



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Ziane Achour–Djelfa
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

Mémoire de fin d'étude
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
DE MASTER EN GEOGRAPHIE ET AMENAGEMENT DU TERRITOIRE
Spécialité : Villes, dynamique spatiale et gestion

Thème :

**APPLICATION DE LA TELEDETECTION ET SIG POUR
ANALYSER LA SENSIBILITE AUX INONDATIONS DANS LES
VILLES DJELFA, MESSAAD ET AIN OUESSARA**

Réalisé par : CHABIRA Zakia

Les Membres du jury :

Mr : BOUZNAD Imad EddinePromoteur



Remerciements

Tout d'abord, je voudrais remercier Dieu qui a facilité mon travail en me donnant la volonté, la patience et la force de mener à bien ce travail.


Je souhaite tout remercier mon promoteur de mémoire, Mr. Imad Eddine Bouznad, pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa personnalité.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à mon frère Mr.Said Daoud dont les conseils et les encouragements m'ont été précieux.

Je tiens également à exprimer mes profonds remerciements à mon professeur et à mon frère Mr. Tenah Bendaoud pour son, soutien et ses conseils

Je remercie mon chère frère Mr. Omar Chabira à tous les moments d'enfance passés avec toi mon frère, en gage de ma profonde estime pour l'aide que tu m'as apporté. Tu m'as soutenu, réconforté et encouragé. Puissent nos liens fraternels se consolider et se pérenniser encore plus.

Aussi Je tiens à remercier Mr Djamel Bengusmia (Bureau d'étude BNEDER Djelfa) Merci beaucoup pour votre aide et pour m'avoir donné de votre temps.





Dédicace

Je dédie ce travail
*A mes très chères parents, source
d'amour, d'affection, d'espoire et
motivation*

*Ce modeste travail est le fruit de tous
les sacrifices que tu as déployés pour
mon éducation et ma formation.*

*A mes chères frères et mes soeurs et
leurs enfants source de joie et de
bonheur.*

A Toute ma famille

Chabira et Harizi

Merci, et que Dieu vous protège.

Zakia Chabira

Résumé

Les inondations sont l'une des catastrophes les plus courantes et les plus dangereuses au monde, causant des pertes matérielles et humaines et une érosion du sol. La technologie de télédétection ainsi que le système d'information géographique (SIG) sont devenus l'outil clé pour la surveillance et gestion des inondations ces dernières années. La cartographie des risques d'inondations est effectuée à l'aide des données du radar à synthèse d'ouverture (SAR) Sentinel-1. Cette étude a démontré le processus de cartographie des inondations en utilisant les polarisations VH et VV des données radar à synthèse d'ouverture (SAR) pour via Google EarthEngine (GEE). Notre étude a été réalisée sur les trois villes Djelfa, Messaad et Ain ouessara. Après avoir obtenu les résultats, il s'avère que les zones plus vulnérables aux inondations sont :

La plupart de la ville de Djelfa, le Sud de la ville Messaad et le Nord et le Sud-ouest de la ville d'Ain ouessara.

Mots clés : Inondation ; télédétection ; SIG ; SAR sentinel-1 ; Google Earth Engine GEE

Abstract

Floods are one of the most common and dangerous disasters in the world, causing material and human losses and soil erosion. Remote sensing technology as well as geographic information system (GIS) have become the key tool for flood monitoring and management in recent years. Flood risk mapping is carried out using data from the Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar (SAR). This study demonstrated the flood mapping process using VH and VV polarization of synthetic aperture radar (SAR) data for via Google EarthEngine (GEE). Our study was carried out on the three cities Djelfa, Messaad and Ain ouessara. After obtaining the results, it turns out that the areas most vulnerable to flooding are : most of the city of Djelfa, the south of the city Messaad and the north and southwest of the city of Ain ouessara.

Keywords: Flood ; remote sensing ; GIS ; SAR sentinel-1 ; Google EarthEngine GEE

ملخص

الفيضانات هي واحدة من أكثر الكوارث شيوعا وخطورة في العالم، مما تسبب في خسائر مادية وبشرية وتآكل التربة. وقد أصبحت تكنولوجيا الاستشعار عن بعد وكذلك نظام المعلومات الجغرافية الأداة الرئيسية لرصد الفيضانات وإدارتها في السنوات الأخيرة. يتم رسم خرائط مخاطر الفيضانات باستخدام بيانات من رادار الفتحة الاصطناعية Sentinel-1 (SAR). أظهرت هذه الدراسة عملية رسم خرائط الفيضانات باستخدام استقطابات VH وVV لبيانات رادار الفتحة الاصطناعية (SAR) عبر محرك Google Earth (GEE). أجريت دراستنا على المدن الثلاث الجلفة ومسعد وعين وسارة وبعد الحصول على النتائج تبين أن المناطق الأكثر عرضة للفيضانات هي: معظم مدينة الجلفة وجنوب مدينة مسعد وشمال وجنوب غرب مدينة عين وسارة.

