....	28
1.1 Inondation.....	28
2 Types d'inondations.....	28
2.1 Inondations de plaines ou fluviales.....	29
2.2 Inondations par crues torrentielles ou éclair.....	29
2.3 Inondations par ruissèlement en milieu urbain.....	30
2.4 Inondations par remontée de nappe.....	30
2.5 Inondations par rupture d'ouvrage ou d'embâcle.....	31
2.6 Inondations marines.....	32
3 La crue.....	32
3.1 Types des crues.....	33
4 Les causes des inondations.....	34
4.1 Sources du risque d'inondation en Algérie.....	35
5 Le risque d'inondation.....	35
5.1 Aléa.....	36
a) Types d'aléas .....	37
b) Classement des aléas.....	37

5.2 La vulnérabilité.....	39
6 Historiques sur les inondations catastrophiques en Algérie.....	39
7 Impacts socioéconomiques et politiques des inondations.....	43
a) Les impacts socioéconomiques.....	43
b) Les impacts politiques.....	44
8 Apports de la télédétection et les SIG à l'étude du risque d'inondation.....	44
8.1 La télédétection.....	44
8.2 Les Systèmes d'informations géographiques (SIG).....	47
a) Définition.....	47
b) Les Composantes d'un SIG.....	47
c) Caractéristiques d'un SIG.....	48
d) Fonctionnalités du SIG.....	49
Conclusion.....	50

#### **Chapitre IV : Cartographie du risque d'inondation**

Introduction.....	51
1 Approches méthodologique.....	51
1.1 Démarche à suivre.....	53
2 Présentation des logiciels ArcGIS.....	55
2.1 ArcGIS.....	55
2.2 Présentation d'ArcGIS 10.3.....	55
a) ArcMap.....	55
b) ArcToolbox.....	56
c) ArcCatalog.....	56
3 Résultats et discussion.....	57
3.1 Texture du sol.....	57
3.2 La pente.....	59
3.3 Occupation des sols.....	61
3.4 Élévation.....	62
3.5 Densité de drainage.....	63
3.6 Danger d'inondation (Aléa).....	64
3.7 vulnérabilités aux inondations.....	66
a) Occupation des sols.....	66
b) Densité des populations.....	66

3.8 Le risque d'inondation.....	67
Conclusion.....	70
Conclusion générale.....	71
Références bibliographiques.....	73
Annexes.....	77
Résumé.....	79

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Situation géographique du bassin versant d'oued Meskiana.....	4
<b>Figure 2.</b> Lithologie du bassin versant d'oued Meskiana.....	12
<b>Figure 3.</b> Esquisse tectonique de la région de Meskiana.....	14
<b>Figure 4.</b> Évolution des précipitations moyennes annuelles à la station de Meskiana pour la Période (1990-2014).....	16
<b>Figure 5.</b> Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station de Meskiana pour la période (1990-2014).....	17
<b>Figure 6.</b> Évolution des températures moyennes annuelles à la zone d'étude sur la période (1990-2014).....	18
<b>Figure 7.</b> Variation des températures moyennes mensuelles de la zone d'étude sur la période (1990-2014). ....	19
<b>Figure 8.</b> Courbe ombrothermique de la station de Meskiana.....	20
<b>Figure 9.</b> Carte simplifiée de zone bioclimatique de la région de Meskiana (établie d'après Côte M., 1998).....	23
<b>Figure 10.</b> Climagramme d'Emberger de la station de Meskiana.....	24
<b>Figure 11.</b> Représentation graphique du bilan hydrique de la station de Meskiana.....	27
<b>Figure 12.</b> Inondations de plaine.....	29
<b>Figure 13.</b> Inondation par crues torrentielles.....	30
<b>Figure 14.</b> Inondation par ruissèlement en secteur urbain.....	30
<b>Figure 15.</b> Inondation par remontées des nappes phréatiques.....	31
<b>Figure 16.</b> Embâcle sur un torrent.....	32
<b>Figure 17.</b> Mécanisme des crues.....	33
<b>Figure 18.</b> Schéma du risque.....	36
<b>Figure 19.</b> Exemples d'aléas naturels.....	37
<b>Figure 20.</b> Les inondations à adrar.....	40
<b>Figure 21.</b> Les inondations à Boussaâda.....	40
<b>Figure 22.</b> Les inondations à Sidi Bel Abbès.....	41

<b>Figure 23.</b> Les inondations à Bab El Oued.....	41
<b>Figure 24.</b> Les inondations à Ghardaïa.....	42
<b>Figure 25.</b> Les inondations à d'El Bayadh.....	42
<b>Figure 26.</b> Le Système d'information géographique.....	48
<b>Figure 27.</b> Les quatre composantes d'un SIG.....	48
<b>Figure 28.</b> Les étapes de mise en œuvre d'un SIG.....	49
<b>Figure 29.</b> Fonctionnalités d'un SIG.....	50
<b>Figure 30.</b> Risque = F (aléa, vulnérabilité).....	54
<b>Figure 31.</b> Méthodologie utilisée pour l'évaluation du risque d'inondation dans le bassin versant d'oued meskiana.....	54
<b>Figure 32.</b> Fonctionnement d'un ArcGIS.....	55
<b>Figure 33.</b> Structure de l'interface d'ArcMap.....	56
<b>Figure 34.</b> Structure d'ArcToolBox et d'ArcCatalog.....	57
<b>Figure 35.</b> La carte de la texture du sol de la zone d'étude.....	58
<b>Figure 36.</b> La carte de la pente de la zone d'étude.....	60
<b>Figure 37.</b> La carte d'occupation du sol de la zone d'étude.....	62
<b>Figure 38.</b> La carte d'élévation de la zone d'étude.....	63
<b>Figure 39.</b> La carte de la densité de drainage de la zone d'étude.....	64
<b>Figure 40.</b> La carte de danger d'inondation de la zone d'étude.....	65
<b>Figure 41.</b> Répartition des dangers d'inondation (en %) dans la zone d'étude.....	65
<b>Figure 42.</b> La carte de la densité des populations de la zone d'étude.....	67
<b>Figure 43.</b> Schéma explicatif d'établissement de la carte du risque d'inondation.....	68
<b>Figure 44.</b> La carte du risque d'inondation de la zone d'étude.....	69
<b>Figure 45.</b> Répartition des risques d'inondation (en %) dans la zone d'étude.....	70

## Liste des tableaux

N°	Titres	Page
Tableau 1.	Caractéristiques morphométriques du bassin versant d'oued Meskiana.	5
Tableau 2.	La richesse spécifique des espèces végétales à oued meskiana.	6
Tableau 3.	L'abondance des espèces relevées dans oued Meskiana.	6
Tableau 4.	Températures moyennes mensuelles (1990-2014).	18
Tableau 5.	Indices d'aridité mensuels (I) à la station de Meskiana.	21
Tableau 6.	Bilan hydrique à la station de Meskiana, par la méthode de Thornthwaite (1990-2014).	26
Tableau 7.	Critères d'identification des zones à risques.	38
Tableau 8.	Domages tangibles « effets pouvant faire l'objet d'une évaluation monétaire ».	43
Tableau 9.	Domages intangibles « effets difficilement monétarisables en l'état actuel des connaissances ».	44
Tableau 10.	Applications de la télédétection.	46
Tableau 11.	Catégorisation des critères d'appréciation.	52
Tableau 12.	Classification et standardisation des critères utilisées.	53
Tableau 13.	Paramètres utilisés, mode de traitement, sources.	53
Tableau 14.	Pondération des critères utilisés.	68

## **Liste des abréviations**

<b>GIEC</b>	Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
<b>NOAA</b>	National Oceanic and Atmospheric Administration
<b>UNISDR</b>	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
<b>DGPC</b>	Direction générale de La Protection civile
<b>ESRI</b>	Environmental Systems Research Institute
<b>ISDR</b>	International strategy for disaster reduction
<b>SIG</b>	Système d'information géographique
<b>ENVI</b>	Environment for Visualizing Images
<b>MNT</b>	Modèle numérique de terrain
<b>AHP</b>	Analytical Hierarchy Process

---

# *Introduction générale*

---

Les inondations parmi les catastrophes naturelles qui frappent le monde chaque année, les plus fréquentes, les plus dommageables et les plus mortelles. Elles sont la source de près de la moitié des décès occasionnés par les catastrophes naturelles au cours des 50 dernières années, et sont responsables de près du tiers des pertes économiques au niveau mondial (Tanguy, M. 2012). Globalement, il est estimé qu'entre 1980 et 2008, environ 2887 fortes inondations ont eu lieu, affectant plus de 2,8 milliards de personnes pour 6700 morts, soit une centaine de millions de personnes touchées par an en moyenne (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, UNISDR 2010)<sup>1</sup>.

Une augmentation de la fréquence des inondations dans les décennies à venir est prévue, cet accroissement paraît être lié au réchauffement de la planète et au développement anarchique de l'urbanisme en zone inondable dans certains pays en voie de développement (GIEC, 2002).

L'Algérie de sa part est confrontée aux phénomènes de crues et d'inondations qui sont plus fréquents que les séismes. Ces phénomènes provoquent des catastrophes plus destructrices et occasionnent d'importants dégâts humains et matériels. Les exemples de Bab El Oued – Alger en 2001, de Sidi Bel Abbes en 2006, de Ghardaïa en 2008 et El Bayadh en 2011 sont frappant, pour un pays en voie de développement les bilans des dégâts humains et matériels engendrés sont souvent lourds à porter (Bachi, M. 2011).

Dans le cas de la ville de Meskiana, commune à la wilaya d'Oum Bouaghi l'inondation ne peut être qu'aléatoire ou accidentelle lors d'une crue produite par des pluies exceptionnelles, car elle se produit lorsque de l'eau en excès ne peut être évacuée par les voies naturelles (lits mineurs des cours d'eau) ou artificielles prévues à cet effet (réseaux d'évacuation des eaux pluviales).

Dans ce contexte, le bassin versant d'oued Meskiana situé au nord-est de l'Algérie fait partie du grand bassin versant de la Medjerda, il abrite des zones exposées au risque d'inondation. Par ailleurs la fragilité du milieu dans certains lieux qu'on classe vulnérable.

La présente étude a pour but de mettre en place une carte de risque à l'inondation du bassin versant d'oued Meskiana pour une meilleure gestion de catastrophe dans le cas des crues par délimitation des secteurs nécessitant des interventions prioritaires et de préserver l'équilibre de la dynamique environnementale de ses zones semi-arides, hautement fragiles.

---

<sup>1</sup> (<https://www.unisdr.org/>)

Les agglomérations situées au bassin versant d'oued Meskiana s'exposent fréquemment au risque inondation et constituent des zones vulnérables en raison de leurs nombres de populations importantes et leurs positions géographiques situées dans des dépressions qui sont en réalité des champs d'expansion des crues des différents oueds.

Dans cette étude, on ne peut intervenir efficacement que si l'on cerner avec précision ce risque en utilisant les moyens modernes qui sont à notre disposition

La carte de risque à l'inondation dans le bassin versant d'oued Meskiana est réalisée sur la base des cartes de danger et la carte de vulnérabilité à l'inondation suivant une méthode paramétrique multicritère (AHP) dans un environnement SIG sous logiciel ArcGIS 10.3.

La présente étude est scindée en quatre chapitres bien distincts :

- Le premier chapitre porte sur la présentation de la zone d'étude et nous informe sur sa localisation, la géologie du terrain ainsi que la situation actuelle du bassin versant d'oued Meskiana.
- Le deuxième chapitre regroupe une étude des différents paramètres climatiques, tels que le type de climat, l'évolution des précipitations, l'évolution des températures, l'estimation de l'évaporation et le calcul du bilan hydrologique par la méthode de G.W.Thornthwait.
- Le troisième chapitre expose un examen complet de la littérature avec les antécédents théoriques des concepts principaux qui apparaissent dans ce mémoire.
- Le quatrième chapitre présente l'approche méthodologique utilisée pour l'évaluation du risque d'inondation à la plaine de Meskiana à l'aide d'un outil de cartographie (Arc Gis 10.3), les résultats de la modélisation sont présentés sous forme de cartes de danger, de vulnérabilité et du risque d'inondation.
- Enfin une conclusion générale et recommandations de recherche complémentaire dans l'objectif d'affiner de mieux en mieux ces connaissances et de poursuivre la réflexion et le développement de ce travail.

---

***Chapitre I : Description de la  
zone d'étude***

---

### Introduction

L'évaluation du risque d'inondation est nécessaire pour tout projet de construction et d'activité humaine dans une région. L'évaluation du risque d'inondations nécessite une étude détaillée du site.

Ce chapitre est consacré à l'étude des caractéristiques physiques, géomorphologiques, et géologiques de la zone d'étude.

## 1 Cadre physique du bassin versant d'oued meskiana

### 1.1 Situation administrative :

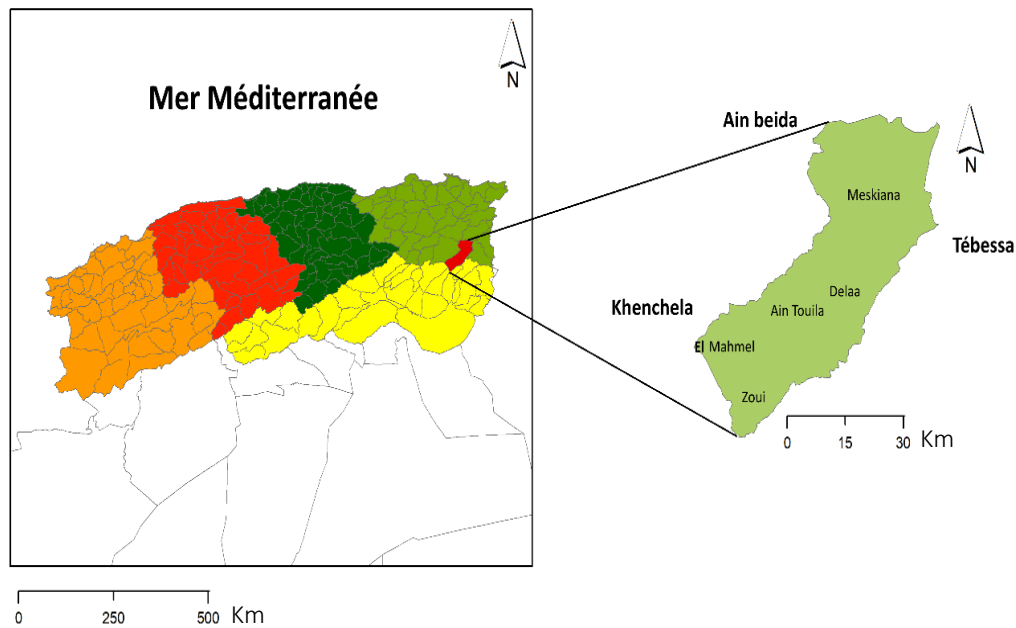
Le bassin versant d'oued Meskiana, dont la partie la plus large se trouve au niveau de la Daïra de Meskiana, elle est limitée par :

- À l'Est par la commune d'Al Hammamet (Wilaya de Tebessa) ;
- À l'Ouest la daïra d'Ain beida (Wilaya D'Oum El Bouaghi) ;
- Au Nord la daria d'Al- Aouinet ;
- Au Sud daïra de Dalâa (vers la wilaya de Khenchla).

### 1.2 Situation géographique :

Sous le code 12 02 le sous bassin d'oued Meskiana s'étendent sur une superficie de 1680 km<sup>2</sup> il se localise au Nord-Est du territoire Algérien, à 80 km de la frontière algéro-tunisienne, et a 65km du chef-lieu de la wilaya (Oum El Bouaghi). Il se situe à mi-chemin entre la méditerranée et le Sahara algérien, et fait partie du bassin Medjerda-Mellègue. (ABH-CSM, 2004). Plusieurs agglomérations y siègent, à savoir Meskiana, Dalâa, El Mahmel, Zoui et Ain Touila, Les limites géographiques du bassin versant d'oued Meskiana sont présentées comme suit :

- Limite Nord : Djebel Mesloulâ, Argoub El Mnachir et Djebel Khannaga ;
- Limite Nord-Ouest : Djebel Chettaya, Djebel Bou Thokhma, et Djebel Ahmar ;
- Limite Nord-Est : Djebel Belkif ;
- Limite Sud-Est : Djebel Gouriguer, Djebel Es Stih, et Djebel Khemalal ;
- Limite Sud-Ouest : Djebel Boutoukhma et Chott Esbikha.



**Figure 1.** Situation géographique du bassin versant d'oued Meskiana.

### 1.3 Réseau hydrographique :

Le bassin versant de Meskiana est traversé par un seul cours d'eau principal, qui est l'oued Meskiana. Il est considéré comme un collecteur des eaux de ruissèlement qui affluent sur ses deux rives. Sur la rive droite, les principaux affluents (temporaires) prenant naissance à partir des montagnes et se déversant dans l'oued Meskiana sont : l'oued Rbâa, l'oued Hmadjra, l'oued Smar El Houd et l'oued El Mallah. Sur la rive gauche, on compte l'oued Djdidia et l'oued Ain Sedjra.

### 1.4 Paramètres morphométriques :

En se basant sur l'assemblage des cartes topographiques au 1/50000 (Dalâa feuille n°204, Meskiana feuille n°177, El Aouinet feuille n°150, Youkous les Bains feuille n°205, F'kirina feuille n°176 et Ain Beida feuille n°149), on a pu délimiter le bassin versant de l'oued Meskiana, dont les caractéristiques morphométriques se résument dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Caractéristiques morphométriques du bassin versant d'oued Meskiana (Gouaidia, L. 2008).

Superficie (km <sup>2</sup> )	Périmètre (km)	Indice de compacité	Dénivelé global (m)	Indice de pente de Roche	Longueur du rectangle équivalent (km)	Largeur du rectangle équivalent (km)
1680	217.25	1.48	440	0.08	89.4	18.85

### 1.5 Activités économiques :

Le bassin versant d'oued Meskiana appartient à un domaine subsaharien, qui bénéficie d'un climat semi-aride à faibles précipitations et par conséquent le développement du couvert végétal est limité. Les agglomérations n'ont été dotées d'aucune infrastructure industrielle, à l'exception d'une usine de laines et textiles actuellement à l'arrêt, alors que l'agriculture et l'élevage se sont bien développés. En effet, cette région appartient, agroécologiquement, aux hautes plaines intérieures orientales céréalières, qui ont des microclimats généralement contraignants (hiver froid à très froid, été chaud à très chaud et sec). La pluviosité est généralement limitée et l'eau constitue l'élément clé du système de culture mis en place. Durant les années pluvieuses où l'eau d'irrigation est disponible, on rencontre les cultures maraichères, les cultures fourragères et les céréales avec un assolement biennal et parfois triennal, alors que durant les années de sécheresse, les cultures maraichères et fourragères seront réduites et on se contente des céréales pour seulement équilibrer les revenus des agriculteurs (Gouaidia, L. 2008).

## 2 Végétations

La végétation joue un rôle important dans la protection du sol, cette relation directe se manifeste par la diminution de l'action érosive des eaux. D'autre part, la végétation dont l'action est assez complexe intervient d'une façon efficace sur des paramètres climatiques tel que : Le bilan hydrique à travers l'évapotranspiration et aussi l'infiltration. Son rôle est encore plus essentiel et important surtout dans les régions de forte déclivité, atténuant la violence des crues de manière que le couvert végétal protégé le sol contre l'érosion et limite le transport solide.

## Chapitre I : Description de la zone d'étude

### ▪ Caractéristiques de la végétation existante :

La végétation naturelle de la zone d'étude se caractérise par des espèces qui s'adaptent aux conditions pédoclimatiques de la région. Les différentes espèces qui la composent correspondent à l'étage semi-aride.

**Tableau 2.** La richesse spécifique des espèces végétales à oued meskiana (Benboudriou N., Maameri K. 2017)

Station	Amont	Milieu	Aval
Nombre des espèces trouvées	21	20	22

**Tableau 3.** L'abondance des espèces relevées dans oued Meskiana (Benboudriou N., Maameri K. 2017)

Espèce	Abondance		
	S1	S2	S3
<i>Abagallis arvensis</i>	0	8.19	0
<i>Trifolium repens</i>	0	4.91	0
<i>Cnidium monnieri</i>	0	7.46	3.05
<i>Hordeum murinum</i>	5.75	7.1	7.86
<i>Taraxacum mongolicum</i>	0	5.1	4.36
<i>Mentha canadensis</i>	0	6.55	9.6
<i>Centaurea calcitrapa</i>	1.99	1.63	0
<i>Matricaria chamomilla</i>	5.75	8.74	4.36
<i>Cirsium arvense</i>	0.88	4.37	0.87
<i>Malva sylvestris</i>	1.76	8.01	5.67
<i>Lagopsis supina</i>	4.42	5.46	2.62
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	9.51	0	3.49
<i>Kochia scoparia</i>	0	0.72	0
<i>Verbascum thapsus</i>	0	0	0
<i>Silybum marianum</i>	6.41	6.19	0
<i>Echium vulgare</i>	0	2.18	3.49
<i>Lathyrus davidii</i>	0	6.92	0.87
<i>Medicago lupulina</i>	0	6.37	0
<i>Coriandrum sativum</i>	0	3.82	0
<i>Onopordum acanthium</i>	6.19	1.092	4.36
<i>Peganum harmala</i>	7.96	0	6.55
<i>Artemisia capillaris</i>	7.96	0	11.35
<i>Eschscholzia californica</i>	0.44	0	0
<i>Sinapis avensis</i>	0	3.46	0.87
<i>Redstem filaree</i>	8.84	0	3.93
<i>Papaver rhoeas</i>	2.21	1.63	2.62
<i>Cynoglossum officinale</i>	0.44	0	1.31
<i>Portulaca pilosa</i>	0.22	0	0

Sedum lineare	3.09	0	0
Ammopiptanthus mongolicus	0.88	0	3.49
Artemisia herba-alba	10.17	0	5.24
Salicornia arbica	0	0	11.79
Totale	15.04	0	2.18

Les espèces végétales les plus abondantes dans les trois stations sont :

La première station (Amont) : *Artemisia herba Alba* et *Plantago ovata*.

La deuxième station (Milieu) : *Matricaria chamomilla* et *Malva sylvestris*.

La troisième station (Aval) : *Salicornia arbica* et *Artemisia capillari* (Benboudriou N., Maameri Kh. 2017).

### 3 Géologie

L'origine de la diversité des milieux topographiques se trouve dans la constitution géologique et structurale. Le soulèvement des reliefs et l'affaissement des dépressions sont engendrés par les différents mouvements tectoniques, ce qui indique un changement dans la dynamique de l'écoulement (Belloula, M. 2008).

La lithologie joue aussi un rôle très important sur le ruissèlement, l'infiltration, l'érosion et le transport solide. Les matériaux géologiques se distinguent en formations meubles (sables, argiles, marnes) ou en formations consolidées (grès, calcaires, dolomies).

La nature des Affleurements à une influence sur l'hydrologie de surface et le type du dépôt alluvionnaire. C'est pour cela, que nous allons présenter brièvement quelques caractéristiques de la géologie du secteur d'étude.

#### 3.1 Description lithologique des formations :

Deux grands ensembles représentent la lithostratigraphie du bassin de Meskiana :

- Le premier est constitué essentiellement par les formations crétacées et tertiaires qui affleurent dans les bordures ;
- Le second est formé en général, par un recouvrement Mio-Plio-Quaternaire qui se dépose dans la plaine.

Ces deux ensembles constituent une série stratigraphique complète que nous allons décrire ci- après :

### a. Le Trias

Sont représentés par des masses chaotiques sans stratification, dans lesquelles divers éléments sont reconnaissables tels que des cargneules jaunâtres, des dolomies noires, des calcaires, des gypses marneux et fibreux. Tous ces éléments sont couverts par des argilites vertes, marquant ainsi le Trias du Constantinois. Ces roches triasiques forment des diapirs, qui sont partout en contact anormal avec les couches plus récentes (Gouaidia, L. 2008).

### b. Crétacé

#### ○ Aptien :

Les formations aptiennes comprennent deux faciès :

- Le faciès des marno-calcaro-gréseux : comprends des marnes jaunâtres et verdâtres, des calcaires gris à orbitolines et des grès quartzeux jaunes.
- Le faciès des calcaires récifaux : comprend des calcaires gris à grains fins, des calcaires à Huîtres, des calcaires à orbitolines, des calcaires coralliaires, des calcaires bréchiques, des calcaires oolithiques et des dolomies. La puissance des calcaires récifaux est de 10 m à 180 m. Les fossiles les plus rencontrés dans l'Aptien sont les huîtres, divers lamellibranches, des gastéropodes, des ammonites et des coraux.

#### ○ Albien et Cénomaniens inférieurs :

Ces formations sont représentées par des calcaires noirs en plaquettes renfermant de nombreuses bélemnites et des intercalations de marnes argileuses gris foncé à noires.

#### ○ Cénomaniens moyens et supérieurs :

Cet étage se présente à la limite Nord-Est de la plaine, sous forme d'une série très puissante dont l'épaisseur varie de 600 m à 1000 m. Cette série est formée de marnes argileuses gris verdâtre et jaunâtres à plaquettes de calcite fibreuse. Elle comprend également des intercalations de marnes grises et gris claires et des marno-calcaires. Les plaquettes de calcite ont des empreintes d'oursins, et d'inocérames à leur surface.

### ○ **Turonien :**

Il est représenté par :

- Turonien basal : sont formés d'une série épaisse de marnes grises, des marnes calcaires en plaquettes, des marno-calcaires, des calcaires marneux brunâtres avec une épaisseur pouvant atteindre 270 m. Dans les marnes calcaires et les calcaires marneux, de nombreuses empreintes d'inocérames ont été déterminées. Les marnes argileuses renferment de grosses globigérines.
- Turonien moyen et supérieur : sont représentés par des marnes beiges à grises, qui alternent avec des calcaires zoogènes noduleux.

### ○ **Emschérien :**

Le long des bordures Est et Ouest de la plaine, l'Emschérien se présente sous forme d'une épaisse assise de marnes argileuses verdâtres à calcite fibreuse et des intercalations de marnes grises et de calcaires marneux.

### ○ **Campanien :**

- Le Campanien inférieur : Le sommet du Campanien inférieur est représenté par une unité lithologique la plus caractéristique et la plus marquante du Campanien, qui se compose de calcaires crayeux gris et biomicrites, bien stratifiée avec de nombreuses intercalations de marnes. Des empreintes d'inocérames sont renfermées dans ces calcaires et ces marnes. Les couches constituant le sommet du Campanien inférieur ont une épaisseur qui varie entre 45 m et 100 m.
- Le Campanien supérieur : Ces dernières sont surmontées par une série d'environ 130 m d'épaisseur constituée de marnes argileuses gris verdâtre.

### ○ **Maestrichtien :**

Ces calcaires sont gris clair, crayeux, stratifiés et contiennent assez souvent des rognons et des intercalations de silex.

- Le Maestrichtien inférieur : est marqué par une dominance marneuse, ce sont des marnes gris-beige, suivies de marnes beiges et de biomicrites argileuses, en bancs décimétriques. La série ne dépasse pas 40 m d'épaisseur.
- Le Maestrichtien supérieur : est représenté par une formation calcaire de 40 m de biomicrosparites grises surmontées par 40 m de biomicrites (Gouaidia, L. 2008).

### c. Paléogène

#### ○ Paléocène :

Il est représenté par une série de 50 m de puissance, constituée de marnes gris foncé qui sont parfois argileuses.

#### ○ Éocène :

Il a été reconnu sur les flancs Est et Ouest du vaste anticlinal de Meskiana, notamment à Djebel Gourigueur et au synclinal de Ain Dalâa. Il est caractérisé par :

- Des formations montiennes : constituant la base de l'Éocène, se composant de marnes gris verdâtres.
- Des formations thanétio-yprésiennes : qui se dispose au-dessus des formations précédentes. Elles se composent d'alternances de marnes gris beige et de biomicrites finement gréseuses et noduleuses et en bancs décimétriques. Ces dernières sont surmontées par des alternances de micrites blanchâtres à nodules phosphatés et de biomicrites interclastiques en bancs métriques ou décimétriques à grains phosphatés et renferment des gastéropodes et des lumachelles. L'épaisseur des couches thanétio-yprésienne est d'environ 200 m (Gouaidia, L. 2008).

### d. Néogène.

#### ○ Miocène :

Les affleurements du Miocène sont de dimensions réduites et se répartissent dans la partie Nord de la plaine.

- Le Miocène inférieur : est représenté par des conglomérats avec des galets de calcaires maestrichtiens à ciment sableux. Dans ce ciment, il y a de nombreuses coquilles d'huitres.
- Le Miocène supérieur : Il est marqué par une série de couches épaisses, constituées de grès quartzeux mal cimenté à grains grossiers. Ces dernières se trouvent en discordance avec les couches santoniennes, campaniennes et maestrichtiennes.

### e. Quaternaire

#### ○ **Villafranchien :**

L'aspect le plus fréquemment rencontré est celui des croutes calcaires massives et blanches. Ces formations perchées par rapport aux surfaces précédentes sont faciles à repérer, ces faciès représentent habituellement le Villafranchien.

#### ○ **Glacis polygéniques nappant les reliefs :**

Ces glacis s'étendent sur de grandes surfaces de la plaine en pente douce, ils recouvrent le cycle antérieur de glacis, qui est facile à reconnaître, car il est constitué de croutes calcaires massives.

#### ○ **Alluvions actuelles et récentes :**

Ces alluvions ont une extension limitée à la vallée de Meskiana. Elles sont constituées de limons fins, de sables fins, de graviers et d'alluvions argileuses qui se déposent des deux côtés de l'Oued Meskiana (Gouaidia, L. 2008).

Les différentes formations géologiques du bassin de Meskiana se résument dans la (Figure 2.).

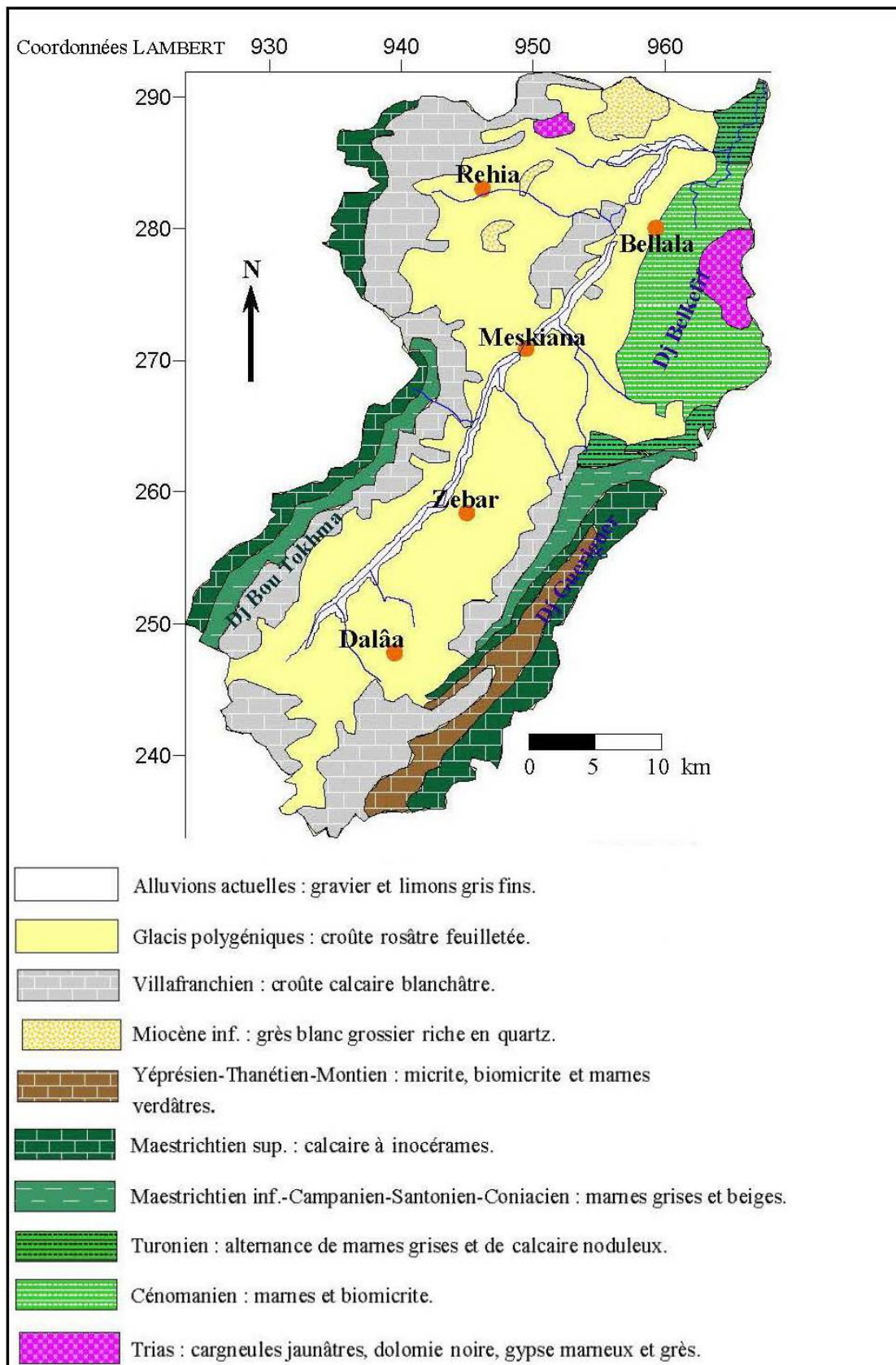


Figure 2. Lithologie du bassin versant d'oued Meskiana (Vila, J.M. 1980).

### 4 Géomorphologie

La géomorphologie est caractérisée par l'existence :

- Des massifs de bordures limitant le bassin versant ;
- D'une vallée se situant en bordure Nord d'un anticlinal crétacé, dont le cœur est constitué de calcaires aptiens. Au Nord-Est de ladite vallée, le Trias apparaît en diapirs, en recoupant les marnes cénomaniennes et les marno-calcaires turoniens. Un recouvrement alluvial s'étale au niveau de l'axe de l'anticlinal, alors que les éboulis recouvrent les superficies aux pieds des reliefs.

### 5 Hydrogéologie

Le type de formations géologiques qui affleurent dans le bassin versant à une influence sur la répartition des écoulements superficiels. En effet, un bassin formé de matériaux très perméables. Par ailleurs, un bassin formé de roche imperméable, mais meuble et érodable, comme des marnes et des argiles, avec une végétation moyenne, présente souvent une densité de drainage élevée, ce qui favorise le ruissèlement.

Le bassin versant d'oued Meskiana est caractérisé par :

- Un complexe formé de marnes de gypse et de sel en profondeur et qui affleurent en certains endroits.
- Des calcaires récifaux massifs.
- Une série marneuse.

La présence de sel et de gypse se comporte comme un terrain perméable dans lequel les eaux circulent en s'enrichissant des sels dissouts qui les rendent impropres à la consommation. Les calcaires massifs de l'Aptien sont très fissurés en affleurement et permettent une bonne circulation des eaux souterraines, par contre la série marneuse est imperméable et les eaux pluviales ruissèlent et s'évaporent après avoir effectué d'importants et profonds ravinements et érosions.

### 6 Aperçu tectonique

La zone d'étude est dominée par les plissements anté-miocène de direction générale Sud-Ouest Nord-Est. Alignés sur des axes anticlinaux de cette direction, les calcaires récifaux Aptiens forment d'imposants massifs dominant la platitude des étendues marneuses. Les massifs aptiens sont crevés et disloqués par d'importantes remontées

gypseuses du trias diapirique qui ont commencé avec les premiers plissements, des mouvements de direction orthogonales aux plissements, postérieurs à eux, mais encore antémocène, ont donné des failles et des lignes de fractures orientées Sud-Est Nord-Ouest. Ces fractures, alliées aux mouvements du Trias, ont eu pour conséquence le soulèvement actuel et général de la région par la mise en relief des formations continentales quaternaires et le creusement actuel des lits des Oueds (Belloula, M. 2008).

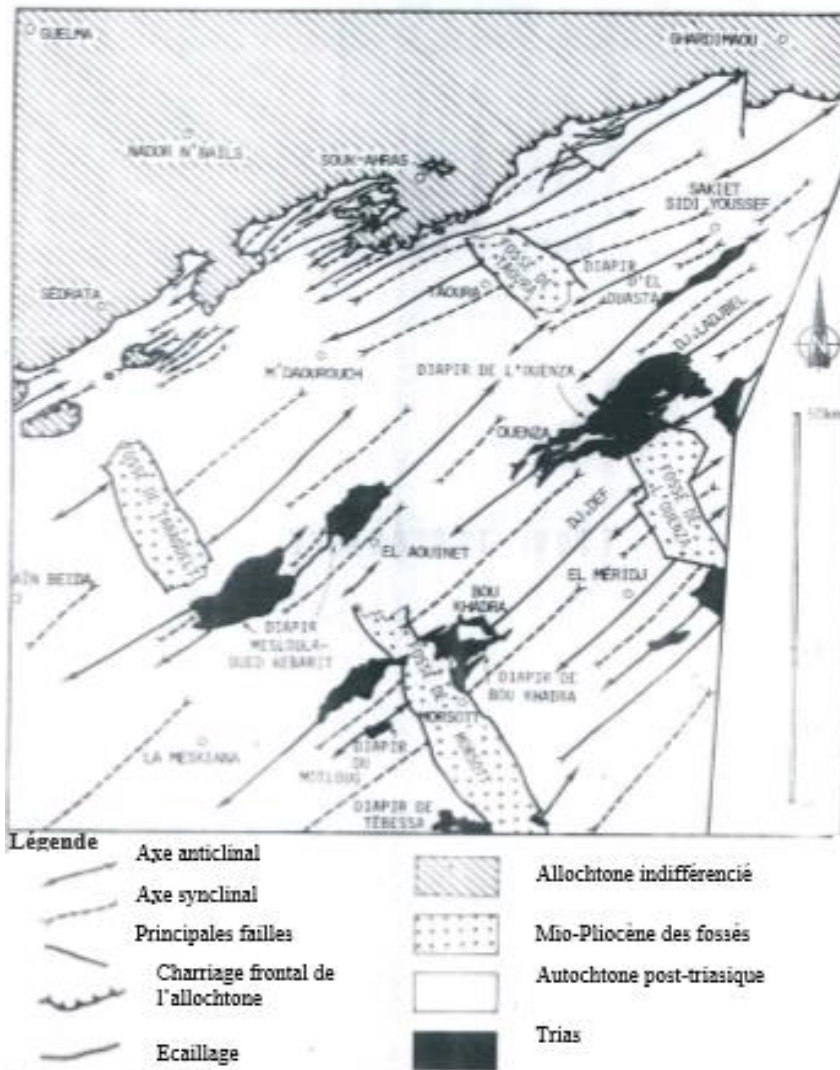


Figure 3. Esquisse tectonique de la région de Meskiana (Vila, J.M. 1980).

### **Conclusion :**

La structure géologique de la zone d'étude se caractérise par des structures anticlinales, accompagnées d'une série de failles de direction orthogonale affectant les formations crétacées.

Du point de vue lithologique de formations géologiques le bassin versant d'oued Meskiana se caractérise par un complexe formé de marnes de gypse et de sel en profondeur et qui affleurent en certains endroits, des calcaires récifaux massifs et d'une série marneuse répartie sur plusieurs ères géologiques allant du trias jusqu'aux quaternaires.

---

***Chapitre II : Etude  
Climatologique***

---

### Introduction

Le bassin versant d'oued Meskiana se situe au Nord-Est du territoire algérien, se localisant à mi-chemin entre la Méditerranée et le début du domaine saharien, ce qui lui confère un climat se caractérisant par un régime climatique aride et semi-aride.

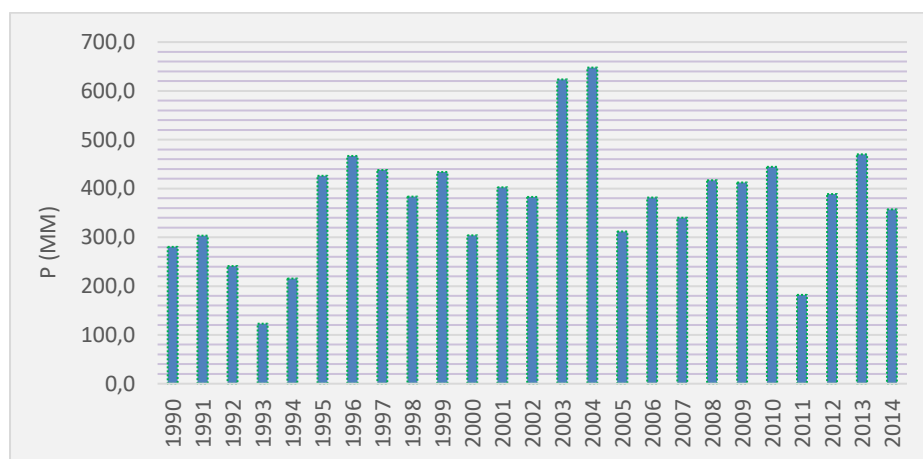
### 1 Etude des facteurs climatiques

#### 1.1 La pluviométrie

Les précipitations représentent toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la Terre sous forme liquide ou solide. L'analyse de leurs caractéristiques constitue le point de départ pour toute étude des ressources en eau (aménagement de bassins versants, irrigation, drainage, assainissement). Elles sont caractérisées par une grande variabilité dans l'espace et dans le temps, aussi bien à l'échelle annuelle qu'à celle d'un événement pluvieux (Ramade, F. 1984).

##### a) Variations moyennes annuelles des précipitations :

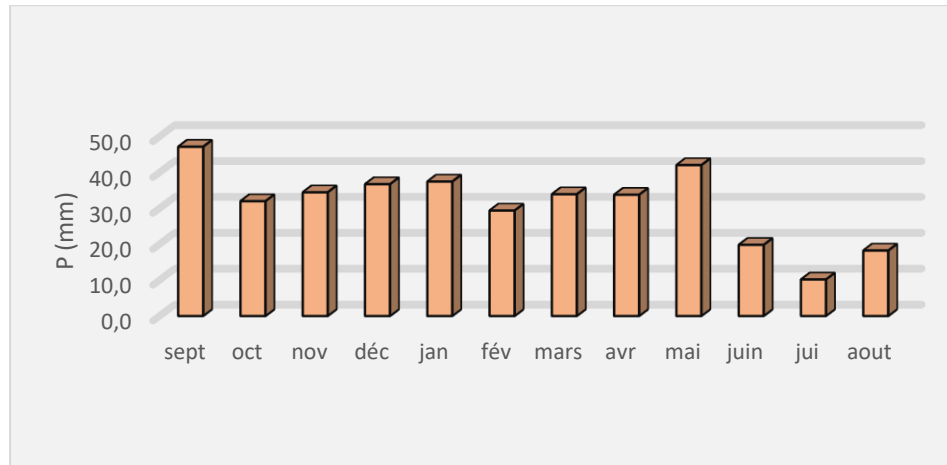
L'analyse de la courbe des variations annuelles des précipitations, sur une période de 24 ans (1990-2014), montre que l'année 2004 est la plus arrosée avec 647 mm et l'année 1993 est la plus sèche avec 123 mm, notons que les précipitations moyennes annuelles s'évaluent à 375 mm (Figure 4.).



**Figure 4.** Histogramme d'évolution des précipitations moyennes annuelles à la station de Meskiana pour la Période (1990-2014).

### b) Variations moyennes mensuelles des précipitations :

La courbe des variations des moyennes mensuelles des précipitations, sur une période de 24 ans (1990-2014), montre que le mois de septembre est le plus pluvieux, avec 47 mm, alors que le mois de juillet est le plus sec, avec 10 mm (Figure 5.).



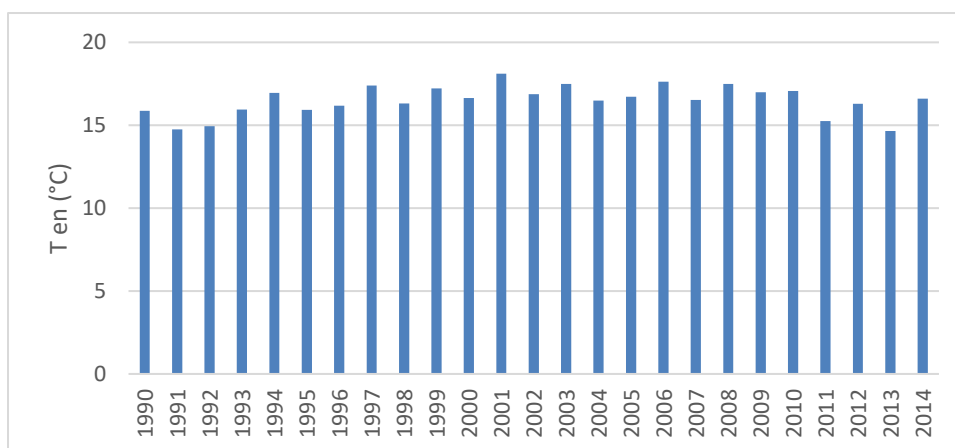
**Figure 5.** Histogramme de variation des précipitations moyennes mensuelles à la station de Meskiana pour la période (1990-2014).

### 1.2 La température

Le paramètre de la température est indispensable à la climatologie, vu qu'il rend compte de son apport d'énergie à la végétation, de son pouvoir évaporateur qu'il exerce sur les surfaces mouillées et enfin, qu'il est à l'origine du bon fonctionnement du cycle de l'eau. La température est l'un des éléments importants pour la caractérisation du climat (Ramade, F. 1984).

#### a) Variations des températures moyennes annuelles :

La représentation graphique des températures moyennes annuelles est montrée dans la (Figure 6.), sur une période de 24 ans (1990-2014) montre les années les plus chaudes qui sont les années 2001 et 2006 avec des moyennes de 18 °C, et les années les plus froides qui sont les années 1991, 1992, 2011 avec une moyenne de 15 °C. Notons que la Température moyenne annuelle est de l'ordre de 16,5°C.



**Figure 6.** Histogramme d'évolution des températures moyennes annuelles à la zone d'étude sur la période (1990-2014).

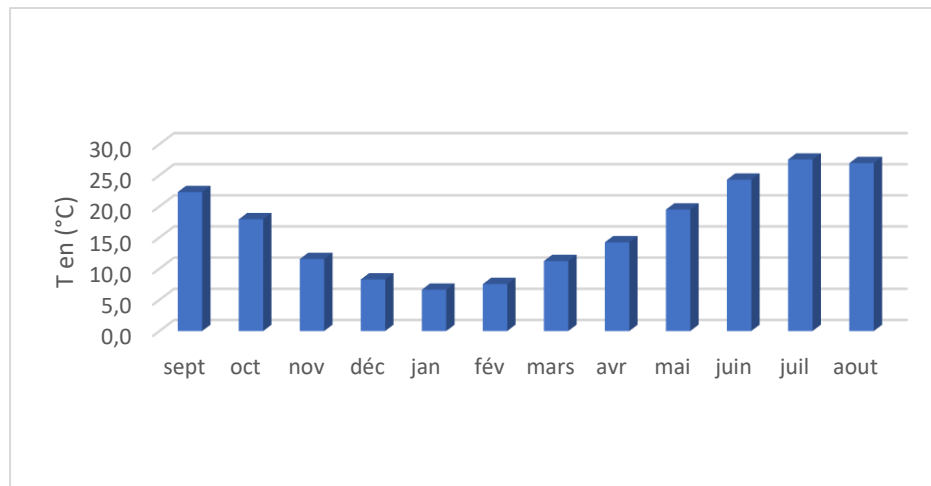
**b) Variations des températures moyennes mensuelles**

L'analyse de la courbe de variation de la température moyenne mensuelle, sur une période de 24 ans (1990-2014), montre que les valeurs les plus élevées sont observées pendant l'été (juin, juillet, aout) avec des températures allant de 24,3 à 27°C. Les valeurs les plus basses, qui varient de 6,6 à 8,3°C, sont observées durant la période hivernale (décembre, janvier, février), avec un minimum pendant le mois de janvier (6,6°C) et un maximum pendant le mois d'aout (27 °C).

**Tableau 4.** Températures moyennes mensuelles (1990-2014).

Mois	sept	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	aout
T en (°C)	22,3	17,9	11,5	8,3	6,6	7,5	11,2	14,2	19,5	24,3	27,5	27

La présentation graphique des données de (tableau 4.) est donnée dans la figure 7. ci-dessous :



**Figure 7.** Histogramme de variation des températures moyennes mensuelles de la zone d'étude sur la période (1990-2014).