كلمات مفتاحية: الفيضانات; الاستشعار عن بعد ; نظام المعلومات الجغرافية Google Earth ; Sentinel-1 SAR ; (GEE) ;

Liste d'abréviations

SIG : Système d'information géographique

RS : Remote sensing (télédétection)

ONM : Office national de la météorologie

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

DRE : Direction des ressources en eau

GEE : Google Earth Engine

SPI : Indice permettant de mesurer la sécheresse

SAR : Synthic operture radar

EM : Le rayonnement électromagnétique est composé d'un champ électrique E et d'un champ magnétique M

DEM : Digital elevation model (Modèle numérique d'élévation)

SRTM : Shuttle Radar Topography Mission (Mission de topographie radar)

VV : Polarisationémis verticalement et reçus verticalement

VH : Polarisationémis verticalement et reçus horizontalement

SM : Stripmap

MV : wave (vague)

IW : Interferometry Wide Swath (Interférométrie Large Bande)

EW : Extra Bande large (bande extra large)

SNAP : La plate-forme d'application Sentinel (SNAP) réunit toutes les boîtes à outils Sentinel

MSI : Multi spectral Instrument (instrument multispectral)

ESA : European Space Agency (l'Agence spatiale européenne)

OTSU : utilisée pour effectuer un seuillage automatique (son initiateur, Nobuyuki Otsu)

DB : Le décibel

GSI : Global service informatique (Service informatique mondial)

DD : La densité de drainage

LULC : Land Use and Land Cover (l'utilisation des terres)

NDVI : L'indice de végétation par différence normalisée

NDWI : Normalized Difference Water Index (Indice d'eau de différence normalisé)

TPI : Transitions Performance Index (Indice de performance des transitions)

TWI : Indice d'humidité topographique

AHP : Processus de hiérarchie analytique

FUZZY : La logique floue

PIB : produit intérieur brut

Sommaire

Sommaire

Introduction générale.....	2
Problématique.....	4
Choix du sujet.....	4
L'objectif de cette étude.....	5
Méthodologie de Travail.....	5
I-Présentation générale de la wilaya de Djelfa.....	7
I-1.Situation géographique et administrative de la wilaya de Djelfa.....	8
I-2.Analyse du milieu physique de la wilaya de Djelfa.....	10
I-2.1-Reliefs.....	10
I-2.2-Géologie.....	11
I-2.3-Géomorphologie.....	14
I-2.3-1-Altitude.....	15
I-2.3-2-Pentes.....	16
I-2.4-Hydrologie.....	16
I-2.4-1-Potentialités hydriques.....	19
I-2.4-2-Les infrastructures hydriques.....	20
I-2.4-3- Taux de raccordement AEP et Assainissement.....	20
I-2.5-Climatologie.....	20
I-2.5-1-Précipitation.....	21
I-2.5-2-Température.....	24
I-2.5-3-Vent.....	25
I-2.5-4- Diagramme ombrothermique.....	26
I-2.6-Edaphologie.....	26
I-2.7-Végétation.....	27
I-2.8-Risques majeurs.....	28
I-2.8-1- sismicité.....	29
I-2.8-2-Risque inondation.....	29
I-2.8-3-La sécheresse.....	30
I-3.Situation démographique de la wilaya de Djelfa.....	29