## 2 Caractérisations du climat :

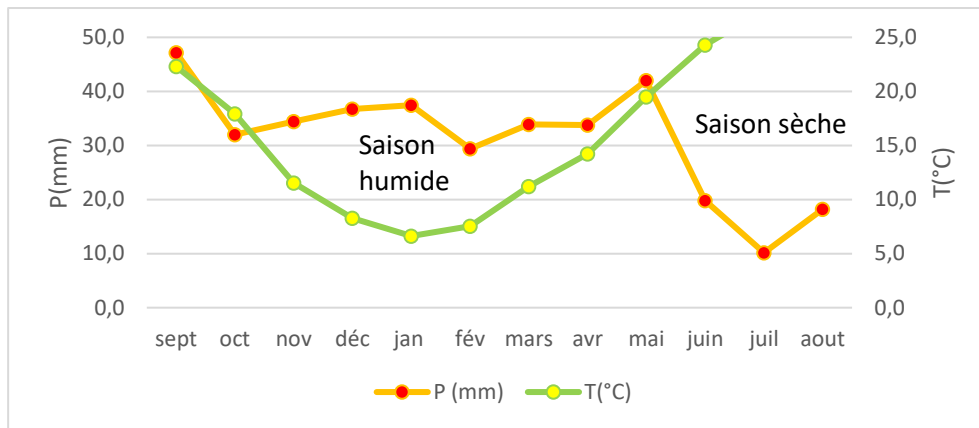
La caractérisation du climat d'une zone donnée à l'aide d'indices ou de diagrammes permet de comparer les climats d'une région à l'autre. Ils prennent généralement en compte l'offre pluviométrique, la demande évaporative et les températures (Gouaidia, L. 2008).

### 2.1 Diagramme ombrothermique :

La superposition de la courbe de précipitation et de la température mensuelle dans un même graphe nous conduit à l'établissement d'un diagramme qu'on l'appelle ombrothermique (Figure 8.) Les échelles prises en ordonnées sont telles que  $1^{\circ}$  correspond à 2 mm de précipitation, mis au point par Gaussen et Bagnouls qui considèrent que la période sèche est celle où la courbe des températures passe au-dessus de la courbe des précipitations, et la période humide dans le cas inverse.

Le diagramme relatif à la station de Meskiana met en évidence deux périodes bien distinctes :

- Le premier humide débute au mois de novembre et se termine au mois de mai, durant cette période la pluviosité connaît deux épisodes pluvieux, la première au mois de novembre et la seconde commence au mois de février ;
- La deuxième est sèche et s'étale du mois de juin jusqu'au mois d'octobre.



**Figure 8.** Courbe ombrothermique de la station de Meskiana.

## 2.2 Indice de Martonne

Pour la détermination du type de climat, Martonne (1925) a proposé une formule climatologique appelée indice d'aridité, cet indice est fonction des températures moyennes annuelles en (°C) et des précipitations moyennes annuelles en (mm) ; il est calculé par la relation suivants :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

I : indice d'aridité

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

T : températures moyennes annuelles en °C

Application : P = 375 mm T = 16,5 °C

$$I = 14,15$$

Suivant les valeurs de (I), de Martonne a établi la classification suivante :

$I < 5$  : climat hyperaride

$5 < I < 7,5$  : climat désertique

$7,5 < I < 10$  : climat steppique

$10 < I < 20$  : climat semi-aride

$20 < I < 30$  : climat tempéré

D'après la valeur de l'indice d'aridité, la région meskiana est caractérisée par un climat semi-aride.

### 2.3 Indice d'aridité mensuel :

Cet indice dépend essentiellement des précipitations moyennes mensuelles en millimètre et de la température moyenne annuelle en degré Celsius. On peut calculer cet indice à partir de la formule de de Martonne suivante :

$$I = \frac{12 \cdot P}{T^{\circ} + 10}$$

I : Indice d'aridité mensuel

P : Précipitations moyennes mensuelles en mm

T° : Température moyenne mensuelle en °C.

L'application de cette formule a permis de dresser le tableau suivant :

**Tableau 5.** Indices d'aridité mensuels (I) à la station de Meskiana.

Moins	I	Étage bioclimatique
Septembre	17,49	Semi-aride
Octobre	13,76	Semi-aride
Novembre	19,25	Semi-aride
Décembre	24,06	Tempéré
Janvier	27,10	Tempéré
Février	20,16	Semi-aride
Mars	19,18	Semi-aride
Avril	16,76	Semi-aride
Mai	17,08	Semi-aride
Juin	6,92	Désertique
Juillet	3,26	Hyperaride
Aout	5,90	Désertique

Selon la classification précédente par de Martonne, les mois de septembre, octobre, novembre, février, mars, avril et, mai présentent un climat semi-aride. Les mois de décembre et janvier ont un climat tempéré. Les mois de juin, et aout sont caractérisés par un climat désertique, alors que le mois de juillet devient hyperaride.

### 2.4 Indice de Paul Moral :

Les résultats précédents sont confirmés par l'indice pluviométrique de Moral (IM), qui utilise aussi la hauteur annuelle des précipitations en (mm) et les températures moyennes annuelles en (°C).

Cet indice permet de dire :

Si  $IM < 1$  on a climat sec.

Si  $IM > 1$  on a climat humide.

$$IM = \frac{P}{T^2 - 10T + 200}$$

L'application numérique donne les résultats suivants :

$$P = 375 \text{ mm}, \quad T = 16.5 \text{ }^\circ\text{C}, \quad IM = 1.22$$

Le climat du bassin versant d'oued Meskiana est à la limite sec-humide, c'est-à-dire qu'il peut être considéré de type semi-aride.

### 2.5 Résultats des indices climatiques :

À partir d'application des indices précédents on constate que, toutes ces méthodes ont qualifié le climat du bassin versant d'oued Meskiana comme étant semi-aride, ce qui est en conformité avec la carte des étages bioclimatiques, établie par M. Côte en 1998 (figure 9.).

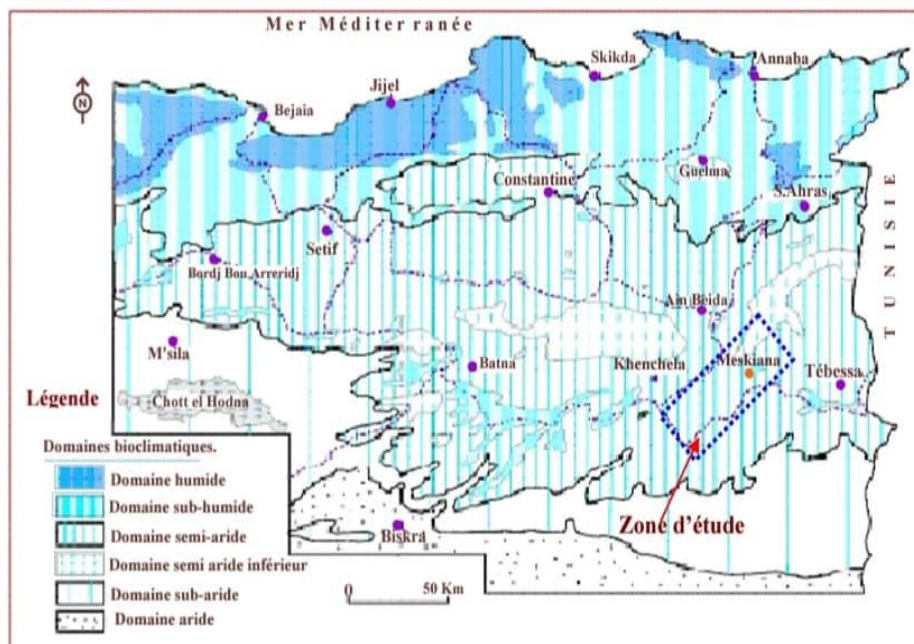


Figure 9. Carte simplifiée de zone bioclimatique de la région de Meskianna (Côte, M. 1998).

### 3 Climagramme de Louis Emberger

Le Climagramme d'Emberger a été préconisé (1939) par un botaniste du nom de Louis Emberger afin de permettre l'étude du climat méditerranéen. Pour cela il faut déterminer le quotient pluviométrique d'Emberger (Q) étant un coefficient spécifique au climat méditerranéen qui permet de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique.

Le quotient pluviométrique est en fonction des précipitations annuelles, la moyenne des maximas de température du mois le plus chaud et la moyenne des minimas des températures du mois le plus froid ; il est donné par la formule suivante :

$$Q2 = \frac{P}{\frac{(M + m)(M - m)}{2}} \times 1000$$

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (degrés/Kelvin)

m : moyenne des minima du mois le plus froid (degrés/Kelvin)

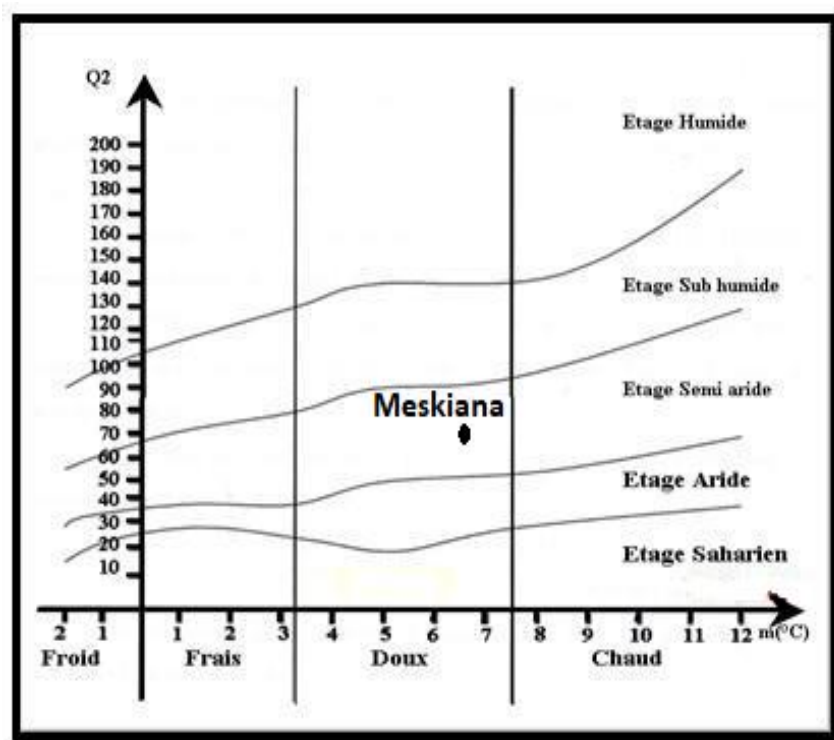
L'application numérique donne les résultats suivants :

P = 375 mm M= 300,65 °K m = 279,75 °K Ce qui donne : Q 2 = 61,18

Sur le Climagramme, la station concernée est positionnée d'après les coordonnées suivantes :

- En abscisse  $m$  (minimal en  $^{\circ}\text{C}$  du mois le plus froid ( $m= 6,6^{\circ}\text{C}$ ),
- En ordonner le quotient d'Emberger.

Pour la station de Meskiana sur une période de 24 ans (1990-2014),  $Q$  est évalué à 61,18, d'après le dit diagramme (Figure 10.) on peut dire que le climat de Meskiana est de type semi-aride.



**Figure 10.** Climagramme d'Emberger de la station de Meskiana.

#### 4 Le bilan climatique de la zone d'étude

##### 4.1 L'évapotranspiration :

Par définition, le terme évapotranspiration désigne la quantité d'eau rejetée dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau par évaporation directe à partir du sol et par transpiration des organes aériens des plantes. On distingue :

- Une évapotranspiration potentielle ETP.
- Une évapotranspiration réelle ETR.

### a) Estimation de L'ETP :

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité d'eau évaporée par un stock d'eau libre.

Actuellement plusieurs formules sont proposées pour estimer l'évapotranspiration potentielle, qui se base pour leurs estimations en grande partie sur les données climatiques.

Les formules les plus utilisées et retenues pour calculer l'ETP et l'ETR, sont celle de Thornthwaite, de Turc, de Coutagne et de Penman (Laborde, J. P. 2003).

- **Méthode de Thornthwaite :**

L'agronome américain GW. Thornthwaite proposa en 1948 une expression pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle en tenant compte seulement de la température mensuelle. Le développement de cette expression donne la formule suivante :

$$ETP = 16(10T/I)a$$

ETP : évapotranspiration potentielle en (mm)

T : température moyenne du mois en (°C)

$$I = \sum i \quad \text{et} \quad i = (t/5)^{1.514}$$

a : indice calculé à partir de la formule suivante :  $a = (1.6.I/100) + 0.5$

### b) Estimation de L'ETR :

L'évapotranspiration réelle (ETR) est la quantité d'eau évaporée par le sol et la végétation, elle tient compte de la lame d'eau de la surface évaporant. Celle-ci est inférieure ou égale à l'ETP qui correspond à une restitution hydrique maximale à l'atmosphère.

Ce paramètre est calculé par plusieurs méthodes, parmi lesquelles nous pouvons citer :

- **Méthode de Turc :**

$$ETR = P / [0.9 + (P^2/L^2)]^{1/2}$$

Où

ETR : l'évapotranspiration réelle en (mm) ;

P : la précipitation annuelle en (mm) ;

## Chapitre II : Etude Climatologique

L : un paramètre calculé en fonction de la température selon la formule :

$$L=300+25T+0.05T^3$$

T : température moyenne annuelle en C°

$$P=375\text{mm}$$

$$T=16.5\text{C}^\circ$$

$$L=937.$$

On a donc un ETR de 364.08 mm

### 4.2 le bilan hydrique par la méthode de Thornthwaite :

Cette méthode est utilisée pour les climats subhumides et semi-arides, ce qui convient à la région de Meskiana, vu les caractéristiques de son climat. Elle est basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (RFU).

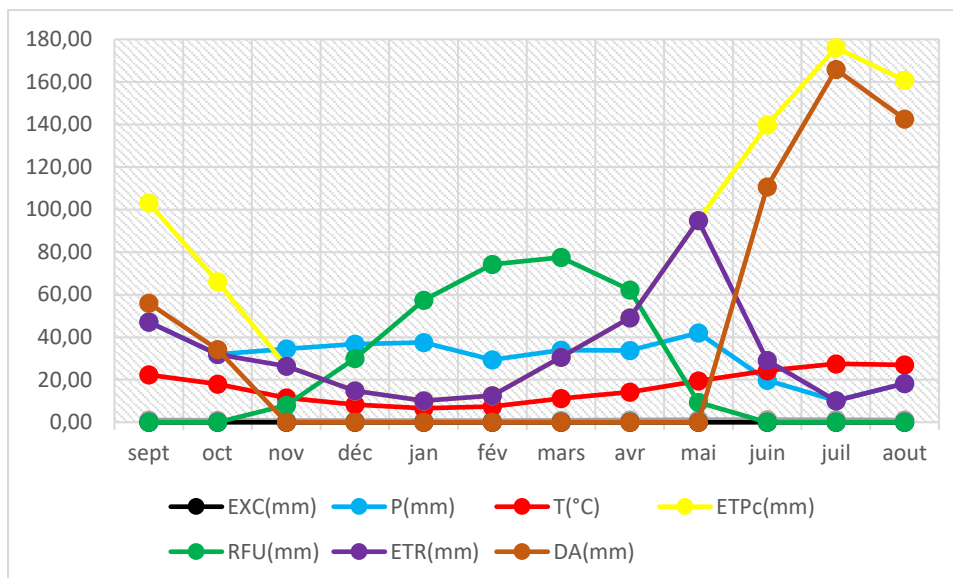
L'application de la méthode de Thornthwaite a donné les résultats qui sont consignés dans (tableau 6).

**Tableau 6.** Bilan hydrique à la station de Meskiana, par la méthode de Thornthwaite (1990-2014).

Mois	sept	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout	Total
P(mm)	47.1 0	32.0 0	34.5 0	36.7 0	37.5 0	29.4 0	33.9 0	33.8 0	42	19.8 0	10.2 0	18.2 0	375
T(C°)	22.3 0	17.9 0	11.5 0	8.30	6.60	7.50	11.2 0	14.2 0	19.5 0	24.3 0	27.5 0	27.0 0	16.5
K	1.04	0.98	0.85	0.84	0.86	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	
ETPc (mm)	103. 15	66.1 6	26.4 5	14.7 7	10.1 3	12.5 2	30.6 1	49.0 7	94.9 0	139. 84	176. 07	160. 79	884.4 5
P-ETP	- 56.0 5	- 34.1 6	8.05	21.9 3	27.3 7	16.8 8	3.29	- 15.2 7	- 52.9 0	- 120. 04	- 165. 86	- 142. 59	
RFU80(m m)	00	00	8.05	29.9 8	57.3 5	74.2 3	77.5 2	62.2 5	9.35	00	00	00	
ETR (mm)	47.1	32.0	26.5	14.7	10.1	12.5	30.7	49.1	95.9	28.0	10.2	18.2	375.1
EX (mm)	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
DA (mm)	56.0 5	34.1 6	00	00	00	00	00	00	00	110. 69	165. 86	142. 59	509.3 5

DA: le déficit agricole est le déficit entre ETP et ETR donc :  $DA=ETP-ETR$

EXC: l'excédant c'est la quantité d'eau pouvant s'écouler lorsque l'ETP et RFU sont satisfaits donc :  $EXC=P-ETR$



**Figure 11.** Représentation graphique du bilan hydrique de la station de Meskiana.

### ○ Interprétation du bilan hydrique

L'observation du graphe du bilan hydrique de la station de Meskiana nous amène à dire que l'ETP est important du mois de mai jusqu'au mois d'octobre, avec des valeurs maximums atteignant 176,07 mm au mois de juillet et les valeurs minimums atteignant 10,1 au moins de janvier. À partir du mois de novembre, on assiste à une reconstitution du stock qui s'accompagne d'une augmentation de la RFU, qui atteint son maximum entre les mois de janvier et avril. Au-delà de cette période, on assiste à une baisse de la RFU, traduisant un épuisement du stock.

### Conclusion

Le climat du bassin versant d'oued Meskiana est de type semi-aride avec un hiver froid, pluvieux et un été chaud et sec. La température moyenne annuelle qui y règne est de 16,5°C. Les précipitations moyennes annuelles sur une période de 24 ans (1990-2014) sont estimées à 375 mm. L'évapotranspiration potentielle est estimée à 884,45 mm et un déficit agricole de 509,35 mm.

---

***Chapitre III : Revue de  
littérature***

---

### Introduction

Les zones inondables sont soumises à différents types d'inondation, dont les caractéristiques influencent le déroulement des crises et l'ampleur des impacts humains et économiques. Le risque n'est pas le même sur les différents territoires exposés puisque ni l'aléa ni la vulnérabilité ne sont les mêmes ; les crues surviennent de manière plutôt lente sur les bassins plats alors qu'elles se produisent de manière extrêmement rapide et brutale sur les bassins pentus. Aussi les inondations ne provoquaient pas de catastrophes susceptibles de marquer les esprits si les zones inondables n'étaient pas ou peu occupées par l'homme (Ledoux, B. 2006).

### 1 Définition

#### 1.1 Inondation

Étymologie : Le mot inondation vient du latin : « inundatio » qui signifie submersion.

Définition : c'est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau, qui peut être provoquée de plusieurs façons, par des pluies importantes en durée et (ou) en intensité (Cortes, A. 2006).

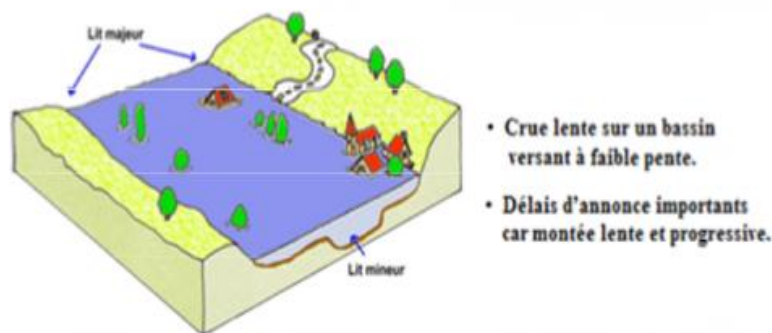
Par ailleurs, les dégâts occasionnés par une inondation dépendent de plusieurs facteurs : la hauteur de submersion, la durée de submersion, les vitesses d'écoulement, le volume de matière solide transporté, l'érosion des berges (Ledoux, B. 2006).

### 2 Types d'inondations

En fonction de l'évènement créateur de la catastrophe, on peut distinguer plusieurs types d'inondations : inondations de plaine, par remontée de nappe, par crues torrentielles, par ruissèlement en secteur urbain ou rural, inondation par rupture d'une Digue et inondations marines. Dans les quatre premiers cas, le phénomène générateur est la pluie et l'inondation engagera à partir des fleuves et des rivières ; la classification consiste donc à distinguer les inondations provoquées par des crues à cinématique lente (inondations de plaine, remontée de nappe) de celles générées par des crues à cinématique rapide (crues torrentielles, ruissèlement). Tandis que dans les deux derniers cas ; le premier c'est les circonstances locales qui jouent pour faire d'une inondation évènement particulière et le deuxième c'est l'action de la mer qui est le facteur principal déterminant la survenance des désordres (Ledoux, B. 2006).

### 2.1 Inondations de plaines ou fluviales

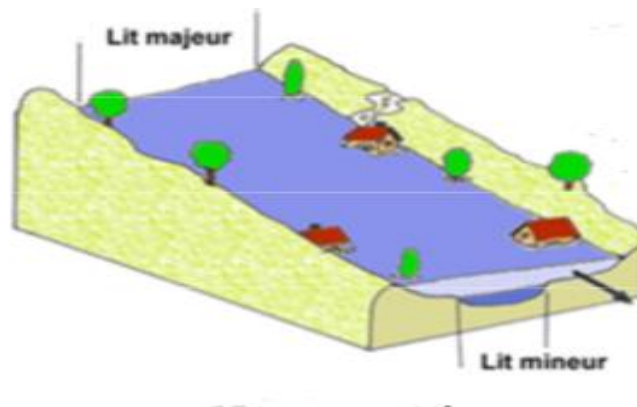
Les inondations de plaine se produisent à la suite d'épisodes pluvieux océaniques prolongés mais d'intensités modérée, s'abattant sur des sols où le ruissèlement est long à déclencher, sur des bassins versants moyens à grands (supérieur à 500 km<sup>2</sup>). Le cours d'eau sort lentement de son lit ordinaire pour occuper son lit majeur et inonder la plaine pendant une période relativement longue. Ces phénomènes concernent particulièrement les terrains bas ou mal drainés, sa dynamique lente perdure plusieurs semaines. Les dommages que provoque ce type d'inondation sont imputables aux hauteurs et durées de submersion.



**Figure 12.** Inondations de plaine (Merabet, A. 2006).

### 2.2 Inondations par crues torrentielles ou éclair

Elles ont pour origine la brusque montée des eaux (plusieurs mètres en quelques heures) de torrents ou de rivières suite à des pluies abondantes. Elles sont les conséquences d'un transit rapide d'eau de pluie, dû à la forte pente des cours d'eau et à l'intensité pluviométrique. Elles ne peuvent être prévues plusieurs jours à l'avance. Elles concernent plus particulièrement les régions montagneuses, elles sont souvent dévastatrices et meurtrières. Elles sont causées par des pluies convectives affectant parfois seulement une partie du bassin versant et sont caractérisées par une très grande rapidité d'évolution. La montée des eaux est très brutale et ne laisse que très peu de temps pour alerter les riverains. Ce sont les crues rapides qui, dans les pays développés, sont les principales responsables des mortalités par noyade. C'est également ce type de crues qui caractérise le fonctionnement des réseaux d'assainissement pluviaux.



**Figure 13.** Inondation par crues torrentielles (Merabet, A. 2006).

### 2.3 Inondations par ruissèlement en milieu urbain

Ce type d'inondation peut se produire en tout point de la zone inondable suite à des pluies particulièrement abondantes (pluies orageuses) ou à des infiltrations dans les habitations construites dans le lit majeur des cours d'eau. Dans les zones urbanisées, les sols imperméabilisés ne permettent pas à l'eau de percoler. Les eaux de pluie ruissèlent, s'accumulent dans les points bas, saturent les réseaux d'évacuation, en partie colmatés par la boue, entraînant une remontée d'eaux par les égouts. Elles ont pour conséquence la submersion de la voirie et des constructions.