II-Présentation de la wilaya déléguée de Messaad.....	32
II-1.Situation Géographique et administrative de la wilaya déléguée de Messad	32
II-2.Analyse du milieu physique de la wilaya déléguée Messaad	33
II-2.1-Reliefs.....	33
II-2.2-Géologie	34
II-2.2-1-Stratigraphie.....	35
II-2.2-2-Tectonique et sismicité.....	36
II-2.3-Géomorphologie	36
II-2.4-Pentes	37
II-2.5-Hydrogéologie	37
II-2.6-Hydrologie	38
II-2.7-Climatologie.....	39
II-2.7-1-Précipitation.....	40
II-2.7-2-Températures.....	41
II-2.7-3-Vents.....	43
II-2.7-4-Diagramme ombrothermique.....	43
II-2.7-5-Bilan hydrique.....	45
II-2.8-Indice de végétation par différence normalisée NDVI	45
II-2.9-Indice de végétation amélioré EVI	46
II-2.10-Indice d'eau à différence normalisée NDWI	47
II-2.11-Situation démographique	48
III-Présentation wilaya déléguée d'Ain ouessara	50
III-1.Situation Géographique et administrative	50
III-2.Analyse du milieu physique	52
III-2.1-Reliefs	52
III-2.2-Géologie	53
III-2.3-Séismicités	54
III-2.4-Pédologie	54
III-2.5-Pente	54
III-2.6-Hydrogéologie.....	55
III-2.7-Hydrographie.....	56

III-2.8-Climatologie	57
III-2.8-1-Précipitation.....	58
III-2.8-2-Température.....	59
III-2.8-3-Vents.....	60
III-2.8-4-Diagramme ombrothermique.....	61
III-2.8-5-Bilan hydrique.....	61
III-2.9-Indice de végétation par différence normalisée NDVI.....	63
III-2.10-Indice d'eau à différence normalisée NDWI.....	63
III-2.11-Situation démographique de la commune Ain ouessara.....	64
Conclusion.....	66

Chapitre II

Introduction	68
I- Les Concepts de Base	68
I-1.Aléa.....	68
I-2.Enjeu.....	69
I- 3.Vulnérabilité, exposition et résilience.....	69
I- 4.Danger	69
I- 5.Risque.....	70
I- 5.1-Risque naturel.....	71
I- 5.2-Risque anthropique.....	71
I- 6.Risque inondation.....	71
II-Facteurs de risques d'inondations	73
II-1.Influences du sol	73
II-2.Géologie.....	73
II-3.Pente de surface.....	73
II-4.Densité de drainage	73
II-5.Sens de l'écoulement	73
II-6.L'utilisation des terres (LULC).....	74
II-7.Densité de végétation	74
II-8.Densité du flux.....	74
II-9.Élévation	75
II-10.Aspect de la pente.....	75

II-11.Courbure.....	75
II-12.NDVI	75
II-13.NDWI	75
II-14.Distance à la route.....	75
II-15.Distance à la rivière.....	76
II-16.Précipitations.....	76
II-17.TPI.....	76
II-18.TWI (Indice d'humidité topographique)	76
III-Processus de hiérarchie analytique (AHP).....	76
IV-Logique floue (Fuzzy)	77
V- Télédétection radar	79
V- 1.Types de la télédétection	81
V- 1.1-Télédétection passive.....	82
V- 1.2-Télédétection active.....	83
V- 2.Image SAR.....	84
V- 2.1-Avantages de l'imagerie RADAR.....	85
V- 3.Les bandes de fréquence en RADAR satellitaire.....	85
VI-SIG	85
VIII-Application de la télédétection et SIG pour analyser la sensibilité aux inondations	85
VIII-2.Données Sentinel-1.....	87
VIII-1.1-Visualiser les données Sentinel-1.....	87
VIII-1.2-Pré-traitement des images Sentinel-1.....	90
VIII-2.Données Sentinel-2.....	90
VIII-3.Méthode de seuillage	90
VIII-4.L'approche de seuil.....	90
Conclusion	93

Chapitre III

Introduction	95
I-1.Communes inondables au niveau de la wilaya de Djelfa	95
I-2.Communes traversées par les oueds dans la wilaya de Djelfa	96
I-3.Certain inondation au niveau des trois villes	97