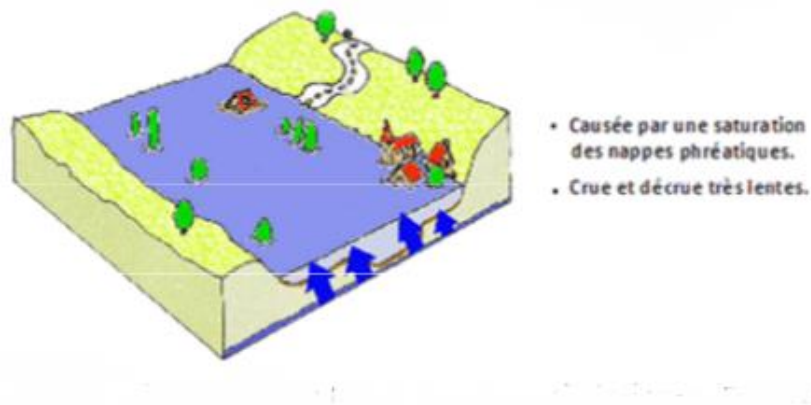


**Figure 14.** Inondation par ruissèlement en secteur urbain (Merabet, A. 2006).

### 2.4 Inondations par remontée de nappe

Le risque d'inondation dû à une crue peut être accru par un risque de remontée des eaux des nappes phréatiques. Dans certains endroits et sous certaines conditions une élévation exceptionnelle du niveau de ce type de nappe entraîne un type particulier d'inondation dit « inondation par remontée de nappe ». On admet que ce phénomène est

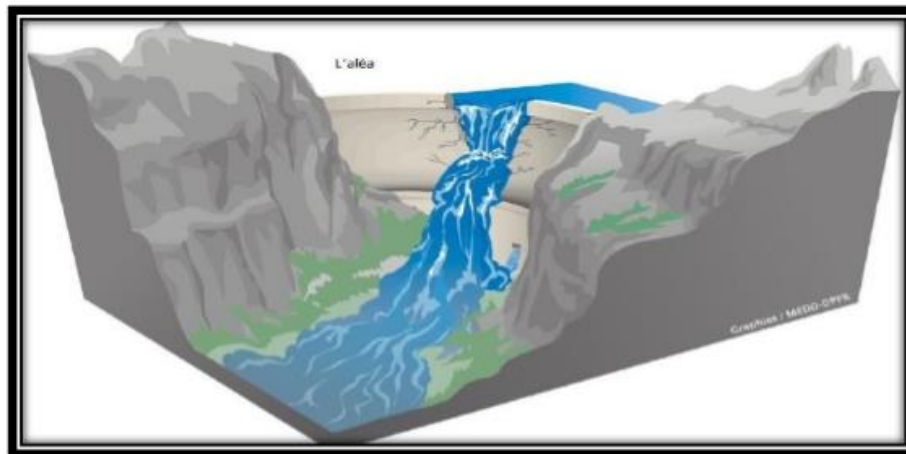
fréquemment observé dans la zone de convergence des écoulements en raison de la présence d'un substratum imperméable. L'excès d'eau ne peut que s'émerger en surface ; d'où l'apparition de zones hydromorphes (étangs, mares temporaires et marécages) dans certaines zones de dépression.



**Figure 15.** Inondation par remontées des nappes phréatiques (Merabet, A. 2006).

### 2.5 Inondations par rupture d'ouvrage ou d'embâcle

Dans le cas de rivières endiguées, l'inondation survient brutalement soit par débordement au-dessus de la digue, soit par rupture de la digue. Le phénomène peut être très brutal et d'autant plus dommageable que le site est proche de la digue. Le fait d'être derrière un ouvrage de protection dimensionné pour un certain niveau de crue peut donc rehausser le seuil de risque en cas de rupture ou dépassement de ce dernier. Des secteurs habituellement hors de l'eau peuvent se trouver brutalement inondés. Un embâcle consiste en l'obturation d'un cours d'eau par la constitution d'une digue naturelle entraînant une retenue d'eau importante. La digue peut être constituée par des éléments solides arrachés à l'amont et charriés par le cours d'eau ou par un glissement de terrain. La rupture d'embâcle peut se produire plusieurs jours après une période de pluies exceptionnelles ou l'apparition d'un mouvement de terrain (Boubchir, A. 2007 et Ledoux, B. 2006).



**Figure 16.** Embâcle sur un torrent (www.prim.net).

### 2.6 Inondations marines

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (fortes dépressions et vents de mer) et forts coefficients de marée. Elles se traduisent par l'invasion par des eaux salées particulièrement agressives. Elles se manifestent soit lors d'un raz de marée ou de tsunami (occurrence très faible, mais phénomène dévastateur), soit lors d'une tempête (surcote marine, vents et précipitations importantes) ou en cas de rupture des défenses contre la mer dans ce cas, les risques se concentrent le long du boulevard de littoral dans les secteurs dépressionnaires (Bachi, M. 2011).

### 3 La crue

La crue est un phénomène naturel et saisonnier qui correspond à une élévation du niveau des eaux. Elle ne provoque pas de perturbations majeures lorsque son ampleur est modérée, mais une crue est susceptible de présenter des risques lorsque le débit et le volume d'eau sont tels qu'il y a débordement par rapport au lieu d'écoulement habituel (le lit mineur) ; on parle alors d'inondation. L'eau se répand dans les zones d'expansion des crues, qui correspondent au lit majeur du cours d'eau, souvent largement urbanisé. Il est donc très important de bien différencier les notions de crue et d'inondation (Ledoux, B. 2006). Une crue se caractérise par son hydrogramme graphique qui représente les variations de débit en fonction du temps. Plus précisément, c'est la partie montante cet hydrogramme qui est appelée « Crue », la partie descendante étant « la décrue ». Une crue se définit par différents critères : sa genèse, sa durée, sa fréquence, son débit de pointe et son volume (Salomon, J. N. 1997).

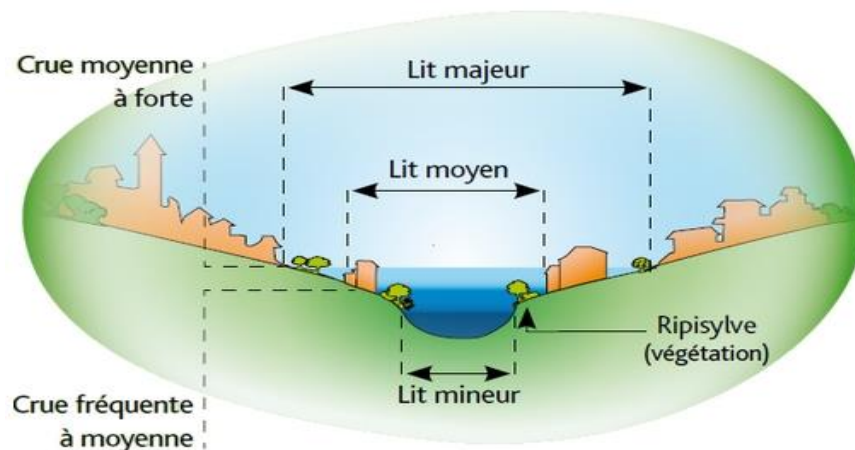


Figure 17. Mécanisme des crues ([www.prim.net](http://www.prim.net)).

### 3.1 Types des crues

On distingue deux grands types de crues :

- **Les crues océaniques** : sont provoquées par des précipitations réparties sur plusieurs jours ou semaines, mais d'intensité modeste, et/ou parfois par la fonte des neiges. La montée des eaux et la décrue sont lentes, progressives et donc facilement prévisibles. La durée des hautes eaux varie de plusieurs jours à quelques semaines selon la taille du bassin d'alimentation du cours d'eau et la durée des précipitations.
- **Les crues torrentielles** : résultent des précipitations de type orageux. Elles durent entre quelques heures et deux journées, et se produisent très vite après les pluies (moins de 24 h). Ces crues, plus fréquentes dans les zones à relief accidenté et dans les régions à climat méditerranéen ou tropical.

Les crues peuvent être classées en trois grands types en fonction de leur importance et l'intervalle de récurrence :

**1. Les crues décennales** : sont des crues moyennes à fortes (statistiquement, chaque année, il y a une chance sur dix pour qu'un tel événement se produise ou soit dépassé) ;

**2. Les crues centennales** : sont des crues fortes à très fortes (statistiquement, chaque année, il y a un risque sur cent pour qu'un tel événement se produise ou soit dépassé) ;

**3. Les crues millennales** : sont des crues exceptionnelles (statistiquement, chaque année, il y a une chance sur mille pour qu'un tel événement se produise ou soit dépassé) (Djebali, Kh. 2015).

La possibilité d'apparition d'une crue dépend de nombreux paramètres, autres que la quantité de pluie tombée : répartition spatiale et temporelle des pluies par rapport au bassin versant, évaporation et consommation d'eau par les plantes, absorption d'eau par le sol, infiltration dans le sous-sol ou ruissèlement (Ledoux, B. 2006).

### 4 Les causes des inondations

- ❖ **Causes d'origine naturelle** : elles correspondent aux phénomènes météorologiques et climatiques tels que :
  - **Abondance des précipitations** : c'est le principal facteur explicatif des crues et des inondations. On peut distinguer plusieurs types :
    - Les averses brutales de type orageux où les orages porteurs de précipitations ont des lames d'eau de 200 à 300 mm en quelques heures ;
    - Les averses durables qui sont moins brutales, car elles comportent en fait des séries d'averses successives entrecoupées de périodes de tranquillité, mais elles sont tout aussi dévastatrices ;
    - Les pluies de type orographique et cyclonique.
  - **Fusion brutale des neiges** : elle est fréquente en Europe à la fin du printemps et au début de l'été. En effet, en fin d'hiver l'arrivée de front chaud (avec vent et pluie) va fusionner rapidement la neige qui couvre les bassins versants montagneux ce qui provoque de grandes crues particulièrement importantes sur un sol parfois gelé et sans végétation (Salomon, J. N. 1997).
  - **Débâcle des glaces fluviales** : celle-ci intervient à la suite de la rupture de barrages naturels de glace que ce soit en haute montagne ou dans les pays des hautes latitudes.
  - **Accident** : parfois cet accident est lui-même lié à un autre phénomène exceptionnel (glissement de terrain, lié à des précipitations importantes, volcanisme, séisme...) (Merabet, A. 2006).
- ❖ **Causes d'origine humaine directe** : elles consistent dans la modification du système fluvial des cours d'eau ou de leurs caractéristiques morphologiques (largeur, longueur, pente, etc.) par la construction d'ouvrages hydrauliques, le drainage, l'irrigation, la dégradation des sols et l'agriculture intensive (accélère le ruissèlement et limite l'infiltration).
- ❖ **Causes d'origine humaine indirecte** : elles sont liées à la pollution et le réchauffement climatique qui a modifié les conditions climatiques du monde entier.

L'émission de gaz à effet de serre provoque la fonte des glaciers des pôles (nord et sud), ceci entraîne la montée du niveau des océans et des cours d'eau ainsi que la procréation de cyclones d'intensité importante (Lahlah, S. 2004).

### 4.1 Sources du risque d'inondation en Algérie

En Algérie, les pluies répétées, même sous forme d'averses courtes, leurs intensités sont majoritairement les principales causes des inondations. En secteur urbain où le ruissèlement fait obstacle à l'écoulement normal des précipitations aux débits très importants, cause nécessairement un débordement qui renforce les coulées de boue. L'imperméabilisation des sols par la conception de l'urbanisation et des réseaux d'assainissement bloqués est aussi un facteur d'aggravation qui rend les opérations d'intervention difficile. Ainsi, le lien entre les sources du risque et la vulnérabilité des sites inondables dépend de facteurs particulièrement liés aux crues oueds ; c'est-à-dire aux inondations fluviales et à la problématique de l'influence humaine sur le régime de l'eau en modifiant les caractéristiques des crues (Nédélec, Y. 1999).

Le renouvellement périodique de ce sinistre encouru ne se limite pas à une surcharge d'eau provenant des pluies d'orage, il se rattache aux problèmes d'évacuation par rapport à la durée temporelle de l'opération. L'autre facteur dangereux est le mouvement de masse qui produit des glissements de terrain capables en quelques heures de déverser des coulées de boue de plusieurs dizaines de millions de mètres cubes. Ces écoulements de boues oblitèrent tous les réseaux d'assainissement et aggravent l'état catastrophique surtout sur le plan économique (Haridi, F. Z. 2013).

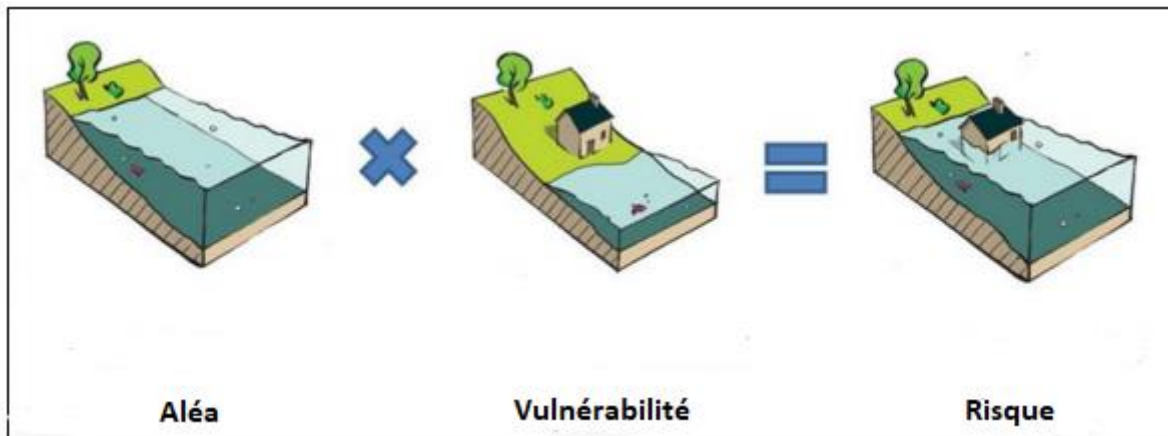
## 5 Le risque d'inondation

Le concept de risque d'inondation est souvent employé dans des sens fort différents, il semble qu'il n'y ait pas de consensus concernant son utilisation.

Un risque (notion de risk en anglais) est la probabilité de l'apparition d'évènements nuisibles ou de pertes prévisibles (morts, blessés, biens, moyens d'existence, rupture de l'activité économique, dommages à l'environnement) suite à des interactions entre aléas naturels ou anthropiques et conditions vulnérables ... » (ISDR 2004).

« Le risque est une notion composite. Il est fonction d'un aléa et d'une Vulnérabilité » Dauphine (2001) met en évidence les limites de cette définition par la formule suivante :

**Risque = aléa × vulnérabilité**



**Figure 18.** Schéma du risque (www.sivalodet.fr).

Les types de risques auxquels chacun de nous peut être exposé sont regroupés en cinq familles :

- **Risques naturels** : avalanche, feu de forêt, inondation, mouvement de terrain, cyclone, tempête, séisme et éruption volcanique ;
- **Risques technologiques** : d'origine anthropique, ils regroupent les risques industriels, nucléaires, biologiques, rupture de barrage...etc ;
- **Risques de transports collectifs** (personne, matières dangereuses) : sont des risques technologiques, on en fait un cas particulier, car les enjeux varient en fonction de l'endroit où se développe l'accident ;
- **Risque de la vie quotidienne** (accidents domestiques, accidents de la route...) ;
- **Risques liés aux conflits** (guerres, les terrorismes, les émeutes) (Merabet, A. 2006).

### 5.1 Aléa

Depuis que la recherche fondamentale et appliquée s'intéresse au problème des risques, elle a cherché à préciser son langage et à fixer des définitions claires quant aux caractéristiques des événements considérés.

– Gendreau (1999) le définit simplement comme une menace caractérisée par des propriétés physiques et une probabilité d'occurrence,

– cette définition rejoint celle adoptée par les Nations Unies (UN International Strategy for Disaster Reduction) qui parle d'évènement menaçant ou probabilité d'occurrence dans une

région et au cours d'une période données d'un phénomène pouvant engendrer des dommages,

– Dauphine (2001) propose l'assimilation à la probabilité d'occurrence d'un phénomène, en y ajoutant néanmoins son intensité, sa durée et l'espace qu'il affecte (Henry, J. B. 2004).

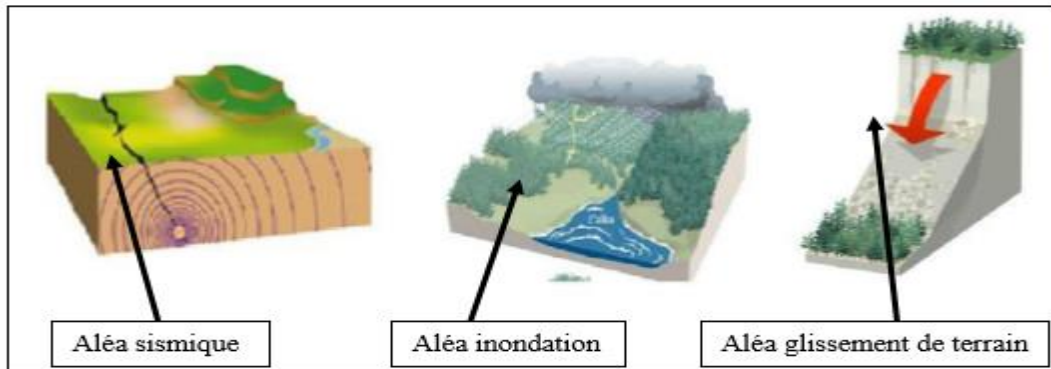


Figure 19. Exemples d'aléas naturels (www.prim.net).

### a) Types d'aléas :

#### ▪ Aléa naturel :

Est un phénomène qui se produit dans la biosphère susceptible de faire de différents dégâts, ce dernier peut être évité si les activités humaines comme l'urbanisation arbitraire et la dégradation de l'environnement sont évitées.

#### ▪ Aléa anthropique :

Est un phénomène d'origine naturelle transformé, c'est-à-dire le déclenchement est nature, mais dans l'évolution (en termes d'intensité, de vitesse, d'orientation spatiale ...etc.) est lié à l'action humaine et en particulier, aux modalités d'occupation des espaces concernés (Hallil, A. 2016).

### b) Classement des aléas :

D'après leur intensité et leur occurrence, les degrés d'aléa peuvent être classés comme suit :

- **Aléa majeur** : aléa très exceptionnel, les risques de dommage sont extrêmement graves et immédiats. Les vies humaines sont directement menacées.
- **Aléa fort** : les risques de dommage y sont très redoutables. En général, il n'existe pas de mesures de protection efficaces et économiquement opportunes.

- **Aléa moyen** : zone concernée par des manifestations physiques encore très dommageables. En général, des mesures de protection sont possibles.
- **Aléa faible** : zone concernée par des manifestations très limitées toutefois, on n'y est pas à l'abri localement des conséquences de tout autre aléa, notamment en cas d'évènement très exceptionnel (Dahdouh, Y. 2018).

**Tableau 7.** Critères d'identification des zones à risques (d'après DGPC, 2007).

ALEA	DEFINITION	CRITERES D'IDENTIFICATION
Elevé	Zones où les vitesses de l'écoulement et/ou les hauteurs d'eau peuvent être importantes lors des crues exceptionnelles.	-Ces zones correspondent principalement au lit mineur et à ses abords immédiats (berges instables). -fonds des ravines
	Zones où il est envisageable que le talweg principal puisse changer de tracé et/ou évoluer dans son tracé (méandres).	Le changement de tracé d'un cours d'eau peut se produire lors de débordements importants durant une crue exceptionnelle et/ou par suite d'accumulation ponctuelle importante d'embâcles et/ou d'apports solides
Moyen	Dans ces zones, les vitesses et les hauteurs de submersion pourront être faibles voire moyennes, la durée de submersion étant limitée.	-zones de débordement au niveau du lit majeur lors des crues exceptionnelles -zones de stagnation des eaux pluviales avec hauteur de submersion relativement importante
Modéré	Zones où les vitesses d'écoulement seront faibles voire nulles	-zones de stagnation des eaux pluviales -zones inondées par remontée de nappe_
Faible à nul	probabilité d'inondation faible à nulle	-zones hautes -zones en dehors du lit mineur ou majeur d'un cours d'eau -zones éloignées de la bordure littorale

### 5.2 La vulnérabilité

- **Définition**

Parmi les définitions existantes, on peut retenir que :

- La NOAA est la définie simplement comme la susceptibilité des ressources à être affectées par des aléas (Henry, J. B. 2004) ;
- Vulnérabilité (notion de vulnerability en anglais) : Ensemble de conditions et de processus résultant de facteurs matériels, sociaux, économiques et environnementaux qui accentue la sensibilité d'une communauté à l'impact des aléas » (ISDR 2004) ;
- La vulnérabilité est le caractère de ce qui peut être attaqué, blessé ou endommagé. Le terme « vulnérabilité » traduit la fragilité ou la sensibilité d'un système face à une menace externe : pollution, évènements socioéconomiques, aléas climatiques, etc. Ce terme vulnérabilité a été utilisé historiquement depuis les années 50 notamment dans les domaines des sciences humaines, de la protection sociale et de la médecine. En hydrogéologie, la notion de vulnérabilité a été introduite par Margat vers la fin des années 60 (Margat, J. 1968).

La difficulté d'aboutir à une définition générale de la vulnérabilité provient des multiples facteurs qui entrent en jeu : les dimensions économiques, sociales et matérielles (Henry, J. B. 2004).

## 6 Historiques sur les inondations catastrophiques en Algérie

L'Algérie, comme la plupart des autres pays du monde connaissent épisodiquement des phénomènes de crues et d'inondation qui se manifestent de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte majeure pour les activités et une entrave pour le développement économique et social. Parmi les plus importantes inondations que l'Algérie a connues on peut citer :

- **04 avril 1996.**

Les inondations catastrophiques dans les wilayas d'Annaba et El-Taref font cinq morts et dix blessés à Annaba et quatre ouvrages d'art endommagés à El-Taref.

- **14 janvier 1999**

De fortes chutes de pluie (74 mm à Adrar) dans le Sud-Ouest causèrent de graves inondations à Adrar, provoquant ainsi deux morts et plusieurs disparus.



**Figure 20.** Les inondations à adrar (Google image).

○ **28 septembre 2000**

Des pluies diluviennes dans la région de Boussaâda engendrent de fortes crues de l'oued Boussaâda, qui se sont soldées par des dégâts estimés à un mort, un disparu, treize habitations détruites, 38 familles évacuées et 193 têtes de bétail emportées par les eaux.



**Figure 21.** Les inondations à Boussaâda (Google image).

### ○ 24 octobre 2000

Les inondations catastrophiques de Sidi Bel Abbès (oued Mekerra), Tissemsilt Theniet El Had (oued Mesloub), Chlef et Ain Defla causent la disparition de deux personnes emportées par l'oued Mekerra et d'importants matériels à Theniet El Had.



**Figure 22.** Les inondations à Sidi Bel Abbès (Google image).

### ○ 09 et 10 novembre 2001

Les pluies abattues sur Alger (Bab el Oued), 262 mm dont 204 mm en 24 heures ont provoqué l'une des inondations les plus dramatiques qu'a connues l'Algérie. Le bilan de la catastrophe s'est soldé par plus de 700 morts, 115 disparus et 15 des milliers de blessés. Les dommages aux biens (effondrement des constructions, coupures des routes et de l'électricité, renversement de voitures, arbres et poteaux électriques arrachés) ont été estimés à 30 milliards de dinars algériens (300 millions de dollars) (Djebali, Kh. 2015).



**Figure 23.** Les inondations à Bab El Oued (Google image).

### ○ 01 et 02 octobre 2008

Les pluies torrentielles, inhabituelles et incessantes pendant quarante-huit heures sur la région semi-désertique de Ghardaïa, ont fait monter les eaux des différents cours d'eau et ont provoqué des inondations qui ont causé le décès d'au moins 34 personnes et fait des dizaines de blessés et de sinistrés, des centaines de maisons ont été détruites, de nombreuses routes ont été coupées et les liaisons téléphoniques ont été très perturbées. Les dégâts matériels ont été estimés à environ 2500 millions de dinars, dont 2000 millions dinars pour les infrastructures (Yahiaoui, A. 2012).



**Figure 24.** Les inondations à Ghardaïa (Google image).

### ○ 01-02 octobre 2011

De fortes inondations frappent la ville d'El Bayadh par débordement de l'Oued Deffa. Dégâts : 13 morts, 400 familles sinistrées et des dégâts matériels importants.



**Figure 25.** Les inondations à d'El Bayadh (Google image).

7 Impacts socioéconomiques et politiques des inondations.

a) Les impacts socioéconomiques

Jusqu'à présent, les approches socioéconomiques se sont essentiellement focalisées sur l'évaluation des dommages tangibles directs et indirects. Les investigations concernant l'évaluation des impacts indirects restent faibles et les dommages intangibles sont quant à eux quasiment absents des évaluations. À l'heure actuelle, ce sont les dommages directs à l'habitat et à l'agriculture qui semblent les mieux connus. Les dommages aux activités (industrielles, artisanales et commerciales) ainsi qu'aux équipements et aux réseaux demeurent encore mal connus.

L'émergence d'approches dites « qualitatives » a cependant permis d'élargir les problématiques d'évaluation, en s'intéressant notamment à l'impact des inondations sur le développement local, sur l'évolution de l'occupation des sols, sur les marchés fonciers et les transferts financiers (à l'intérieur des zones inondables, au niveau communal et intercommunal, voire régional).

Afin de clarifier la notion d'impact et plus précisément celle de dommage, les deux tableaux suivants présentent quelques exemples, en fonction des différentes « cibles » prises en considération dans les évaluations (Hubert, G., Ledoux, B.1998).

**Tableau 8.** Dommages tangibles « effets pouvant faire l'objet d'une évaluation monétaire » (Hubert, G., Ledoux, B.1998).

Cible	Dommage direct	Dommage indirect
Habitat/Ménage	Dégradation ou destruction des biens immobiliers et mobiliers.	Coût de nettoyage/séchage. Coût de relogement.
Activités industrielles, artisanales et commerciales	Dégradation ou destruction des biens immobiliers et mobiliers, de l'outil de travail, des stocks...	Chômage technique. Perte d'exploitation. Coût de nettoyage/séchage.
Activités agricoles	Dégradation ou destruction du siège d'exploitation. Destruction des cultures et pertes de fonds. Destruction du cheptel	Perte d'exploitation. Coût de nettoyage/séchage.
Activités de services et équipements publics	Dégradation ou destruction des biens immobiliers et mobiliers.	Coût de nettoyage/séchage. Coût de l'organisation des secours. Coût de l'interruption des services.
Réseaux et infrastructures	Dégradation ou destruction du patrimoine.	Coût de l'interruption de fonctionnement.
Développement local		Détérioration des finances locales. Baisse du prix du foncier et de l'immobilier.
Environnement		
Patrimoine culturel, historique...	Dégradation ou destruction du patrimoine.	Coût de nettoyage/séchage.

**Tableau 9.** Dommages intangibles « effets difficilement monétarisables en l'état actuel des connaissances » (Hubert, G., Ledoux, B.1998).

Cible	Damage direct	Damage indirect
Habitat/Ménage	Pertes de vies humaines.	Effets psychologiques. Effets sur la santé à long terme.
Activités industrielles, artisanales et commerciales	Pertes de vies humaines.	Effets psychologiques sur les employés et les responsables.
Activités agricoles	Pertes de vies humaines.	Effets psychologiques sur l'exploitant.
Activités de services et équipements publics		Inconvénients subis par les usagers.
Réseaux et infrastructures		Inconvénients subis par les usagers.
Développement local		Inconvénients subis par les citoyens et la société.
Environnement		Évolution des milieux naturels dans le temps.
Patrimoine culturel, historique...	Pertes de biens irremplaçables	

**b) Les impacts politiques**

La paralysie de nombreuses usines et la mise au chômage technique de nombreux ouvriers pourraient contribuer à avoir des conséquences désastreuses sur les conditions de vie d'une partie de la population. Une inondation majeure pourrait ainsi être à l'origine de nombreux effets ne se limitant pas au simple endommagement d'enjeux exposés.

Bien que ce risque ne doive pas être surestimé au regard d'autres phénomènes naturels il constitue néanmoins un objet central de préoccupations. Les nombreuses conséquences économiques, humaines ou sociopolitiques de ces évènements invitent à s'interroger sur la reproductibilité de l'aléa et sur ses conséquences sur la société. Le contexte de production du risque et la perspective d'un changement climatique, pouvant contribuer à alourdir le bilan des inondations passées, renforcent le caractère potentiellement destructeur de ces phénomènes (Boudou, M. 2015).

**8 Apports de la télédétection et les SIG à l'étude du risque d'inondation**

**8.1 La télédétection :**

Le terme technique anglais « Remote Sensing » a été utilisé la première fois aux États-Unis en 1965. Depuis que le satellite Landsat-1 a été lancé en 1972, les images issues de la télédétection se sont largement répandues (Murai, 1994). La définition officielle de la télédétection, comme son nom l'indique est « l'ensemble des connaissances et technique

utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci » (Comitas, J. 1988).

Donc, les techniques et les connaissances pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement en sont une partie importante. Les informations sont obtenues à partir des mesures, des images ou des signaux recueillis à partir d'une plateforme aéroportée, spatiale, terrestre ou maritime. Avec les techniques modernes qui permettent une évolution rapide dans un monde en changement, la télédétection peut avantageusement remplacer des méthodes traditionnelles longues, coûteuses et fastidieuses (Bonn, Roche 1992).

L'utilisation des images satellites a démontré les capacités de la télédétection pour le suivi des inondations, la surveillance, la planification de la gestion, la déviation des inondations, l'évaluation des impacts et la reconstruction. Les capteurs satellites existants ayant des résolutions spatiales allant de 1 m à 30 m peuvent fournir des mesures régionales pour évaluer l'ampleur de l'inondation et surveiller son évolution par l'intermédiaire d'une série temporelle d'images (Bonn, Dixon 2005 et Hansen 2007).

En outre, la télédétection constitue le fruit de l'interaction entre trois éléments fondamentaux : une source d'énergie, une cible et un capteur, et consiste à mesurer un signal électromagnétique émis ou réfléchi par une cible.

- La télédétection passive : repose sur l'énergie naturelle -la lumière du soleil, par exemple -qui est réfléchi par la surface de la Terre, ou la chaleur émise à partir de la surface de la Terre ;
- La télédétection active : utilise l'énergie émise par des satellites et renvoyée aux satellites par la surface de la Terre elle a pour rôle de fournir des informations sur les paysages sous la forme de données d'images en utilisant le rayonnement électromagnétique comme véhicule de ces informations (Marc, R. 2002).

Un grand problème lié à l'image satellite optique est la couverture nuageuse, particulièrement dans les régions tropicales où il y a peu de journées sans nuages, notamment pendant la saison de pluies. Dans le domaine de recherche sur l'inondation, la couverture des nuages devient un problème sérieux lors de la détection des zones inondables. La télédétection radar est donc une technique qui permet d'obtenir l'information sur la nature

des surfaces terrestres sans effet de nuage, son interprétation est plus difficile que celle des données optiques. L'avantage essentiel des enregistrements de radar est leur insensibilité aux conditions atmosphériques (Luong, A.T. 2012).

**Tableaux 10.** Applications de la télédétection (Luong, A.T. 2012).

Vecteurs	Capteurs	Domaines d'applications
<b>Télédétection de l'ATMOSPHÈRE (Météorologie, Climatologie):</b>		
Satellites géostationnaires (Météosat). Satellites à défilement (NOAA).	Basse et moyenne résolution (on privilégie la répétitivité et la couverture spatiale).  Capteurs passifs: visible, infrarouge, microondes.  Sondeurs atmosphériques.  Dans le futur : radars pluviométriques, lidars (capteurs à laser).	Etude de la nébulosité  Mesure des températures  Vapeur d'eau et précipitations Eléments du bilan radiatif
<b>Océanographie et ETUDES LITTORALES</b>		
Avions. Satellites météorologiques ou de télédétection terrestre, Satellites spécialisés (Nimbus, Seasat, ERS-1).	Toutes résolutions selon les espaces considérés (de l'océanographie côtière à l'océanographie globale).  Capteurs passifs : visible, infrarouge, microondes.  Radars imageurs, radar-altimètre, diffusiomètre.	Analyse de la couleur de l'océan (production biologique, turbidité). Mesures des températures de surface de la mer.  Vagues et vents. Altitude de la surface (dynamique de l'océan). Glaces de mer.
<b>APPLICATIONS TERRESTRES</b>		
Avions. Satellites à défilement en orbite polaire (Landsat, SPOT).	Surtout haute et très haute résolution spatiale :  Photographie aérienne.  Capteurs passifs : radiomètres à balayage (domaine optique).  Capteurs actifs : radars imageurs.	Cartographie régulière et thématique  Géologie, prospection minière, géomorphologie.  Hydrologie, neige, risques naturels. Agriculture, sylviculture. Urbanisme. Aménagement, génie civil.  etc...

### 8.2 Les Systèmes d'informations géographiques (SIG)

Pour la gestion des risques naturels, on utilise habituellement une information pluridimensionnelle, intégrant des dimensions thématiques, spatiales, temporelles et documentaires. Pour cette raison, la conception de systèmes d'information dédiés aux risques d'inondation nécessite des modèles de données et des techniques d'intégration spécifiques (Bui, D. 2008).

Les systèmes d'information géographique (SIG) comportent des méthodes et techniques quantitatives, qui sont souvent utilisées dans les modèles de distribution spatiale et l'analyse des problèmes ou des caractéristiques de localisation ainsi que l'investigation et la prévention des dynamiques spatiotemporelles. Ils mettent l'accent sur les variables humaines et sociales ainsi que sur les variables physiques et en particulier, la manifestation des problèmes environnementaux (Longley, P. A., Batty, M. 1996).

#### a) Définition

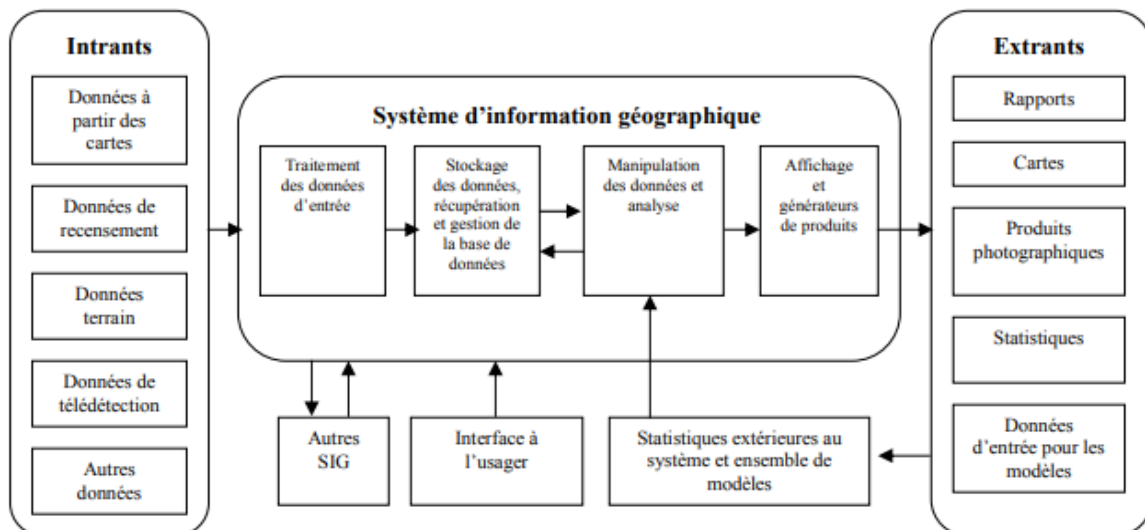
Concernant le terme SIG, nous proposons de retenir la définition de (Fischer et al., 1993) :

« Un SIG comme un système de gestion de base de données conçu pour saisir, stocker, manipuler, analyser, et afficher des données à référence spatiale en vue de résoudre des problèmes complexes de gestion et de la planification ».

#### b) Les Composantes d'un SIG

Un tel système inclut les composants relatifs :

- à l'acquisition des données d'entrée ;
- au stockage, à la récupération et à la gestion de bases de données ;
- à la manipulation et à l'analyse des données ;
- à l'affichage et à la génération de produits ;
- à une interface pour l'usage.



Figuré 26. Le Système d'information géographique (Fischer et al., 1993)

Selon l'approche cognitive, les SIG reposent sur la complémentarité de quatre composantes matérielles, logiciel, information et ressources humaines :

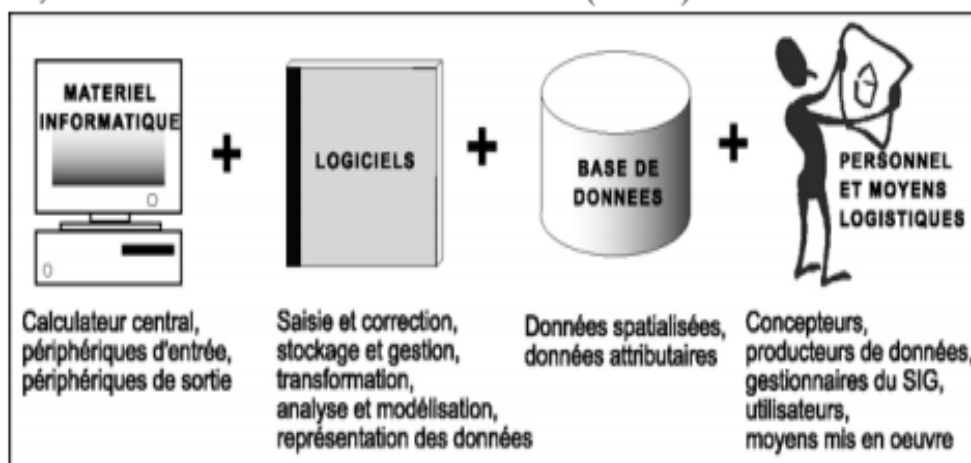


Figure 27. Les quatre composantes d'un SIG (d'après ESRI, 1990).

### c) Caractéristiques d'un SIG

Les données spatiales sont représentées dans un SIG suivant deux modes :

- **Le mode vecteur**

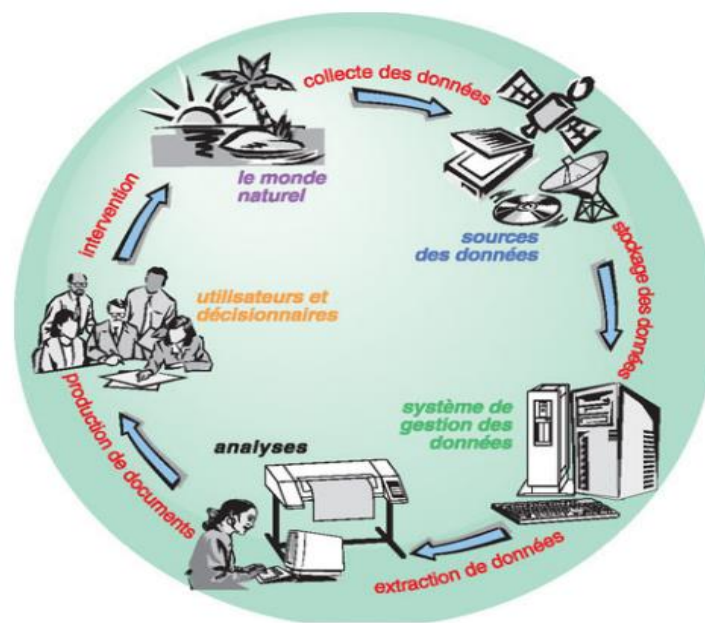
Les objets sont définis par des points, par des arcs ou des polygones. À chaque objet est alors assigné un identifiant unique, à travers lequel lui sont associées des caractéristiques attributaires quantitatives et/ou qualitatives. Le mode vecteur est de ce fait plus adapté à la

représentation de variables discrètes. Il permet de représenter les objets tels qu'on les perçoit dans le monde réel.

### ▪ Le mode raster (ou matriciel)

Qui utilise quant à lui des cellules de taille et de forme identiques pour représenter l'espace, en le découpant de manière régulière. Généralement de forme carrée, les cellules (ou 'pixels') sont organisées en lignes et colonnes. À chaque pixel correspond une valeur unique. Les images satellitaires ou scannées sont des exemples de données représentées en mode raster.

Tous les logiciels SIG ne gèrent pas les deux modes de représentation. Traditionnellement construits autour du mode vecteur, de plus en plus de logiciels commencent à proposer des fonctionnalités adaptées à la représentation raster, en particulier, un géoréférencement commun permettant la superposition et l'utilisation simultanée de ces deux types de couches d'informations (Michelle, P. et al 1998).

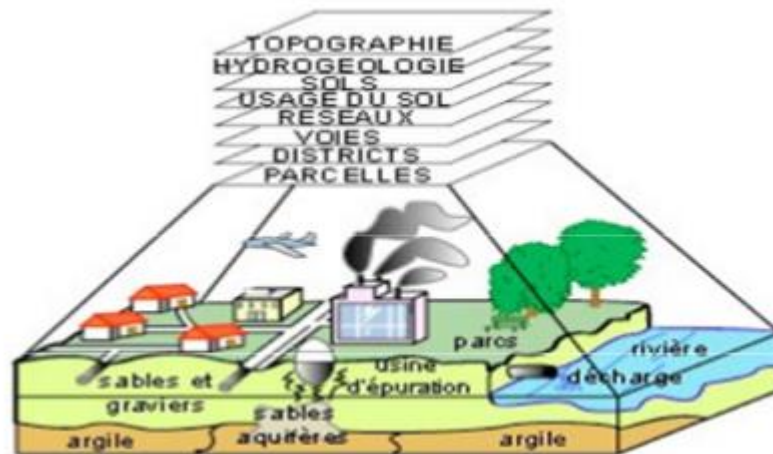


**Figure 28.** Les étapes de mise en œuvre d'un SIG (Cuq et al. 2001).

### d) Fonctionnalités du SIG

Un SIG permet de générer dans des délais raisonnables, des produits cartographiques : cartes, tableaux, graphes pouvant permettre de répondre à certaines questions essentielles et pratiques de gestion et de planification. Les principales fonctions d'un SIG sont résumées comme suit :

1. Collecte, la production et la gestion de données géographiques : il s'agit de créer une base de données pour en permettre la consultation en divers types d'utilisation, de disposer ces données dans un système de référencement et de les convertir d'un système à un autre, de superposer deux cartes de sources différentes, de fusionner tous les objets ayant une caractéristique commune ;
2. Édition de cartes et de graphiques : veut dire produire des cartes thématiques ou autres documents graphiques ;
3. Optimisation de flux : il s'agit de chercher du chemin optimal dans un réseau à partir d'un ensemble de contraintes imposées.
4. Choix du lieu d'implantation d'installation : trouver le meilleur site pour implanter une digue de protection contre les inondations par exemple. (Bachi M. 2010)



**Figure 29.** Fonctionnalités d'un SIG (Bachi, M. 2010).

### Conclusion

L'inondation est considérée comme un événement climatique extrême. Souvent qualifiée de risque naturel, elle est lourde de conséquences (pertes humaines, sociales, économiques et environnementales) tant pour les pays développés que pour les nations en développement bien que tous ne soient pas affectés de la même manière. La capacité à gérer l'impact de l'inondation varie également d'un pays, d'une région, d'une communauté et d'un groupe de population à l'autre.

---

***Chapitre IV : Cartographie du  
risque d'inondation***

---

### Introduction

L'évaluation du risque d'inondation, de la vulnérabilité et de danger est reconnue depuis longtemps comme un apport important pour la formulation de politiques visant à la gestion des risques d'inondation. En septembre 2013, la ville de Meskiana est frappée par une inondation qui provoque des dégâts matériels et humains très importants. La présente étude propose une méthodologie pour une évaluation intégrée de risque d'inondation par combinaison des données de la télédétection, et des données spatiotemporelles dans un environnement SIG.

### 1 Approches méthodologiques

L'étude cartographique de risques d'inondation est assez complexe et nécessite des données, des outils, des méthodes et des techniques multiples pour la réalisation des synthèses utiles à la décision.

L'approche méthodologie abordée dans cette étude est basée sur un technique paramétrique multicritère dans un environnement SIG (ArcGIS 10.3, ESRI). Cette technique a été développée par Saaty's (1977) connue comme processus analytique hiérarchique (AHP) (Eastman, 2001). Cette méthode d'analyse multicritère peut être utilisée dans la quantification des caractéristiques qualitatives par pondération. La méthode est basée sur la comparaison des différentes caractéristiques deux par deux. À partir de la construction d'une matrice carrée, on évalue l'importance relative d'une caractéristique par rapport à une autre, en utilisant une échelle adéquate (Saaty, T. L. 1991). Une fois que la matrice de comparaison est remplie, on calcule la valeur propre de chacune et le vecteur propre qui lui correspond. Le vecteur propre indique l'ordre de priorité ou la hiérarchie des caractéristiques étudiées. Ces résultats sont importants pour l'évaluation de la probabilité, puisqu'ils seront utilisés pour indiquer l'importance relative de chaque critère (Ramos, A., et al. 2014).

Cinq paramètres ont été pris en compte : topographie (T), élévation (E), texture du sol (S), densité de drainage (DD) et occupation des sols (OS), ces paramétré sont consignés dans (Tableau 11., Tableau 12.)

Le calcul du danger d'inondation et la superposition des couches raster ont été faits dans l'environnement SIG ArcGIS 10.3 en utilisant la formule suivante :

## Chapitre IV : Cartographie du risque d'inondation

Danger d'inondation =  $0,5014 \times [\text{Pente}] + 0,2580 \times [\text{Élévation}] + 0,1329 \times [\text{Densité de drainage}] + 0,0663 \times [\text{Texture du sol}] + 0,0414 \times [\text{Occupation du sol}]$

**Tableau 11.** Catégorisation des critères d'appréciation (Saaty, T. L. 1977).

Critère	Classe	Note	Poids
<b>Texture du sol</b>	Roche mère	1	0,0663
	Sols calcaires	2	
	Sols alluviaux	3	
	basiques		
	Sols calciques	4	
	Sols salins	5	
<b>La pente</b>	Pente >12	1	0,5014
	Pente 8-1	2	
	Pente 6-8	3	
	Pente 4-6	4	
	Pente 2-4	5	
<b>Élévation</b>	Élévation > 922	1	0,2580
	Élévation 214-370	5	
<b>Densité de drainage</b>	Communauté > 22	1	0,1329
	Communauté 20-22	2	
	Communauté 18-20	3	
	Communauté 18-20	4	
	Communauté 16	5	
<b>Occupation des sols</b>	Zones nues	1	0,0414
	Zones arbustives	2	
	Prairies	3	
	Zones agricoles	4	
	Zones urbaines	5	

**Tableau 12.** Classification et standardisation des critères utilisées (Saaty, T. L. 1977).

<b>Facteur d'inondation</b>	<b>Poids</b>
<b>La pente</b>	0,5014
<b>Élévation</b>	0,2580
<b>Densité de drainage</b>	0,1329
<b>Texture du sol</b>	0,0663
<b>Occupation du sol</b>	0,0414

**Tableau 13.** Paramètres utilisés, mode de traitement, sources.

<b>Paramètre</b>	<b>Type de données</b>	<b>Mode de traitement</b>	<b>Sources des données</b>
<b>Topographie (T)</b>	polyline	Digitalisation	Modèle numérique de terrain télécharger MNT (28 m) ( <a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a> )
<b>Élévation (E)</b>	polyline	Digitalisation	Modèle numérique de terrain télécharger MNT (28 m) ( <a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a> )
<b>Texture du sol (S)</b>	Polygone	Digitalisation	Carte des sols d'Algérie (Tebessa 1 :500 000)
<b>Densité de drainage (D)</b>	polyline	Digitalisation	Modèle numérique de terrain télécharger MNT (28 m) ( <a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a> )
<b>Occupation des sols (OS)</b>	Point, Polygone polyline	Digitalisation	CCI LAND COVER - S2 prototype land cover 20m map of Africa 2016 (esa)
<b>Densité des populations (DP)</b>	Polygone	Digitalisation	Office national des statistiques (ONS)

### 1.1 Démarche à suivre :

Le risque d'inondation est le résultat de croisement de deux couches principales ; le danger (aléa) composé de cinq paramètres (Pente, élévation, textures du sol, densité de drainage, et occupation du sol) et la vulnérabilité représentée par deux facteurs ; occupation du sol et densité de population. En raison de la masse importante des données, le traitement est fait dans un environnement SIG (ArcGis 10.3).

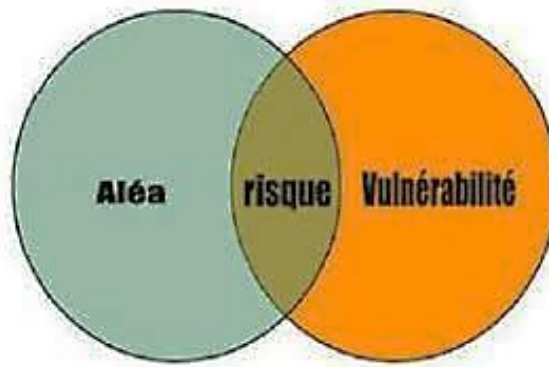


Figure 30. Risque = F (aléa, vulnérabilité) (Bachi, M. 2011).