II-Résultats et Discussion.....	98
II-1.La ville de Djelfa	99
II-2.Zone inondables de la ville de Djelfa selon Protection civile.....	101
II-2.1-Zones sujettes aux inondations (points noirs).....	101
II-3.La ville de Messaad	102
II-4.Zones inondables de la ville de Messad selon Protection civile.....	104
II-4.1-Quartiers inondables de la ville de Messaad selon la protection civile.....	104
II-5.La ville de Ain Ouessara.....	105
II-6.Zone inondables de la ville d’Ain ouessara selon la protection civile.....	107
II-7.Projets réalisés au niveau des trois villes.....	107
II-7.1-La ville de Djelfa.....	107
II-7.2-La ville de Messaad.....	107
II-7.3-La ville d’Ain Ouessara.....	107
III-Adaptation aux risques inondation.....	108
III-1.Mesures structurelles	108
III-2.Mesures non structurelles.....	108
IV-Gestion du risque inondation.....	109
IV-1.La préparation pré-inondation peut comprendre :	109
IV-2.La gestion opérationnelle des crues comprend	109
IV-2.1-Prévision.....	110
IV-2.2-Prévention.....	111
IV-2.3-Protection.....	111
IV-3.La maîtrise du risque d’inondation.....	112
IV-4.Mesures à prendre avant, pendant et après l'inondation.....	112
IV-4.1-Mesures à prendre avant.....	112
IV-4.2-Mesures à prendre pendant et après l'inondation.....	112
V- Politiques de gestion des inondations dans le monde	113
VI-Politique algérienne de gestion du risque inondation.....	115
VI-1.Risques naturels dans les règles et les outils de planification	116
VI-2.Proposition pour la gestion du risque inondation.....	118
Conclusion.....	119

Conclusion générale..... 121
Liste des références124

Liste des figures

Chapitre I

Figure01 :Carte de Découpage administratif de la wilaya de Djelfa	09
Figure 02 : Structure géologique des hauts plateaux de Djelfa	11
Figure 03 :Carte géologique de la wilaya de Djelfa	13
Figure04 :Carte des ensembles géomorphologiques de la wilaya de Djelfa	14
Figure 05 : Carte des Altitudes de la wilaya de Djelfa.	15
Figure 06 : Carte des pentes de la wilaya de Djelfa.	16
Figure 07 : Carte de Réseau hydrographique de la wilaya de Djelfa	17
Figure 09 :Histogramme des moyennes de précipitation de Djelfa 2018	20
Figure10 :Moyennes de précipitation de la région de Djelfa	21
Figure 11 : Histogramme desMoyennes de température de la région de Djelfa 2018	22
Figure 12 et 13 :Moyennes max et min de température de la région de Djelfa 2018	24
Figure 14 :Rose des vents de la wilaya de Djelfa 2019	25
Figure 15 : Diagramme ombrothrmique de GAUSSEN et BAGNOULS de la ville de Djelfa 2019.	26
Figure 16 :Edaphologie de la wilaya de Djelfa	27
Figure 17 : la forêt de sen el baa Figure 18 :la forêt de kafhawas	28
Figure 19 :Carte Localisation etclassification des risques potentiels dans les 689 zones	29
Figure 20 : Evolution de la population aux différents RGPH	30
Figure 21 : Estimation de la population 31.12.2020	31
Figure 22 :Situation géographique et administrative de la wilaya déléguée de Messaad.	32
Figure 23 : Carte du model numérique des terrains de la wilaya déléguée de Messaad	34
Figure 24 : Carte géologique de la wilaya déléguée de Messaad	36
Figure 25 :Histogramme des variations mensuelles des pluviométries dans la ville Messaad	40
Figure 26 :Histogramme desMoyennes des températures dans la commune de Messaad	41
Figure 27 : Cartedes températures de la wilaya déléguée de Messaad	41
Figure 28 : Rose des vents de la wilaya déléguée de Messaad	42
Figure 29 :Diagramme ombrothermique de la région Messaad	43
Figure 30 : Graphe du bilan d'eau P, ETP, ETR, T.	45
Figure 31 :Graphe du bilan d'eau Excédent, Déficit, RFU.	45
Figure 32 : Variations spatiotemporelle de l'indice NDVI dans la région de Messaad	46
Figure 33 : Variations spatiotemporel de l'indice EVI dans la région de Messaad	47
Figure 34 :Variation spatiotemporel de l'indice NDWI dans la région de Messaad	48
Figure 35 :Evolution de la population aux différents RGPH.	49
Figure 36 : Situation géographique de la wilaya déléguée d'Ain ouessara.	51
Figure 37 :Modèle numérique de terrain de la commune d'Ainouessara.	52
Figure 38 : Carte géologique de la wilaya déléguée d'Ain ouessara	54