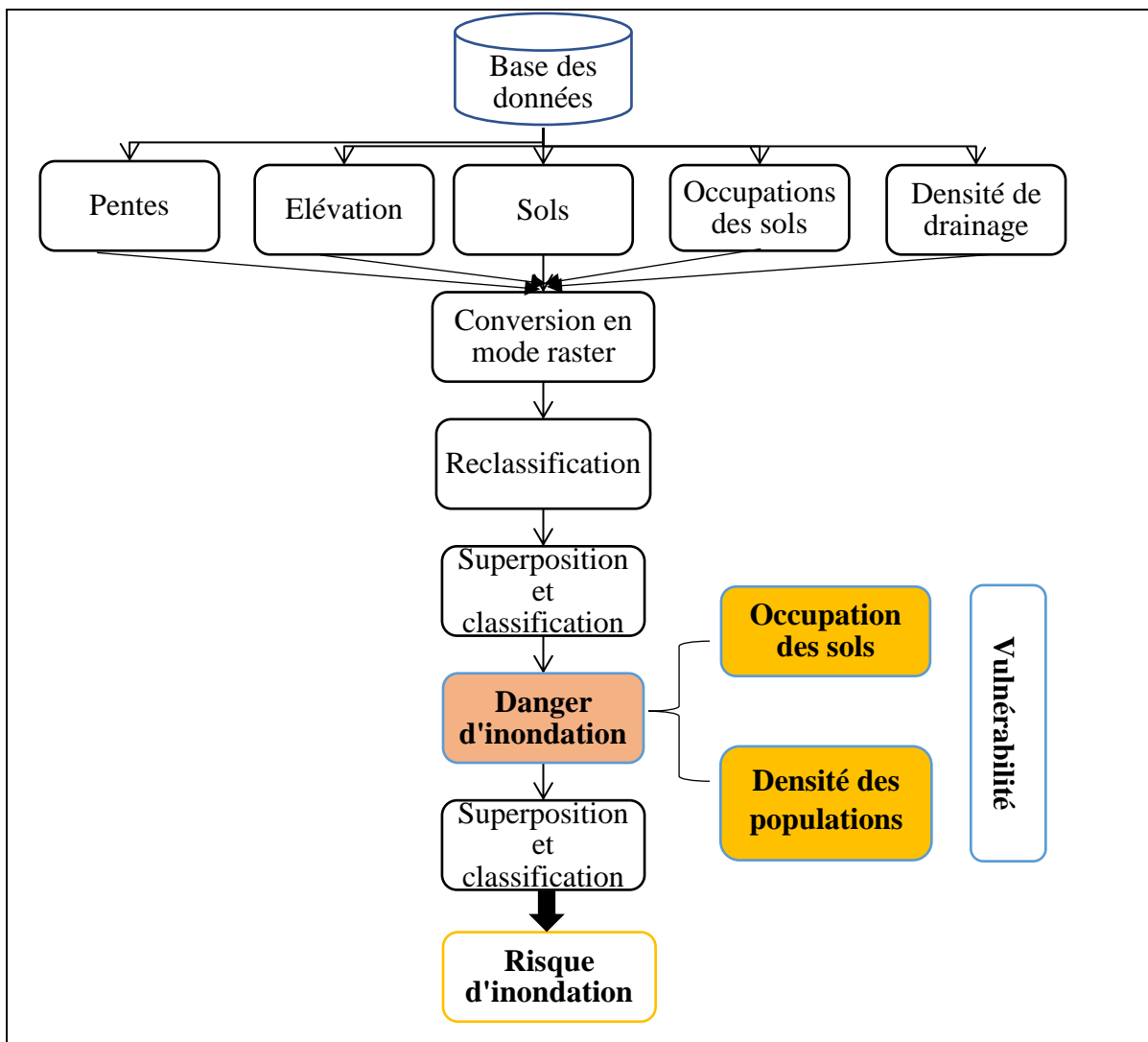


Figure 31. Méthodologie utilisée pour l'évaluation du risque d'inondation dans le bassin versant d'oued Meskiana.

### 2 Présentation des logiciels ArcGIS

#### 2.1 ArcGIS :

ArcGIS est un système regroupant des logiciels clients (ArcView, ArcEditor, ArcInfo et ArcExplorer) et des logiciels serveur (ArcSDE et ArcIMS). Ils permettent de visualiser, d'interroger, d'analyser et de mettre en page les données. Il fournit des outils interactifs pour explorer, sélectionner, afficher, éditer, analyser, symboliser et classifier les données ou pour créer automatiquement, mettre à jour ou gérer les métadonnées (Michelle, P. et al 1998).

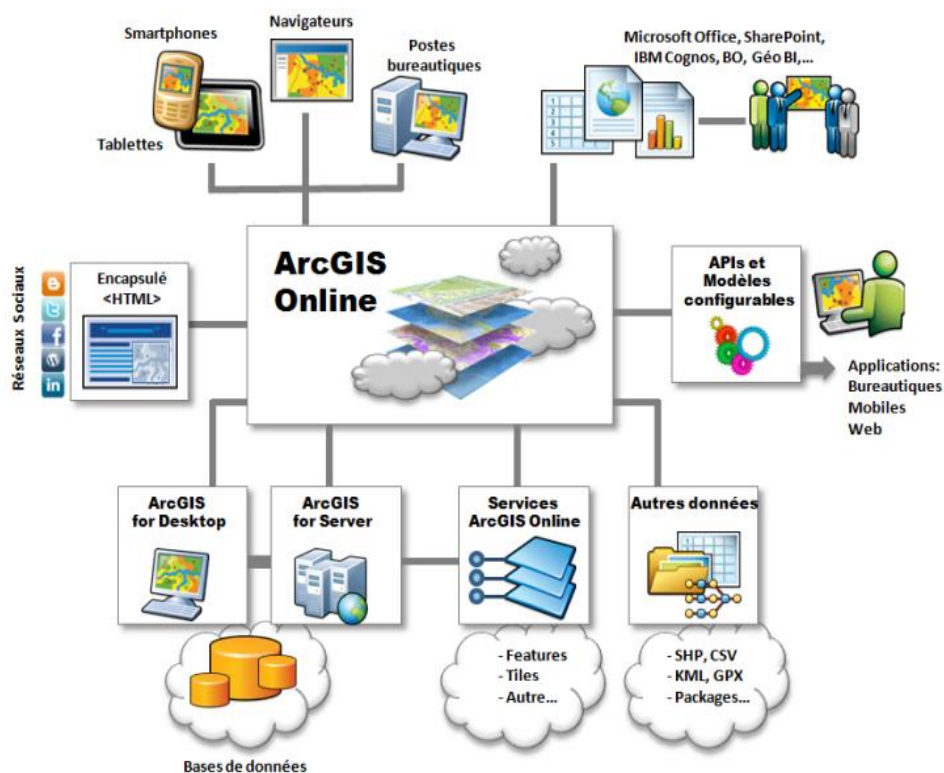


Figure 32. Fonctionnement d'un ArcGIS (Google image)

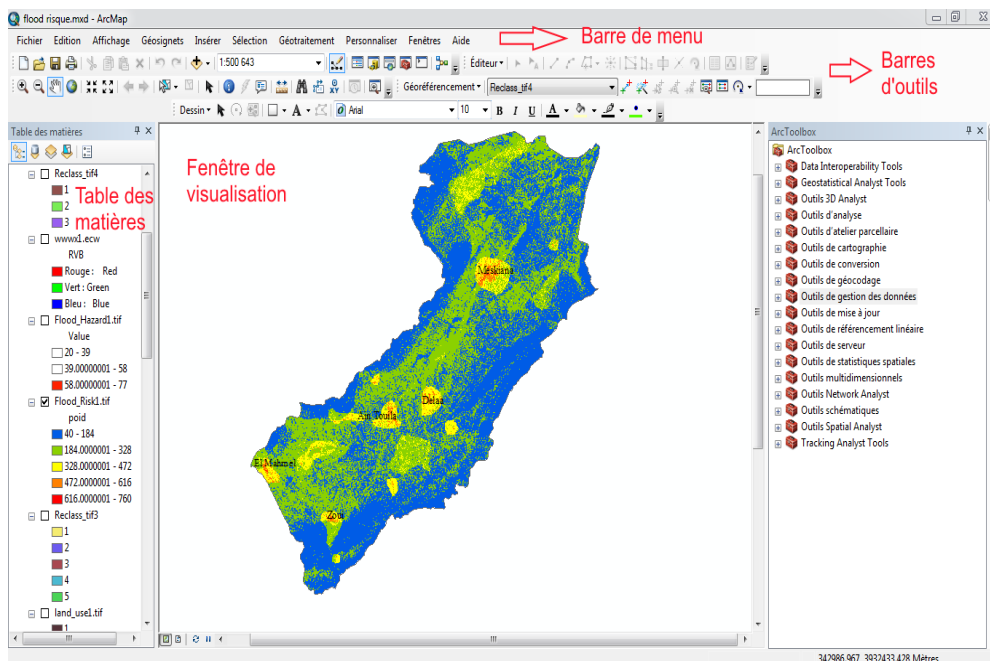
#### 2.2 Présentation d'ArcGIS 10.3

L'analyse multicritère a nécessité l'usage du logiciel ArcGIS 10.3 qui comprend ArcCatalog, ArcMap, ArcGlobe et une version d'ArcToolBox.

##### a) ArcMap :

C'est l'application fondamentale du logiciel ArcGIS. Elle contient une boîte à outils, organisés sous forme de modules indépendants (extensions), permettant de gérer manipuler, analyser et éditer les différentes couches d'informations de la base

de données. On présente quelques icônes de la surface ArcMap présente dans la (figure 33.).



**Figure 33.** Structure de l'interface d'ArcMap

### b) ArcToolbox :

Littéralement, la « boîte à outils » d'ArcGIS, regroupe l'ensemble des outils de géotraitement utiles pour réaliser des opérations sur les données géographiques. ArcToolbox contient notamment le « ModelBuilder », un langage de programmation visuel et facile d'utilisation, pour automatiser une suite de géotraitements.

### c) ArcCatalog :

C'est un explorateur de données tabulaires et cartographiques offrant des outils de gestion et d'organisation analogues à ceux offerts par les systèmes d'exploitation comme WINDOWS (copier, renommer, effacer, créer des icônes, etc.)

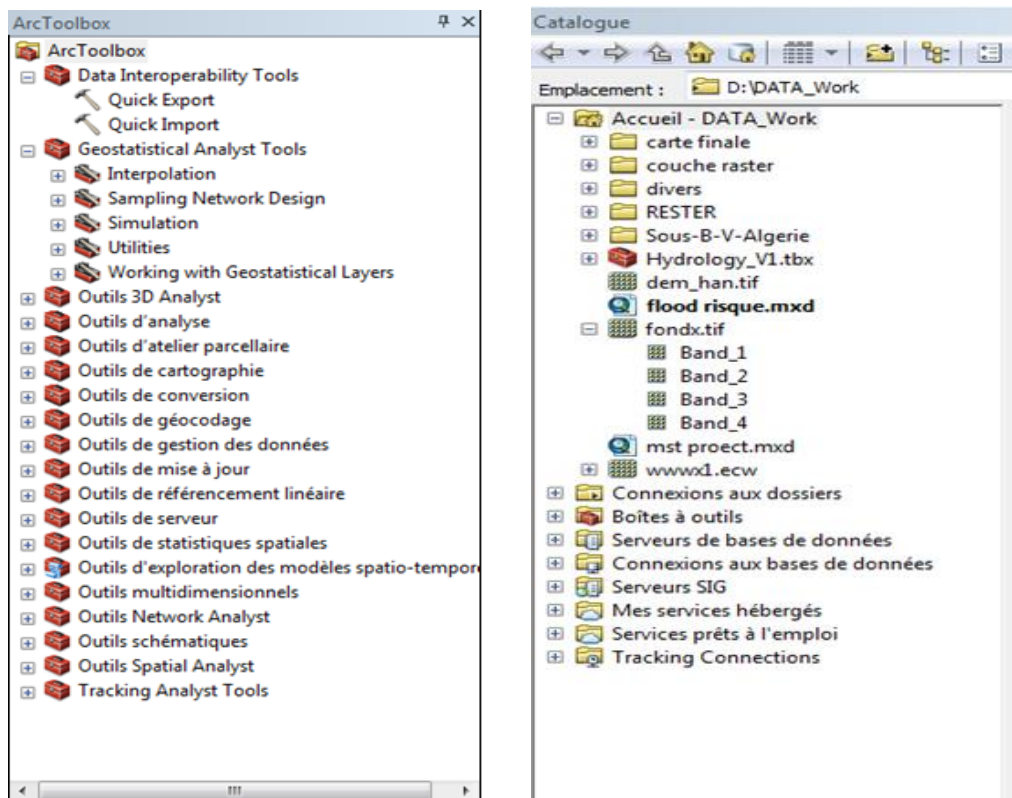


Figure 34. Structure d'ArcToolBox et d'ArcCatalog

### 3 Résultats et discussion

#### 3.1 Texture du sol :

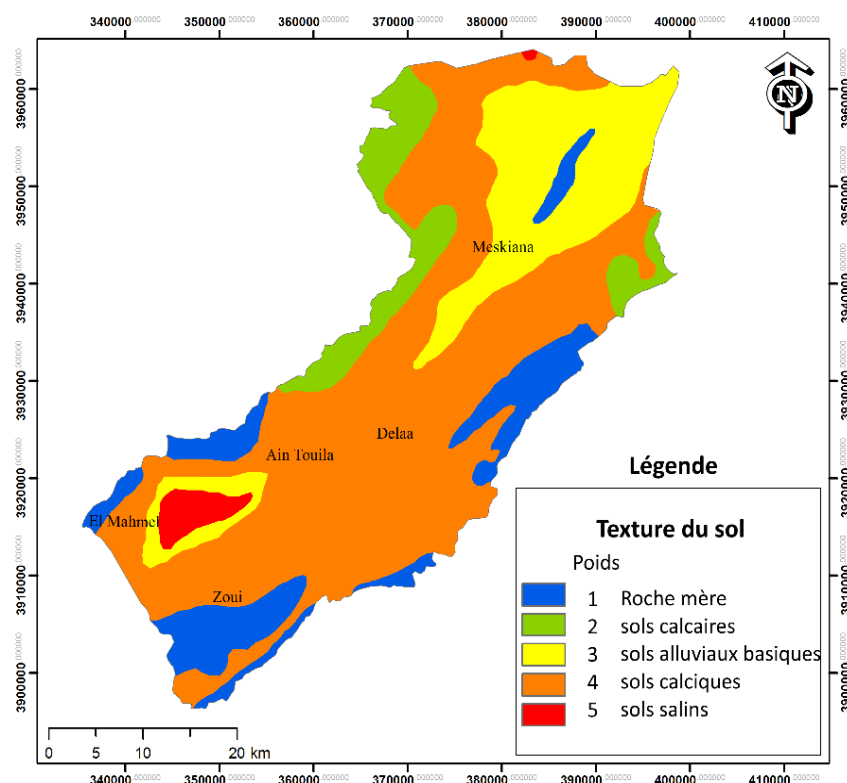
La porosité d'un sol conditionne l'infiltration verticale de l'eau depuis les parties supérieures vers les parties inférieures. Tout ralentissement de l'infiltration entrainera une stagnation et une accumulation de l'eau dans la porosité. Si ce phénomène se produit dès la surface, l'eau ne pourra pas s'infiltrer et s'écoulera par ruissèlement en suivant la pente topographique. Au-dessus d'une nappe phréatique plus ou moins mobile latéralement, l'eau qui s'infiltré depuis la surface remplit progressivement la porosité et sature le sol en remontant vers la surface. Le manque d'absorption de l'eau par les sols est une des principales causes de la genèse des inondations (Montoroi, J. P. 2012). Lorsque l'intensité des pluies est supérieure à la capacité d'infiltration de la surface du sol, on parlera de ruissèlement « hortonien ». En revanche, un sol, partiellement ou totalement saturé en eau par une nappe souterraine superficielle, génèrera du ruissèlement « par saturation ». Dans des cas bien particuliers, ces deux types de ruissèlement peuvent se produire en même temps et produire subitement des inondations catastrophiques. Lorsque l'infiltration de l'eau dans un sol est durablement diminuée, le risque de ruissèlement de surface est accru.

## Chapitre IV : Cartographie du risque d'inondation

La diminution de l'infiltrabilité d'un sol est liée à son état de surface du sol et à sa morphologie interne (Montoroi, J. P. 2012). Dans les sols des régions ont climat semi-aride été caractérisés par :

- La présence d'accumulation calcaire réduisant la profondeur de sol utile.
- La faible teneur en matière organique et en éléments biogènes.
- Une forte sensibilité à l'érosion.

Parmi les sols les plus rencontrés dans la zone d'étude on y trouve : Le sol squelettique, sol argileux calcaire, sol brun forestier (Conservation des forêts O.E.B 2017/2018).



**Figure 35.** La carte de la texture du sol de la zone d'étude.

La réalisation de la carte des sols du bassin versant d'oued meskiana est obtenue à partir de la carte des sols d'Algérie (Tébessa 1 :500 000).

La figure 35. montre cinq classes de sol :

- La roche mère (26 %) : constitué par une série marneuse et une série de stratification d'argile, calcaire et grés situés au Sud-Est et Sud-Ouest de la zone d'étude. Une note de 1 est attribuée
- Sols calcaires (17,87 %) : situé dans le Nord-Est et le Nord-Ouest de la zone d'étude ; une note de 2 est attribuée.
- Sols alluviaux basiques (11,95 %) : situé dans le centre-Nord de la zone d'étude ; une note de 3 est attribuée.
- Sols calciques : couvrant plus de (40,71 %) de la superficie totale de la zone d'étude, couvrant Delaa, Zoui, Ain Touila, El Mahmal une note de 4 est attribuée.
- Sols salins : couvrant une faible superficie totale (4,07 %), située au sud-ouest de la zone d'étude à proximité de la région d'El Mahmel une note de 5 est attribuée.

### 3.2 La pente :

La pente est également un facteur passif des inondations. Elle accélère le ruissèlement quand l'inclinaison est accentuée et favorise la concentration des eaux lorsqu'elle est faible.

La valeur de la pente influence directement l'urbanisation. Plus elle est forte, plus elle entraîne l'érosion et les glissements des terrains.

La topographie influence la répartition et l'étendue des nappes d'eau sur les plaines inondables. La connaissance de la topographie s'avère essentielle afin d'identifier les zones à risques lors des inondations soit par ruissèlement ou par débordements des cours d'eau. (Assako, R. J. A.1998).

La cartographie du paramètre topographie, est réalisée à partir d'un modèle numérique de terrain MNT (28 m) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), en utilisant la fonction Slope dans l'Outil Spatial Analyst.

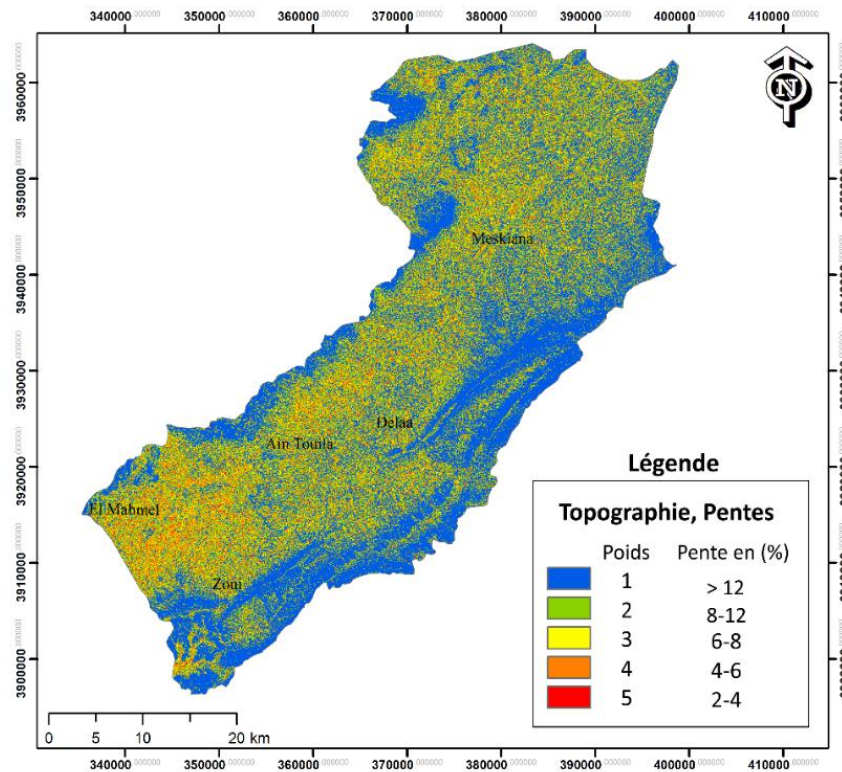
Cinq classes de pente ont été retenues (figure 36.) :

- Très faible ( 2 à 4 %) : c'est la classe de pente la plus susceptible aux inondations avec une note de 5, situé principalement au Nord allant vers le centre et le sud du bassin. Couvrant (5,72 %) de la surface totale de la zone d'étude ;
- Faible (4 à 6 %) : couvrant (18,49 %) de la surface totale de la zone d'étude, avec une note de 4 ;

## Chapitre IV : Cartographie du risque d'inondation

- Modérée (6 à 8 %) : couvrant (23,75 %) de la surface totale de la plaine, avec une note de 3 ;
- Forte (8 à 12 %) : couvrant (44,70 %) de la surface totale de la zone d'étude, avec une note de 2 ;
- Très forte (> 12 %) : avec une note de 1, indique des pentes plus fortes, situées au sud-est allant vers le nord-ouest de la zone d'étude. Couvrant (7,32 %) de la surface totale de la zone d'étude.

On peut donc facilement noter que près de l'oued, la pente est très abrupte et qu'elle devient ensuite pratiquement nulle. Facilitant ainsi l'implantation de différentes infrastructures, par conséquent elle devient exposée aux risques d'inondation par ruissèlement s'il y a lieu.



**Figure 36.** La carte de la pente de la zone d'étude.

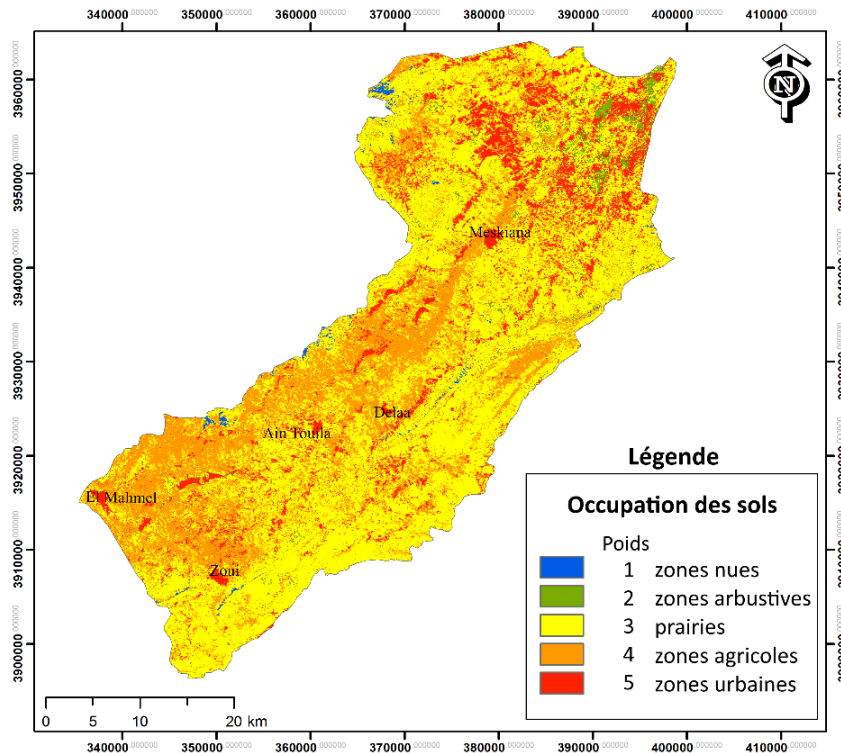
### 3.3 Occupation des sols :

L'évolution des paysages associée au changement d'usage des sols a des incidences directes sur la genèse des inondations. L'exode rural des populations vers les centres urbains et périurbains transforme les sols agricoles et forestiers, non seulement par la construction de nouvelles infrastructures immobilières, mais également par une exploitation des terres plus intensifiée. Il s'ensuit :

- une accélération de l'imperméabilisation artificielle des surfaces (routes, parkings, toitures, bétonisation.) Nécessitant la collecte des eaux pluviales par des réseaux d'assainissement appropriés ;
- une compaction des sols par l'utilisation d'engins de plus en plus lourds et perfectionnés, augmente aussi l'imperméabilité de sols, ainsi le sous-dimensionnement des réseaux d'assainissement et leur vétusté, lors des événements météoriques exceptionnels provoque des inondations dévastatrices (Adeloye A., Rustum R. 2011).