Figure 39 :Carte des pentes de la wilaya déléguée d’Ain ouessara	55
Figure 40 :Carte hydrogéologique de la commune d’Ainouessara.	56
Figure 41 :Histogramme des variations des pluviométries dans la commune d’Ain ouessara	57
Figure 42 : Histogramme des variations des températuresde la commune d’Ain ouessara	58
Figure 43 : Rose des vents de la commune d’Ain ouessara	59
Figure 44 : Diagramme ombrothermique de la ville d’Ainouessara 1984-2015	60
Figure 45 : Graphe du bilan d’eau P, ETP, ETR, T	. 62
Figure 46 : Graphe du bilan d’eau Excédent, Déficit, RFU.	62
Figure 47 :Indice de végétation par différence normalisée de la wilaya déléguée Ain ouessara	.63
Figure 48 :Indice d'eau à différence normalisée de la wilaya déléguée Ain ouessara	64
Figure 49 : Histogramme d’évolution de la population de la commune d’Ainouessara.....	65

Chapitre II

Figure 01 : schéma du risque.	70
Figure 02 : Risque = Aléa × Vulnérabilité.	70
Figure 03 : Carte des inondations catastrophiques en Algérie (1965-2013)	72
Figure 04 : Organigramme d’évaluation de la sensibilité aux risques inondations	79
Figure 05 : Télédétection radar	81
Figure 06 :Types de la télédétection	82
Figure 07 :Télédétection passive	83
Figure 08 :Télédétection active	84
Figure 09 : Image SAR	84
Figure 10 : Les bandes de fréquence en RADAR satellitaire	85
Figure 11 : Google Earth Engine GEE.	88
Figure 12 : Organigramme de la méthodologie de segmentation	92
Figure 13 :Organigramme de la méthodologie d’évaluation des inondations.	93

Chapitre III

Figure 01 :Carte des communes inondables dans la wilaya de Djelfa.	95
Figure 02 : Carte des Communes traversées par les oueds dans la wilaya de Djelfa	96
Figure 03 :Carte des zones inondables dans les trois villes Djelfa-Messaad- Ain ouessara	98
Figure 04 : Carte des zones à risque inondation dans la ville de Djelfa.	99

Figure 05 : A (carte des zones inondables de la ville de Djelfa), B (quartier Boutrifis), C (la gare routière), D (oued mellah).	100
Figure 06 : carte des zones inondables de la ville de Djelfa selon la protection civile	101
Figure 07 : Carte des zones à risque inondation dans la ville de Messad.	102
Figure 08 : A(carte des zones inondables de la ville de Messaad), B(centre-ville) , C(quartier saifi), D(quartier el kodes).	103
Figure 09 : Carte des zones inondables de la ville de Messad selon la protection civile	104
Figure 10 : Carte des zones à risque inondation dans la villed'Ainouessara	105
Figure 11 : A (carte des zones inondables de la ville d'Ain ouessara), B (quartier el salam), C (centre-ville)	106
Figure 12 : Carte deszones inondables de la ville d'Ain ouessaraselon la protection civile	107
Figure 13 : La gestion du risque.	111
Figure 14 : Propositions pour la gestion des inondations	118

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau 01 : Principales nappes à Djelfa	18
Tableau 02 : Potentialités hydriques	19
Tableau 03 : les infrastructures de la wilaya et la commune de Djelfa	19
Tableau 04 : Taux de raccordement AEP et Assainissement	19
Tableau 05 : Moyennes de pluviométrie de la région de Djelfa	20
Tableau 06 : les variations moyennes de nombre des jours de neige 2019	21
Tableau07 : les variations moyennes de nombre des jours de gelée 2018	22
Tableau 08 : les variations moyennes de nombre des jours de grêle 2019	22
Tableau 09 :Variation d'humidité de la station de Djelfa 2019	22
Tableau 10 : Moyennes de température de la région Djelfa 2018	23
Tableau 11 : moyennes vitesse des vents et direction dominant	24
Tableau 12 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS25	
Tableau 13 : Evolution de la population aux différents RGPH	30
Tableau 14 : Estimation de la population des trois communes 31.12.2020	31
Tableau 15 :Les variations mensuelles des pluviométries dans la commune de Messaad	39
Tableau 16 : Moyennes des températures dans la commune de Messaad	40
Tableau 17 : Variation des vents dans la commune de Messaad Entre (1981-2018)	42
Tableau 18 : diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS	43
Tableau 19 : bilan hydrique de la commune Messaad.	44
Tableau20 : Evolution de la population de la ville de Messaad	49
Tableau 21 : Classes des pentes	.55
Tableau 22 :Variations des pluviométries dans la commune d'Ain ouessara	57
Tableau 23 : Les variations moyennes de nombre des jours de gelée entre	58
Tableau 24 :Variation des températures dans la commune d'Ain ouessara	58
Tableau 25 : variations de la vitesse des vents entre 1991-2010	59
Tableau 26 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS.	60
Tableau 27 : Le tableau suivant montre Bilan hydrique	61
Tableau 28 : Evolution de la population de la commune Ain ouessara	64

Chapitre II

Tableau 01 :Certain inondation dans les trois villesDjelfa,Messaad et Ainouessara	97
--	----

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

Au fil des ans, le monde a été témoin de nombreuses catastrophes naturelles, y compris des inondations qui se produisent souvent en raison des précipitations, dont la plupart sont nocives parce qu'elles causent la mort de personnes, endommagent les maisons, entraînent l'érosion des sols et d'autres dommages. Les catastrophes naturelles sont considérées comme le plus grand défi qui doit être examiné à l'échelle mondiale, régionale et locale (Danumah, JH, et al 2016). Les inondations affectent tous les pays du monde, mais avec une fréquence, une gravité et des conséquences très diverses (Naima Zekouda, Meddi, et al 2020). Les inondations jouent un rôle important parmi les aléas naturels en raison du nombre croissant d'événements d'inondation avec leurs dommages sociaux et économiques associés (Papaioannou, G., et al 2015).

En Algérie, le phénomène des inondations est l'un des géorisques les plus fréquents et les plus désastreux enregistrés au cours des dernières décennies (Goumrassa, A., et al 2021). Avec une densité de population croissante, les gens sont plus enclins à s'installer dans de nombreuses zones dangereuses, ce qui les rend plus vulnérables aux aléas (Kundu, S., et al 2015).

À l'avenir, le changement climatique pourrait contribuer à une augmentation des pertes dues aux inondations dans plusieurs régions en raison d'une augmentation de la fréquence et de l'ampleur des inondations (Thieken, AH, Cammerer, et al 2016). Le risque n'apparaît que lorsque l'inondation est susceptible de toucher des personnes et des biens situés dans les zones inondables, la vulnérabilité correspond aux « enjeux en zone inondable » et plus ils sont nombreux – plus la vulnérabilité est forte – plus les dommages sont potentiellement importants. Dans ce contexte, l'inondation est une submersion (rapide ou lente) d'une zone habituellement hors de l'eau. Les inondations sont considérées comme les catastrophes naturelles nuisibles et les plus dangereuses qui affectent chaque année des millions de personnes (Danbara T.T et al 2022).

Elles comprennent les débordements d'un cours d'eau, les remontées des nappes, les ruissellements résultants de fortes pluies d'orage, les inondations par ruptures des barrages. Ainsi, le risque d'inondation peut être défini comme : $\text{Risque} = \text{Aléa} \times \text{Valeurs à risque} \times \text{Susceptibilité}$. Les changements dans les risques d'inondation peuvent donc être attribués – mais peuvent aussi être régis par – des changements dans l'aléa d'inondation, les éléments à risque (exposition) ou leur susceptibilité aux inondations (Thieken, AH, Cammerer, et al 2016). La crue est le facteur majeur induisant à l'inondation c'est une

Introduction générale

augmentation du débit d'eau qui s'écoule dans le cours d'eau ; en raison du changement climatique, les zones urbaines sont de plus en plus vulnérables aux inondations, qui peuvent avoir des effets dévastateurs, tant en termes de pertes humaines que matérielles (Qi, W., Ma et al 2021). Tandis que, L'analyse des risques d'inondation fournit une évaluation quantitative de la probabilité et des conséquences des inondations (Shin, E., et al 2021).

L'identification des sources d'inondation en amont dans n'importe quel bassin versant est considérée comme un préalable pour les projets de réduction des risques d'inondation qui se concentrent sur les régions des affluents et des hautes terres (Saghafian, B., et al 2010). La gestion des crues est nécessaire non seulement parce que les crues infligent d'énormes dégâts à la société, mais aussi pour l'exploitation optimale des terres et leur bonne gestion (Danumah, JH et al 2016). Par conséquent, La gestion des risques d'inondation englobe un large groupe de sujets et de tâches allant de la prévision du risque, de leurs implications sociales aux méthodes et outils pour minimiser les risques et les coûts économiques et les pertes de vies humaines à des niveaux adéquats et acceptables (Nasiri, H., Yusof et al 2019). Ces dernières années, les systèmes d'information géographique (SIG) et l'application des données de télédétection (RS) sont devenus des outils importants dans la surveillance et la gestion des catastrophes liées aux inondations (Kabenge, M., Elaru, J et al 2017). Avec l'avancement des techniques de télédétection et de système d'information géographique (SIG), le développement de modèles d'aléa, de risque et de sensibilité ainsi que la collecte et la gestion des ensembles de données climatiques et géo-environnementales sont devenus beaucoup plus faciles (Saur, R., et al 2022).