La carte d'occupation du sol a été générée à partir de la carte globale de l'occupation des sols de l'Afrique réalisés par le satellite européen Sentinel 2A (CCI LAND COVER - S2 PROTOTYPE LAND COVER 20M MAP OF AFRICA 2016). Les classes d'occupation des sols ont été regroupées en 5 catégories afin de simplifier la lecture de la carte :

- Les surfaces urbanisées : étant les principales sources d'enjeux, elles ont été représentées en rouge avec une note de 5 occupants (56 %) de la superficie totale de la zone d'étude ;
- Les surfaces agricoles (9,49 %) : avec une note de 4 sont encore prédominante sur le Nord et le Sud-Ouest de la zone d'étude ;
- Les prairies : avec une note de 5 occupants (23,64 %) de la superficie totale de la zone d'étude ;
- Les zones arbustives (8,95 %) : avec une note de 2 présentent sous forme des taches en verre dans le nord de la plaine ;
- Les zones nues (1,88 %) : avec une note de 1 sont pratiquement inexistante.



**Figure 37.** La carte d'occupation du sol de la zone d'étude.

### 3.4 Élévation :

Lorsque l'altitude est supérieure à 850 m, elle indique des terrains à forte pente. Les risques d'érosion des pentes et de glissements de terrain sont donc plus élevés. En revanche, les zones des plus faibles altitudes sont exposées à un grand risque d'inondation. Elles se trouvent en effet être les exutoires d'un système de drainage des eaux de ruissèlement qui demeure essentiellement naturel, faute d'assainissement. C'est le cas notamment des zones inférieures à 700 m (Assako, R. J. A.1998).

La carte d'élévation de la zone d'étude est réalisée à partir d'un modèle numérique de terrain télécharger MNT (28 m) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), la figure 38. présente ci-dessous montre que :

- L'altitude supérieur de 922 m (en bleu) représente le point le plus élevé avec une note de 1, couvrant Delaa, Zoui, Ain Touila et El Mahmal.
- Tandis que l'altitude inférieure (en rouge) de 214 à 370 m, occupant la partie nord de la zone d'étude et couvrant le commun de Meskiana, une note de 5 est attribuée.

On constate que plus le relief du bassin versant d'oued Meskiana est bas plus il est susceptible d'être inondé, car les zones basses constituent les points de convergence des différents cours d'eau.

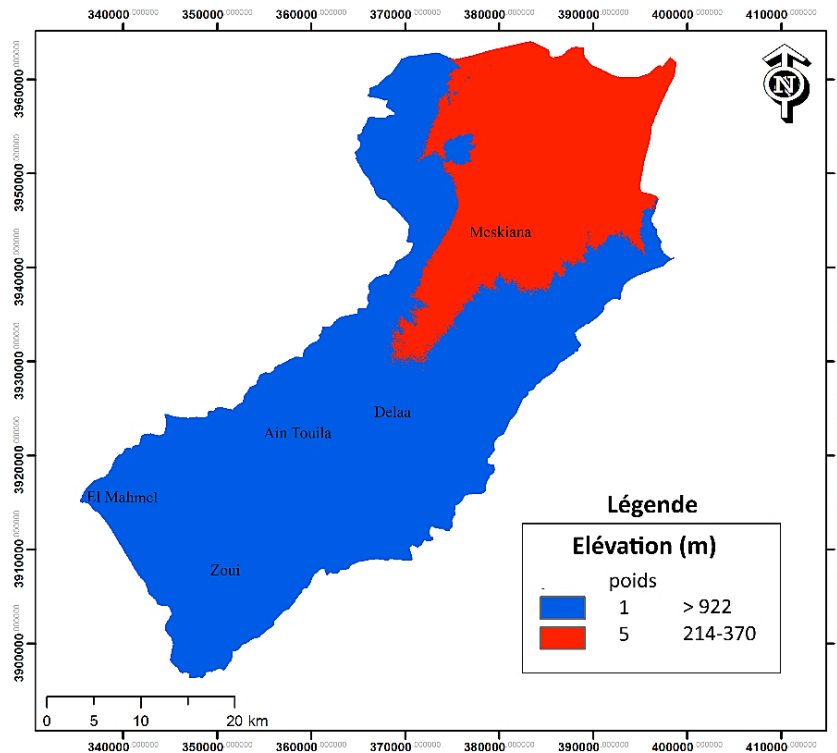


Figure 38. La carte d'élévation de la zone d'étude.

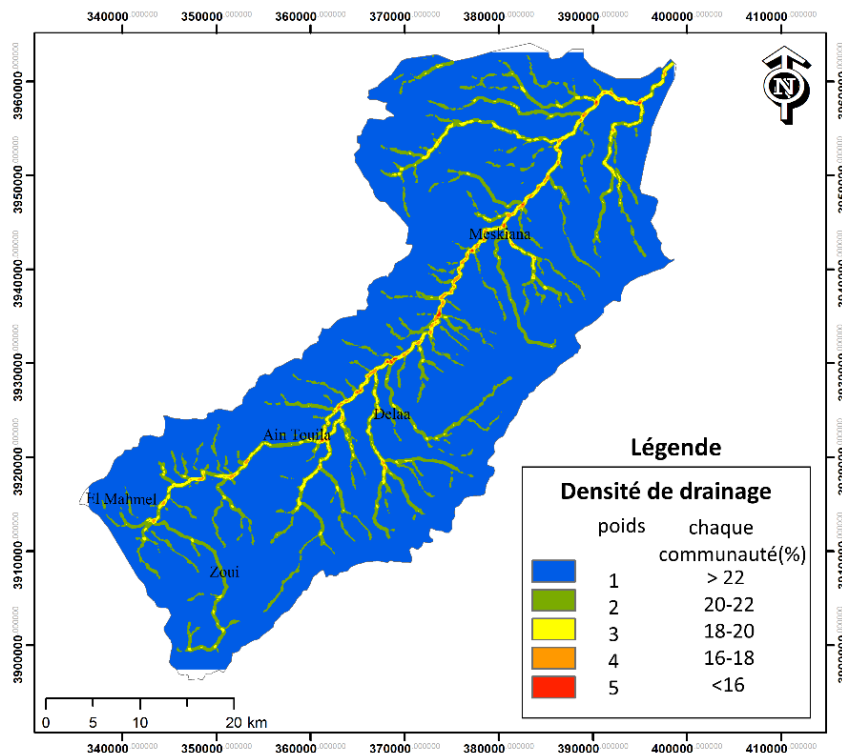
### 3.5 Densité de drainage :

Le drainage est un facteur important qui contrôle la densité des inondations en relation avec la nature des sols et leurs propriétés géotechniques. (Pareta, K. 2004).

Le système de drainage développer dans notre zone d'étude est strictement dépendant de la pente. La densité de drainage (DD) est un concept fondamental dans l'analyse hydrologique qui est défini comme le rapport de la longueur du réseau hydrographique par la superficie du bassin versant. La densité de drainage est contrôlée par la perméabilité du sol, érodabilité des surfaces des matériaux, la végétation, la pente et le temps.

Dans notre zone d'étude, la carte de la densité du drainage est réalisée à partir du réseau hydrographique numérique tiré du MNT du bassin de Meskiana, en utilisant la fonction hydrologie (Outil Spatial Analyst).

Le long d'oued Meskiana qui traverse la ville de Meskiana, Delaa et Ain Touila, sa densité de drainage est très élevée (3,5 à 6 km/km<sup>2</sup>) ce qui indique que ces zones sont les plus exposés aux risques des crues torrentielles (Figure 39.).



**Figure 39.** La carte de la densité de drainage de la zone d'étude.

### 3.6 Danger d'inondation (Aléa) :

Le danger d'inondation constitue un phénomène, une manifestation physique ou une activité susceptible d'occasionner des pertes en vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement (Tanguy, M. 2012).

La carte de danger d'inondation provient d'un croisement à l'intérieur d'un environnement SIG, les cinq cartes qui ont été réalisées précédemment : la carte de densité de drainage, la carte d'occupation des sols, la carte des pentes, la texture des sols et la carte des altitudes.

La carte de danger obtenue du bassin versant d'oued meskiana présente trois zones dont le danger d'inondation varie du faible au fort (Figure 40.) :

## Chapitre IV : Cartographie du risque d'inondation

- Danger d'inondation très faible occupe 61,39 % de la zone d'étude, ce type de danger est localisé au Sud-Est et Sud-Ouest du secteur d'étude ;
- Danger d'inondation modérée à faible occupe 22,6 % de la zone d'étude, ce type de danger est situé dans le nord allant vers le centre et le sud du secteur d'étude ;
- Danger d'inondation élevée occupe 16 % de la zone d'étude d'ailleurs, les communes Meskiana et El Mehmal sont des zones exposées au danger d'inondation très fort par rapport aux autres communes Della, Zoui et Ain Touila.

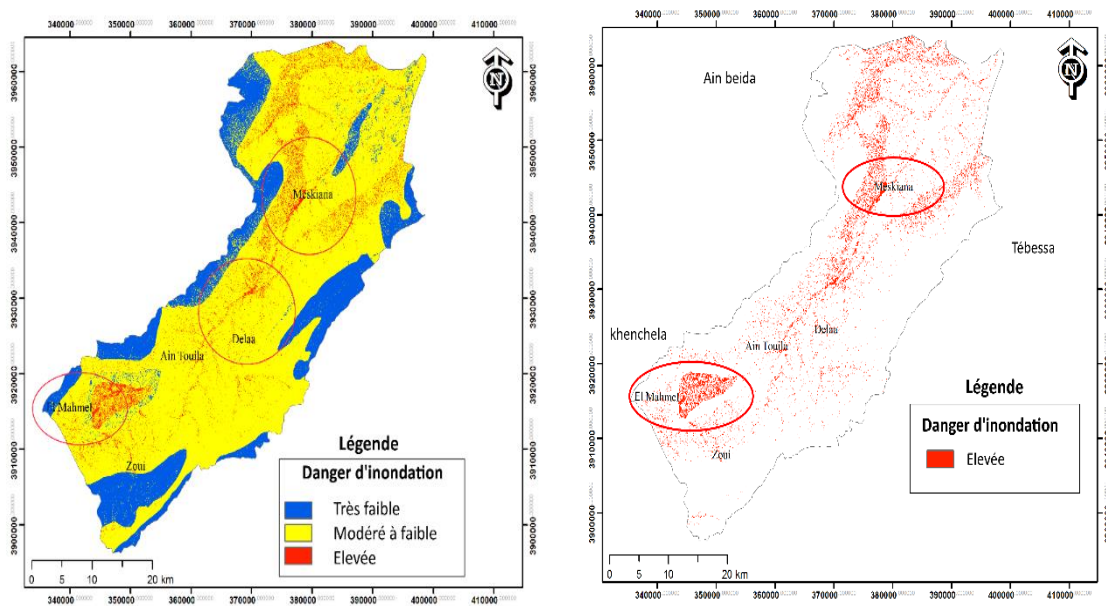


Figure 40. La carte de danger d'inondation de la zone d'étude.

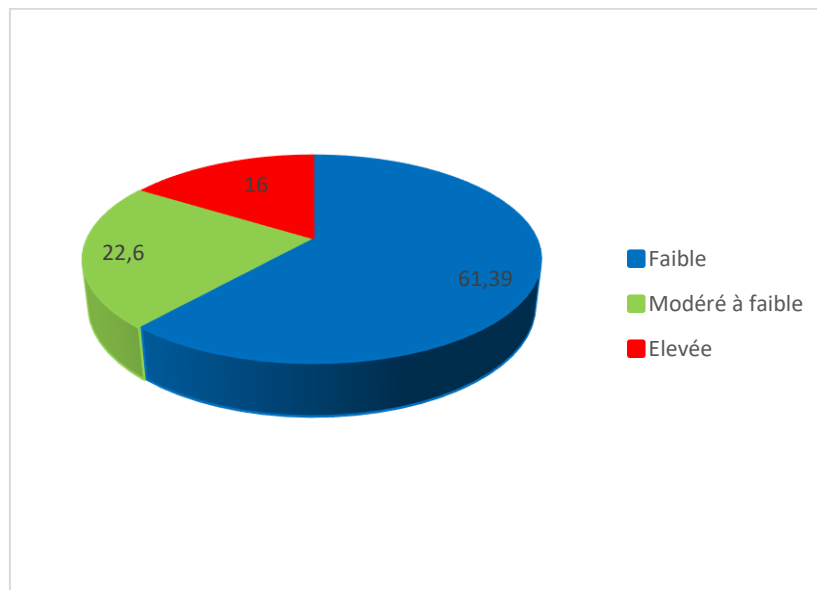


Figure 41. Répartition des dangers d'inondation (en %) dans la zone d'étude

### 3.7 Vulnérabilités aux inondations

La vulnérabilité aux inondations est le résultat de croisement de deux paramètres :

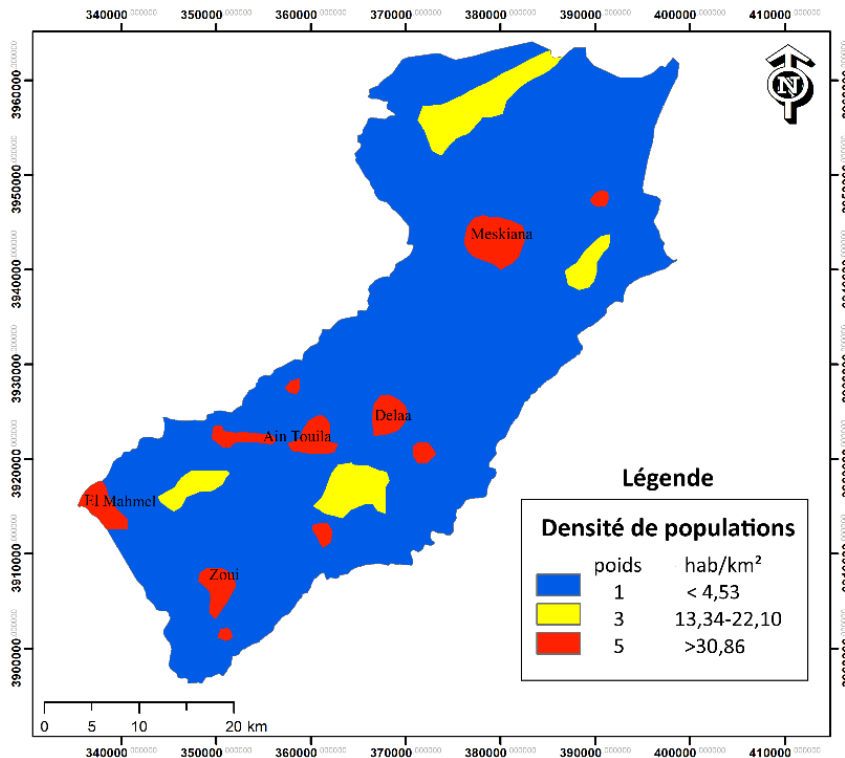
- a) **Occupation des sols** : Ce paramètre a été interprété précédemment (Figure 37.).
- b) **Densité des populations** : L'évolution spectaculaire de la population est à l'origine d'un étalement urbain grandissant qui justifie la destruction des forêts, et par conséquent l'augmentation des zones inondables.

La densité et la croissance démographique sont un facteur qui augmente l'impact des catastrophes naturelles telles que l'inondation (Hansson et al. 2008). La densité de population est une variable importante dans l'évaluation des impacts d'inondation, parce qu'elle fournit le moyen de mesurer le nombre de personnes qui peuvent être les victimes de cette catastrophe (Luong, A. T. 2012).

Les risques d'une inondation pour les personnes sont d'abord les accidents (noyades, chutes, électrocution) dont la gravité varie selon l'intensité et la rapidité des phénomènes. Un évènement lent et long peut entraîner des risques sanitaires liés au manque d'eau potable, au dysfonctionnement des structures de santé, etc. Les impacts sur la santé concernent aussi les conséquences psychologiques du drame pour les personnes qui se retrouvent éloignées de leur habitation, qui perdent leurs biens personnels ou leur emploi suite à la rupture de l'activité économique.

La carte de densité de population (Figure 42.) est basée sur les statistiques fournies par l'office national des statistiques (ONS). Dans le bassin versant d'oued Meskiana, la densité de population est distribuée comme suit :

- Les zones en couleur rouge ayant une densité de population de 30,86 hab/km<sup>2</sup>. Une note de 5 est attribuée ;
- Les zones en couleur jaune ayant une densité de population de 13,34 à 22,10 hab/km<sup>2</sup>. Une note de 3 est attribuée ;
- Les zones en couleur bleue ayant une densité de population de 4,53 hab/km<sup>2</sup>. Une note de 1 est attribuée ;



**Figure 42.** La carte de la densité des populations de la zone d'étude.

### 3.8 Le risque d'inondation

Le risque d'inondation est défini comme la probabilité des dommages correspondant par la conjonction de deux paramètres : l'aléa (danger) et la vulnérabilité, et de ses conséquences négatives potentielles pour la santé humaine, l'environnement, les biens, dont le patrimoine culturel et l'activité économique.

L'évaluation préliminaire des risques d'inondation a pour objectif de caractériser le risque d'inondation et de présenter ces informations sous une forme qui permettra, l'identification le plus simple possible des territoires à risques d'inondation importante.

Le croisement entre la vulnérabilité à l'inondation (densité des populations et occupation des sols) et le danger d'inondation est réalisé à l'aide d'un SIG (ArcGIS 10.3) (Figure 43. Tableau 14.) :

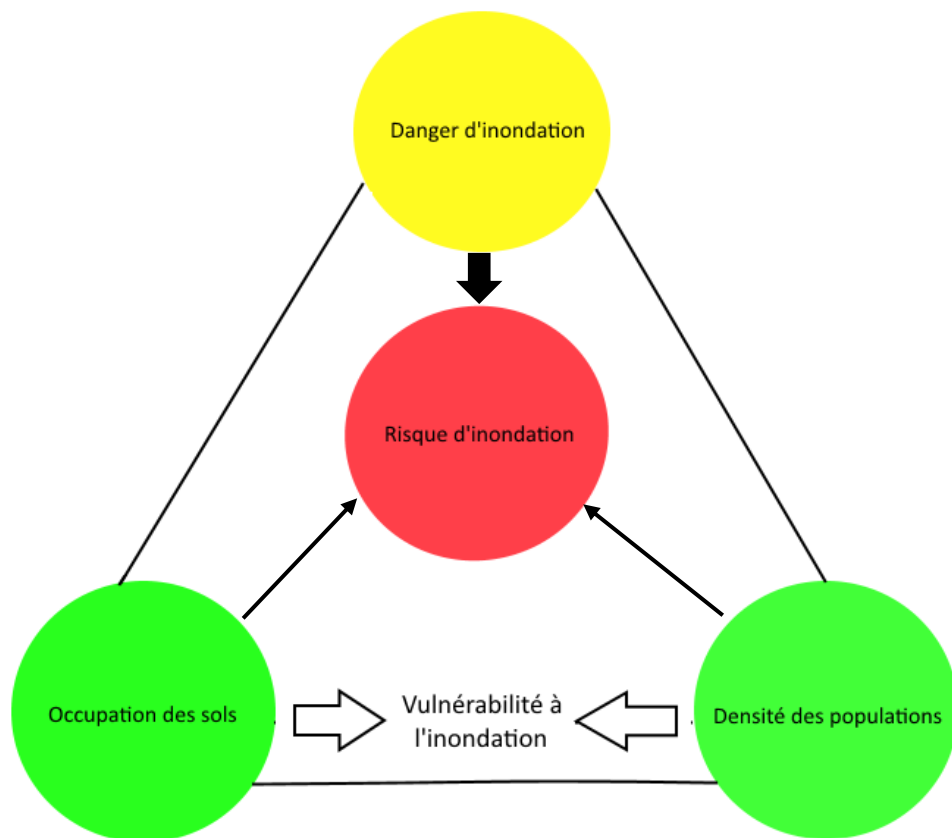


Figure 43. Schéma explicatif d'établissement de la carte du risque d'inondation

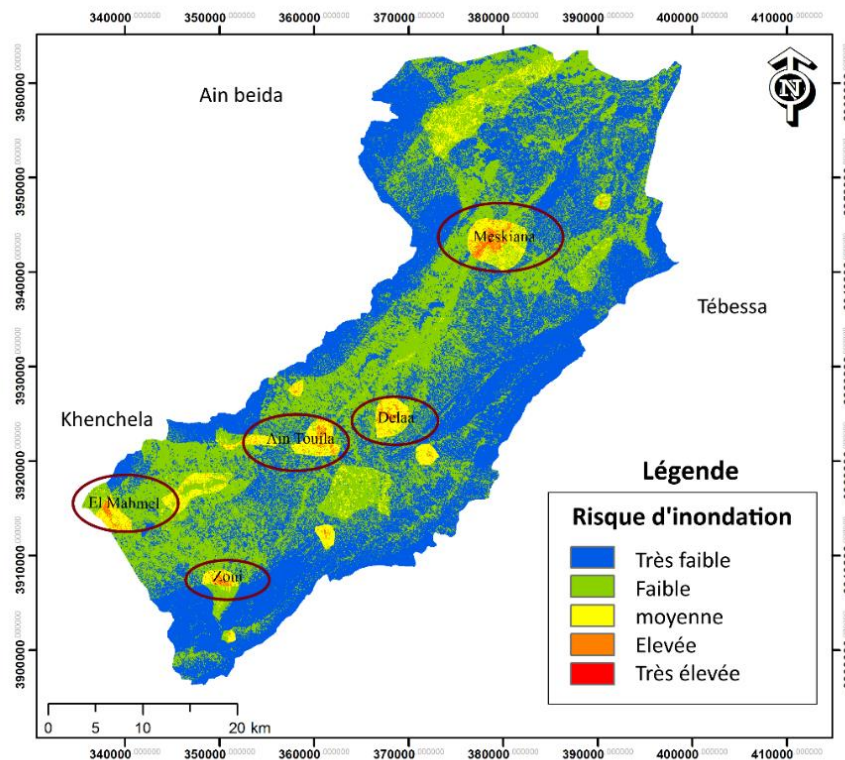
Tableau 14. Pondération des critères utilisés (Saaty, T. L. 1977).

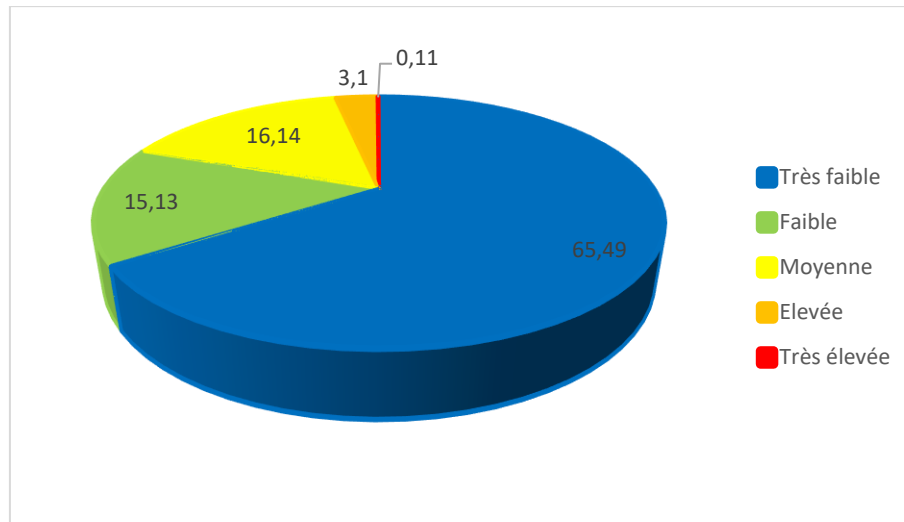
Critères	Classe	Notes	Poids
<b>Danger d'inondation</b>	Très faible	1	0,3333
	Modéré à faible	3	
	Élevée	5	
<b>Densité des populations</b>	Communauté >22	1	0,3333
	Communauté 20-22	2	
	Communauté 18-20	3	
	Communauté 16-18	4	
	Communauté < 16	5	
<b>Occupation des sols</b>	Zones nues	1	0,3333
	Zones arbustives	2	
	Prairie	3	
	Zones agricoles	4	
	Zones urbaines	5	

## Chapitre IV : Cartographie du risque d'inondation

La carte de risque à l'inondation obtenue montre cinq degrés différents de risque varie de très faibles à très élevé :

- Les zones à risque très faible : couvrent 65,49 % du territoire d'étude et correspondent aux bordures du bassin versant ;
- Les zones à risque faible : couleur verte, couvrant 15,13 % du territoire d'étude ;
- Les zones à risque moyenne : couleur jaune couvrant 16,14 % du territoire d'étude ;
- Les zones à risque élevé : couleur orange elles occupent 3,1 % du territoire d'étude et s'étendent principalement dans la partie centrale et sud. Ces zones présentent un danger évident lors des crues torrentielles ;
- Les zones à risque très élevé : couleur rouge, elles occupent 0,11 % de la surface totale de la zone d'étude. Elles regroupent les agglomérations de Meskiana, Delaa ; Zoui, Ain Touila et El Mahmel, où il n'existe pas de mesures habituelles de protection efficaces.