La cartographie des risques d'inondation est un aspect important de la gestion des risques d'inondation, et les applications comprennent l'élaboration de cartes à inclure dans les plans d'intervention d'urgence, la définition des zones d'alerte aux inondations, la génération de listes d'abonnés à utiliser avec les systèmes d'alerte automatisés et l'évaluation du risque d'inondation pour les nouveaux développements proposés (Sené, K. (2016). L'utilisation des SIG et des données de télédétection est une nouvelle dimension dans l'évaluation des inondations et l'analyse des risques c'est-à-dire le SIG place bien la visualisation, et d'autre part, il gère l'analyse des données, donc en utilisant ces outils, la prise de décision et la pré-planification sont beaucoup plus efficaces (Mondal KC, Saha S. et al. 2020). Bien que les données de télédétection optique aient été largement utilisées pour la cartographie des risques d'inondation, les données radar à synthèse d'ouverture (SAR) sont préférées pour détecter les zones inondées et fournir des informations fiables lors d'une inondation en

Introduction générale

raison de leur capacité à fonctionner par tous les temps et de jour comme de nuit (Borah, SB et al 2018). La technologie satellitaire joue un rôle extrêmement important dans la fourniture d'informations rentables, fiables et opportunes sur les zones touchées par les inondations (Bhan, SK, Team, F 2001). La méthode de segmentation d'image est utilisée pour séparer les pixels d'eau des autres formes d'utilisation du sol. La méthode de segmentation d'image est utilisée pour séparer les pixels d'eau des autres formes d'utilisation du sol (Chithra, K., et al 2022). La cartographie des risques d'inondation basée sur l'AHP prend en considération plusieurs critères, tels que le nombre de courbes de ruissellement (CN), la densité de drainage, la pente et la profondeur des précipitations pour juger judicieusement des inondations (Radwan, F., et al 2019). Le processus de cartographie des inondations prend du temps et dépend la plupart du temps de l'homme ; pour cartographier les événements d'inondation, l'imagerie de télédétection doit être suffisamment fréquente pour capturer les stades d'inondation critiques (Sharma, VK, et al 2017). L'utilisation de la télédétection et des techniques SIG pour la cartographie et la surveillance rapides est un important outil d'information pour les décideurs (Irimescu, A., et al 2009).

Problématique

Dans cette étude, nous aborderons la définition du risque d'inondation et connaîtrons l'importance de la télédétection et des SIG dans la gestion et la probabilité d'inondation dans la zone d'étude et l'achèvement de la carte de sensibilité aux inondations.

- ✓ Qu'est-ce que la télédétection et son rôle dans l'analyse de la sensibilité aux inondations ?
- ✓ Quel est le rôle du SIG dans l'analyse des inondations ?
- ✓ Quel est la démarche à suivre pour évaluer le risque d'inondation dans les trois villes Djelfa, Messaad, Ain ouessara ?
- ✓ Est-ce que les trois villes Djelfa, Messaad et Ain Oussara est exposée au risque ?

Choix du sujet

Parmi les raisons pour lesquelles j'ai choisi le sujet

- ✓ Sujet intéressant et je l'ai considéré comme un défi pour moi-même
- ✓ Connaître la zone à forte probabilité d'inondation dans les zones d'étude.
- ✓ Comment prévoir et gérer les inondations dans cette zone.
- ✓ Connaissance du rôle de la télédétection et du SIG dans l'analyse des inondations.

Introduction générale

L'objectif de cette étude

Pour atteindre l'objectif d'analyse et de gestion des risques d'inondation, une approche basée sur le SIG et la télédétection pour l'identification des zones potentiellement inondables.

L'objectif principal de la présente étude est :

- ✓ d'examiner l'utilité de la télédétection (RS), du SIG pour l'analyse et la cartographie de la sensibilité aux inondations dans les villes Djelfa, Messaad et Ain ouessara Ainsi que comment gérer et prévenir ce phénomène.
- ✓ Comprendre les modèles de cartographie des zones inondables basés sur l'image SAR existants.
- ✓ délimiter les zones inondables dans les trois villes Djelfa, Ain ouessara et Messaad
- ✓ Simplifier le travail des étudiants chercheurs qui sont intéressés de travailler dans les techniques d'analyse des zones inondables basées sur l'image SAR.