**Figure 45.** Répartition des risques d'inondation (en %) dans la zone d'étude.

### Conclusion

La cartographie de risque à l'inondation dans le bassin versant d'oued Meskiana montre l'existence de cinq degrés de risque allant de plus faible aux plus élevés :

- Le risque élevé et très élevé occupe 3,22 % de la zone d'étude. Les zones concernées sont Meskiana, El Mehmal, Zoui, Delaa et Ain Touila,
- Le risque modéré occupe 16,14 % de la zone d'étude,
- Le risque faible et très faible occupe 80,62 % de la zone d'étude.

Donc, on constate que les zones prédisposées à l'inondation sont celles situées en contrebas des reliefs aux abords immédiats de cours d'eau principale d'oued Meskiana caractérisées par une densité des populations élevée. Dans ces secteurs, la perméabilité et la pente sont très faibles et le réseau de drainage est dense (infiltration faible, concentration rapide des eaux).

---

## ***Conclusion générale - recommandations***

---

## Conclusion générale - recommandations

La présente mémoire a fait l'objet d'une étude sur l'identification de risque à l'inondation dans le bassin versant d'oued Meskiana, qui aboutit aux conclusions suivantes :

Le bassin versant d'oued Meskiana située au Nord-Est de l'Algérie, fait partie du bassin de Medjerda qui porte une superficie de 1680 km<sup>2</sup>. L'étude géologique du bassin de Meskiana a montré que les formations carbonatées de bordure sont d'âge crétacé. Les formations d'âge Mio-Plio-Quaternaire occupent la totalité de la zone d'étude. Du point de vue hydrogéologique, les calcaires d'âge crétacé bordant le bassin versant pourraient être d'importants réservoirs d'eau. Les assises marneuses constitueraient un substratum imperméable.

L'étude climatique montre que le bassin versant d'oued Meskiana, est soumis à un climat méditerranéen de type semi-aride, avec un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec, avec des précipitations annuelles de l'ordre de 375 mm. La température moyenne interannuelle est de 16.5°C.

Sur la base des données de la télédétection et des données spatiotemporelle, la cartographie de risque d'inondation montre que le bassin versant d'oued Meskiana comporte des zones qui sont susceptibles d'être inondé varie de très faible à très fort risque.

- Les zones à fort de très fort risque sont situées aux abords immédiats d'oued Meskiana. Les localités de Meskiana, Delaa, El Mehmal, Ain Touila et Zoui sont les plus concernées. Les populations dans ces localités sont constamment exposées aux risques d'inondation.
- Les zones à faible de très faible risque situent dans la direction Sud-Est et Sud-Ouest du bassin versant, nous avons également constaté cette situation dans la région Centre-Nord où se trouve oued Meskiana sur 58 km de long. Ce dernier traverse les limites de tissu urbain pour se déverser dans la vallée de Medjarda à El Aouinet. Les terres de cette région sont inconstructibles à cause de leur emplacement près de l'oued. Néanmoins, nous trouvons des constructions sur les rives de cet oued, ce qui présente un danger pour la population dans le cas des averses torrentielles.

Tout au long de ce chapitre, il ressort que le risque d'inondation dans le bassin versant d'oued Meskiana est la conjonction de plusieurs facteurs avec importance différenciés, topographique, géologique, et d'origine humaine (occupation du sol et densité de population). D'une part les facteurs naturels qui déclenchent le phénomène (pluviométrie)

## Conclusion générale - recommandations

et le contiennent (faible pente) et d'autre part les facteurs anthropiques qui amplifient les inondations par l'occupation anarchique des bassins versants et des lits des cours d'eau. Une cartographie des zones inondables a été opérée grâce à la modélisation de quelques facteurs du risque notamment l'aléa et la vulnérabilité.

Il faut signaler que, pour assurer la durabilité et le bon fonctionnement de ce travail, nous espérons que les recommandations ci-dessous seront prises en vigueur :

- Validation de la cartographie en basant sur l'utilisation des images satellitaires et les télédétections.
- Comparaison entre la cartographie du risque inondation par approche de modélisation hydraulique ou Hydro géomorphologique.
- Modélisation cartographique de l'aléa et la vulnérabilité aux inondations par un logiciel 2D ou 3D pour comparer la précision.
- Cartographie de l'intensité des précipitations (soit par une approche quantitative ou qualitative). Ce qui peut beaucoup aider à la prévention aux risques d'inondation.
- Mettre en œuvre une méthodologie consistante de gestion du risque inondation dans le bassin versant d'oued Meskiana.
- L'identification des zones inondables doit être systématique et largement portée à la connaissance des citoyens de la zone d'étude.
- Dans les zones à risque d'inondation très élevée, elle doit s'exercer à adopter un comportement adéquat pour sa sauvegarde en cas d'évènement grave.

Il faut noter que le phénomène des inondations fait partie de la nature. Il a toujours existé et continuera d'exister. En définitive, le travail exposé n'est qu'une petite partie d'un projet pluridisciplinaire. Il s'agit d'un travail dont les résultats constituent un outil d'aide à la décision et un appui aux collectivités compétentes techniques, qui accompagnent les différents projets d'aménagement dans la région.

---

## *Références bibliographiques*

---

## Références bibliographiques

- **ABH-CSM (2004).** Les cahiers de l'agence, Bassin du kebir-rhumel. Ministère des Ressources en eau. N°8.
- **Adeloye A., Rustum R. (2011).** Lagos (Nigeria) flooding and influence of urban planning. *J Urban Design and Planning*, 164, 3:175 –187.
- **Assako, R. J. A. (1998).** Apport de la télédétection et du SIG dans la recherche des zones constructibles d'un site urbain de collines : le cas de Yaoundé (Cameroun). *L'Espace géographique*, 122-128.
- **Bachi, M. (2011).** Problématique du risque inondation en milieu urbain ; cas de l'agglomération de sidi bel abbés. Mémoire de Magister en Hydraulique Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen.
- **Barroca, B. (2006).** Risque et vulnérabilités territoriales : les inondations en milieu urbain, Thèse de Doctorat en Hydraulique, Université de Marne-La-Vallée.
- **Belloula, M. (2008).** Modélisation des écoulements et perspectives de prévention contre les risques d'inondation dans quelques bassins de la Medjerda (Confins algéro-tunisiens). Mémoire de Magister en Aménagement du territoire, Département des sciences de la terre, Université El Hadj Lakhdar, Batna.
- **Benboudriou N., Maameri Kh. (2018).** Contribution à l'étude et inventaire de la végétation d'oued Meskiana et d'oued Sigus (la Wilaya d'Oum El Bouaghi) . Mémoire de Master en Écologie Université Larbi Ben Mhidi Oum el Bouaghi.
- **Bonn, F., Dixon R. (2005).** Monitoring flood extent and forecasting excess runoff risk with Radarsat-1 data. *Journal of the International society for the prevention and mitigation of natural Hazards* 35(3): 377-393.
- **Bonn, F., Roche G. (1992).** Précis de télédétection, Presses de l'Université du Québec 1 AUPELF.
- **Boubchir, A. (2007).** Risques d'inondation et occupation des sols dans le Thore (région de Labruguière et de Mazamet) , Mémoire de Master en Géographie et Aménagement, Institut Daniel Faucher Université de Toulouse.
- **Boudou, M. (2015).** Approche multidisciplinaire pour la caractérisation d'inondations remarquables : enseignements tirés de neuf évènements en France (1910-2010) (doctoral dissertation, Université Paul Valéry-Montpellier III).
- **Bui, D. Y. (2008).** Analyse et modélisation du risque d'inondation en aval du delta du fleuve Rouge en utilisant la télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG). Département de Géologie et de Télédétection Sherbrooke, Université de Sherbrooke.

## Références bibliographiques

- **Cemagref (1993).** Rapport technique. Étude hydraulique des Wateringues. Lyon, Centre du Machinisme agricole, du Génie rural, des Eaux et des Forêts (CEMAGREF): 168
- **Comitas, J. (1988).** Glossaire des termes officiels de la télédétection aérospatiale. Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et de télédétection.
- **Cortes, A. (2006).** L'appropriation active du risque inondation : intérêts et limites de la réglementation. Étude de cas entre Seyssel et Bregnier Cordon (Haut Rhône), Rapport de stage Ingénieur Maître-Institut de la Montagne.
- **Cote, M. (2005).** La ville et le désert : le bas-Sahara algérien. Paris, Editions Karthala, p. 59
- **Cuq, F., et al (2001).** Un Système d'Information géographique pour l'aide à la gestion intégrée de l'archipel des Bijagos (Guinée-Bissau). CNRS/UICN, Plouzané.
- **Dahdouh, Y. (2018).** Élément d'analyse du phénomène d'inondation dans les villes à bassin périurbain. Modélisation hydrologique. Cas de la ville de Annaba (doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar de Annaba).
- **Dauphiné, A. (2001).** Risques et catastrophes. Paris, Aramand Colin.
- **Djebali, Kh. (2015).** Contribution à l'étude de l'aléa "inondations" Genèse et prédiction Cas de la vallée d'El-Abadia (Ain Defla) . Mémoire de Master en Hydraulique École nationale supérieure d'hydraulique-arbaoui Abdellah.
- **Eastman, J.R. (2001).** IDRISI Guide to GIS and Image Processing, Volume 2, [www.gyml.unibas.ch/go/17/pdf2/Guide2](http://www.gyml.unibas.ch/go/17/pdf2/Guide2), on January 2007; Clark University Version 32.20. Version 32.20. Clark University.
- **ESRI (1990).** Understanding GIS, the Arc Info method. Environmental System Research Institute Incorporation.
- **Fischer, M. M., Nijkamp, P. (1993).** Design and use of geographic information systems and spatial models. In geographic information systems, spatial modelling and policy evaluation (pp. 1-13). Springer, Berlin, Heidelberg.
- **Gendreau, N. (1999).** Structural and non-structural measures implementation: choice's arguments provided by inondabilité method, Ribamod concerted action, proceedings of the first workshop; European commission, 18 019 EUR EN, 241-250
- **Gouaidia, L. (2008).** Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de meskiana nord-est algérien (doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar de Annaba).199 pages

## Références bibliographiques

- **Gouaidia, L., Guefaifia, O., Boudoukha, A., LaidHemila, M., et Martin, C. (2012).** Évaluation de la salinité des eaux souterraines utilisées en irrigation et risque de dégradation des sols : exemple de la plaine de Meskiana (Nord-Est algérien). *Physio-Géo. Géographie physique et environnement (Volume 6)*, 141-160.
- **Hallil, A. (2017).** La commune de Medrissa face au risque d'inondation Appréciation et perspectives de solutions ». Mémoire de Master en gestion des risques naturels dans le milieu urbain université Mohamed Boudiaf – m'sila.
- **Hansson, K., M. Danielson, et al. (2008).** Assessment of a Flood Management Framework. *International Journal of Public Information Syst~m 1*: 25-37.
- **Haridi, F. Z. (2013).** Évaluation de l'impact social, économique et environnemental des risques majeurs d'inondation : cas des villes algériennes. In en ligne. Actes de colloque international en évaluation environnementale, Lomé-Togo. Disponible sur le site : <http://www.sifee.org/static/uploaded/Files/ressources/actes-des-colloques/lome>.
- **Henry, J. B. (2004).** Systèmes d'information spatiaux pour la gestion du risque d'inondation de plaine (doctoral dissertation, Faculté de géographie et d'aménagement, Université Louis Pasteur - Strasbourg I)
- **Hubert, G., Ledoux, B. (1998).** Le Coût du risque, l'évaluation des impacts socioéconomiques des inondations (p. 240). Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.
- **International Strategy for Disaster Reduction. (2004).** Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives (Vol. 1). United Nations Publications
- **Laborde, J.P. (2003).** Les chroniques mensuelles de pluies de bassin : un préalable à l'étude des écoulements en Algérie, Colloque international "Gestion du risque eau en pays semi-aride", Tunis, 10 p.
- **Lahlah, S. (2004).** Les inondations en Algérie, Actes des Journées techniques/Risques naturels : Inondation, Prévision, Protection/BATNA.
- **Ledoux, B. (2006).** La gestion du risque inondation, édition. Tec & doc. (Cité par Bachi, M. 2011)
- **Longley, P. A., Batty, M. (1996).** Spatial analysis: modelling in a GIS environment. John Wiley & Sons.
- **Luong, A. T. (2012).** Évaluation des risques d'inondations dans le bassin du fleuve Huong, province de Thua Thien Hue, centre du Vietnam (doctorale dissertation, Université du Québec à Montréal).

## Références bibliographiques

- **Margat, J. (1968).** Vulnérabilité des nappes d'eau souterraine à la pollution. Base de la cartographie, Doc. BRGM, 68 SGL 198 HYD. Orléans, France.
- **Merabet, A. (2006).** Étude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations, Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes-Sidi Bel Abbés.
- **Montoroi, J. P. (2012).** Rôle des sols sur la genèse des inondations. In publications du symposium européen sur les problèmes actuels de la protection contre les inondations de mars 2012.
- **Nedelec, Y. (1999).** Activités rurales et inondations : connaissances et bonnes pratiques. Editions Cemagref, 135 p.
- **Pain-Orcet, M., Seen, D. L., Fauvet, N., Trébuchon, J. F., et Dipapoundji, B. (1998).** Les cartes, la télédétection et les SIG, des outils pour la gestion et l'aménagement des forêts tropicales d'Afrique Centrale. CIRAD-Forêt.
- **Pareta, K. (2004).** Hydro-Geomorphology of Sagar District (M.P.): A Study through Remote Sensing Technique, Proceeding in XIX M. P. Young Scientist Congress, Madhya Pradesh Council of Science & Technology (MAPCOST), Bhopal.
- **Ramade, F. (1984).** Éléments d'écologie, écologie fondamentale. Ed. McGraw-Hill, Paris, 397 p.
- **Ramos, A., Cunha, L., et Cunha, P. P. (2014).** Application de la Méthode de l'Analyse multicritère hiérarchique à l'étude des glissements de terrain dans la région littorale du centre du Portugal : Figueira da Foz–Nazaré. *Geo-Eco-Trop*, 38(1), 33-44.
- **Saaty, T. L. (1977).** A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, *Journal of Math. Psychology*, 15, 234-281.
- **Salomon, J. N. (1997).** L'homme face aux crues et aux inondations, Presses universitaires de Bordeaux, Université Michel de Montaigne – Bordeaux.
- **Tanguy, M. (2012).** Cartographie du risque d'inondation en milieu urbain adaptée à la gestion de crise : Analyse préliminaire (No. R1395). (Doctorale dissertation, Institut national de la recherche scientifique Québec).
- **Vila J.M. (1973)** : Notice explicative de la carte géologique, au 1/50.000, d'Ain Beida (feuille n° 149). Éditée par Sonatrach en 1977.6 (Cité par Gouaidia et al. 2012).
- **Yahiaoui, A. (2012).** Inondations Torrentielles Cartographie des Zones vulnérables en Algérie du Nord Cas de l'oued Mekerra, Wilaya de Sidi Bel Abbès, (doctorale dissertation, Ecole nationale polytechnique).

---

## *Annexes*

---

Les précipitations mensuelles enregistrées à la station de Meskiana :

Années	Sept	oct	nov	déc	Jan	fév	Mars	Avril	Mai	Juin	juil	Aout
1990	31,0	7,5	56,9	35,2	2,9	19,5	40,6	54,8	32,0	0,0	0,0	0,0
1991	0,0	39,0	27,5	0,0	37,6	51,3	45,5	24,9	69,8	0,0	0,0	7,5
1992	3,0	64,0	37,4	44,8	0,0	14,1	8,2	1,4	38,4	2,6	2,3	24,9
1993	24,5	3,2	3,9	9,9	7,5	27,9	19,0	14,5	10,5	0,0	0,0	2,3
1994	7,5	26,2	6,5	5,8	44,2	0,0	8,8	11,5	0,0	74,9	23,1	6,7
1995	98,7	26,8	7,0	12,0	88,0	63,0	66,0	33,2	12,2	15,8	0,0	3,5
1996	27,4	3,3	5,4	23,7	72	121,7	64,9	29,5	48	28,8	21,4	20,8
1997	97,1	54,7	71,8	55	32,9	6,3	23,8	19,9	8	40	5,1	23,2
1998	53,7	43,7	53,3	21,1	5,7	25,9	32,4	67,1	27,8	27,2	1,1	24,2
1999	65,9	15,3	47,1	53,7	74,1	14,6	45,4	10,9	34,1	19,2	25,8	28,1
2000	76,6	40,5	12,4	24,2	8,2	0	10,8	8	68,2	40,1	0	15,2
2001	66,7	41	49	64,7	51,3	17,9	12,5	17,4	64,7	0	1,6	15,3
2002	26,6	26,6	77,4	46,4	6,3	19,3	5,6	25,2	14,9	11,6	39,4	83,4
2003	45,6	90,1	26,8	96,7	117,4	59,3	30,6	90,1	34,8	26	0	6,2
2004	10,4	8,4	136,5	136,7	30,6	5	44,4	25,8	145,2	56	10,9	37,7
2005	35,4	16,2	15,3	44,4	19,1	52,7	15,4	46,4	22,6	28,8	5,8	10
2006	10,9	24,9	15,9	47,8	81,3	26,6	12,5	33	78	8,1	17,9	24,7
2007	46,7	34,6	15,4	41,2	8,5	14,8	104,7	30,6	32,8	8,5	0	2,5
2008	76,2	59,8	18	46,5	11,5	11,4	43,4	17,2	73,3	30	15,2	14,5
2009	56,8	14,1	0	19,7	80,9	29,6	56,9	86,7	62,1	0	5,3	0
2010	65,5	32	77,5	11,9	47,6	17,5	27,5	66,9	34,8	38,8	16,6	7,6
2011	44,3	34,6	10,9	8,5	11,9	17,3	15,5	14,7	14	2	8	0
2012	73,2	25,9	27,1	5	26,7	66,1	31,5	42,4	46,4	16,2	3,4	24,4
2013	89,8	37,4	31,7	28,6	37,4	22,3	50	37,2	38,1	0,4	39,8	57,4
2014	45,2	29,6	30,6	34,5	32,7	30,3	32	34,8	40,2	20,2	11,3	15,6

Les températures mensuelles enregistrées à la station de Meskiana :

Années	sept	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout
1990	31,0	7,5	56,9	35,2	2,9	19,5	40,6	54,8	32,0	0,0	0,0	0,0
1991	0,0	39,0	27,5	0,0	37,6	51,3	45,5	24,9	69,8	0,0	0,0	7,5
1992	3,0	64,0	37,4	44,8	0,0	14,1	8,2	1,4	38,4	2,6	2,3	24,9
1993	24,5	3,2	3,9	9,9	7,5	27,9	19,0	14,5	10,5	0,0	0,0	2,3
1994	7,5	26,2	6,5	5,8	44,2	0,0	8,8	11,5	0,0	74,9	23,1	6,7
1995	98,7	26,8	7,0	12,0	88,0	63,0	66,0	33,2	12,2	15,8	0,0	3,5
1996	27,4	3,3	5,4	23,7	72	121,7	64,9	29,5	48	28,8	21,4	20,8
1997	97,1	54,7	71,8	55	32,9	6,3	23,8	19,9	8	40	5,1	23,2
1998	53,7	43,7	53,3	21,1	5,7	25,9	32,4	67,1	27,8	27,2	1,1	24,2
1999	65,9	15,3	47,1	53,7	74,1	14,6	45,4	10,9	34,1	19,2	25,8	28,1
2000	76,6	40,5	12,4	24,2	8,2	0	10,8	8	68,2	40,1	0	15,2
2001	66,7	41	49	64,7	51,3	17,9	12,5	17,4	64,7	0	1,6	15,3
2002	26,6	26,6	77,4	46,4	6,3	19,3	5,6	25,2	14,9	11,6	39,4	83,4
2003	45,6	90,1	26,8	96,7	117,4	59,3	30,6	90,1	34,8	26	0	6,2
2004	10,4	8,4	136,5	136,7	30,6	5	44,4	25,8	145,2	56	10,9	37,7
2005	35,4	16,2	15,3	44,4	19,1	52,7	15,4	46,4	22,6	28,8	5,8	10
2006	10,9	24,9	15,9	47,8	81,3	26,6	12,5	33	78	8,1	17,9	24,7
2007	46,7	34,6	15,4	41,2	8,5	14,8	104,7	30,6	32,8	8,5	0	2,5
2008	76,2	59,8	18	46,5	11,5	11,4	43,4	17,2	73,3	30	15,2	14,5
2009	56,8	14,1	0	19,7	80,9	29,6	56,9	86,7	62,1	0	5,3	0
2010	65,5	32	77,5	11,9	47,6	17,5	27,5	66,9	34,8	38,8	16,6	7,6
2011	44,3	34,6	10,9	8,5	11,9	17,3	15,5	14,7	14	2	8	0
2012	73,2	25,9	27,1	5	26,7	66,1	31,5	42,4	46,4	16,2	3,4	24,4
2013	89,8	37,4	31,7	28,6	37,4	22,3	50	37,2	38,1	0,4	39,8	57,4
2014	45,2	29,6	30,6	34,5	32,7	30,3	32	34,8	40,2	20,2	11,3	15,6

## Résumé :

Le but de ce travail est l'identification et la cartographie des zones à risque d'inondation dans le bassin versant d'oued Meskiana situé à l'est d'Oum El-Bouaghi. Ce travail repose sur l'intégration dans un système d'information géographique (SIG), des données à partir d'images satellitaires, modèles numériques de terrain (MNT) et des données hydrologiques et géologiques.

Les principaux facteurs pris en compte dans cette étude sont : la pente, l'altitude, texture du sol, densité de drainage, occupation du sol et densité de population. L'analyse spatiale réalisée dans un SIG a permis de développer la carte du risque d'inondation du bassin versant. La carte de risque obtenue comporte cinq classes allant du risque d'inondation très faible à très élevé. Les zones situées le long d'oued Meskiana à partir de l'amont vers l'aval les plus exposées aux risques d'inondation.

**Mots clés :** Oued Meskiana, inondation, SIG, Danger, Vulnérabilité, risque

## ملخص:

نهدف من خلال هذا العمل إلى تحديد ورسم الخرائط للأماكن المعرضة لأخطار الفيضانات على ضفاف وادي مسكيانة المتواجد شرق ولاية أم البواقي. تركزت هذه الدراسة على المعطيات الناتجة عبر صور الساتل، النموذج الرقمي للأرض، المعطيات الجيولوجية والهيدرولوجية وإدخالها في نظام المعلومات الجغرافية (SIG).

العوامل الرئيسية التي تؤخذ في الاعتبار في هذه الدراسة هي: الميل، الارتفاع، نسيج التربة، كثافة صرف المياه، استعمال الأرض والكثافة السكانية. يسمح التحليل المكاني المنجز في نظام المعلومات الجغرافية لتطوير خريطة مخاطر الفيضان لمستجمعات المياه. تحتوي خريطة المخاطر التي تم الحصول عليها على خمس فئات تتراوح بين مخاطر الفيضان الجذ منخفضة إلى المخاطر العالية جدا. المناطق الواقعة على طول وادي مسكيانة من المنبع إلى المصب تعتبر الأكثر تعرضاً لخطر الفيضانات.

**الكلمات المفتاحية:** وادي مسكيانة، الفيضانات، نظام المعلومات الجغرافية، الاحتمالية، الخطر.

## Abstract:

The aim of this work is the identification and mapping of areas at risk of flooding in the Oued Meskiana watershed located east of Oum El-Bouaghi. This work is based on the integration of data from satellite images, digital terrain model (DTM), hydrological and geological data into a geographic information system (GIS).

The main factors taken into account in this study are : slope, altitude, soil texture, drainage density, land use and population density. The spatial analysis carried out in a GIS allowed developing the flood risk map of the watershed. The risk map obtained has five classes ranging from very low to very high flood risk. Areas located along Oued Meskiana from upstream to downstream are more exposed to flood risk.

**Key words:** Oued Meskiana, flood, GIS, Hazard, Vulnerability, Risk