Méthodologie de Travail

La collecte des données au niveau des institutions suivantes

- ✓ La wilaya de Djelfa.
- ✓ Station météorologique de Djelfa.
- ✓ Direction des ressources en eau.
- ✓ Protection civile de la wilaya de Djelfa.

Traitement des données

- ✓ Définition du phénomène d'inondation ;
- ✓ La rédaction des termes et concepts importants dans cette étude ;
- ✓ analyse de risque d'inondations ;
- ✓ Traitement et analyse des données précédents sous forme de graphes et tableaux ;
- ✓ La réalisation des cartes et les graphes ;
- ✓ Analyse les cartes et les graphes.

La démarche de cette étude

Chapitre 01 Présentation de la zone d'étude

Chapitre 02 matériels et méthodes

Chapitre 03 résultats et discussion

Chapitre I

Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons la reconnaissance géographique et administrative des communes Djelfa, Messaad et Ain ouessaraet étudierons ses caractéristiques naturelles et physiques telles que la géologie, hydrologie, climatologie, reliefs, pente, géomorphologie ; végétation et l'analyse socio-économique.

L'objectif de ce chapitre est de déterminer les facteurs physiques que joue un rôle important dans le risque d'inondation. L'augmentation rapide de la population, de l'urbanisation et des changements climatiques, les inondations causent chaque année des dégâts considérables dans le monde entier (Qi, H., Altinakar 2011).

I-Présentation générale de la wilaya de Djelfa

La Wilaya de Djelfa est constituée de vastes parcours steppiques évalués à 2.138.101 hectares représentant 66,24% de la superficie totale. Cette caractéristique fondamentale fait du pastoralisme son activité principale.

Les vestiges découverts font remonter la présence de l'être humain, dans la région de Djelfa, aux premiers âges de la pierre taillée soit environ 200 milliers d'années. En effet, des bifaces outils préhistoriques grossièrement taillés sur les deux faces obtenues à partir d'un galet de pierre dure et datant du paléolithique (environ 200 milliers d'années) ont été découverts aux alentours de la ville de Djelfa. Des pointes atériennes (de l'Atérien Bir El Ater au Sud de Tébessa: Faciès culturel caractéristique du paléolithique supérieur au Maghreb) ont été également découvertes, en très faible quantité, dans la région et remontent à 50 milliers d'années environ. La wilaya de Djelfa a également connu de nombreuses périodes historiques, dont les suivantes :

- ✓ Berbères et romaines.
- ✓ Islamisation.
- ✓ Période turque.
- ✓ période du colonialisme à l'indépendance.

I-1. Situation géographique et administrative de la wilaya de Djelfa

La wilaya de Djelfa située dans la partie centrale du nord de l'Algérie. La wilaya est située dans la partie centrale du territoire steppique de l'Algérie (Laatamna, A., Ebi et al 2019). Située au Sud de l'Algérie à 300 km d'Alger (Capitale de l'Algérie), située entre 34°40'30" Nord et 3°15'30" Est (Ali Rahmani, SE, et al 2017).

Elle est limitée

- ✓ Au Nord par les Wilayas de Médéa et de Tissemsilt
- ✓ A l'Est par les Wilayas de M'Sila et de Biskra
- ✓ A l'Ouest par les Wilayas de Laghouat et de Tiaret
- ✓ Au Sud par les Wilayas d'Ouargla, d'El Oued et de Ghardaïa

Erigée au rang de Wilaya à la faveur du découpage administratif de 1974, cette partie du territoire d'une superficie totale de 32.194,01 km² représentant 1,36% de la superficie totale du pays se compose actuellement de 36 communes regroupées en 12 Dairas.

La commune de Djelfa est devenue chef-lieu de la Wilaya depuis 1974, elle située au centre et à 300km de la capitale Alger, s'étend sur une superficie de 549.30km².

Elle est limitée administrativement par les communes de

- ✓ La commune d'Ain Maabed. au Nord et Nord-Ouest.
- ✓ La commune de Dar Chioukh, au Nord-est.
- ✓ La commune de Moudjbara à l'Est.
- ✓ La commune de Zaâfrane à l'Ouest.
- ✓ La commune de Zaccar au Sud.

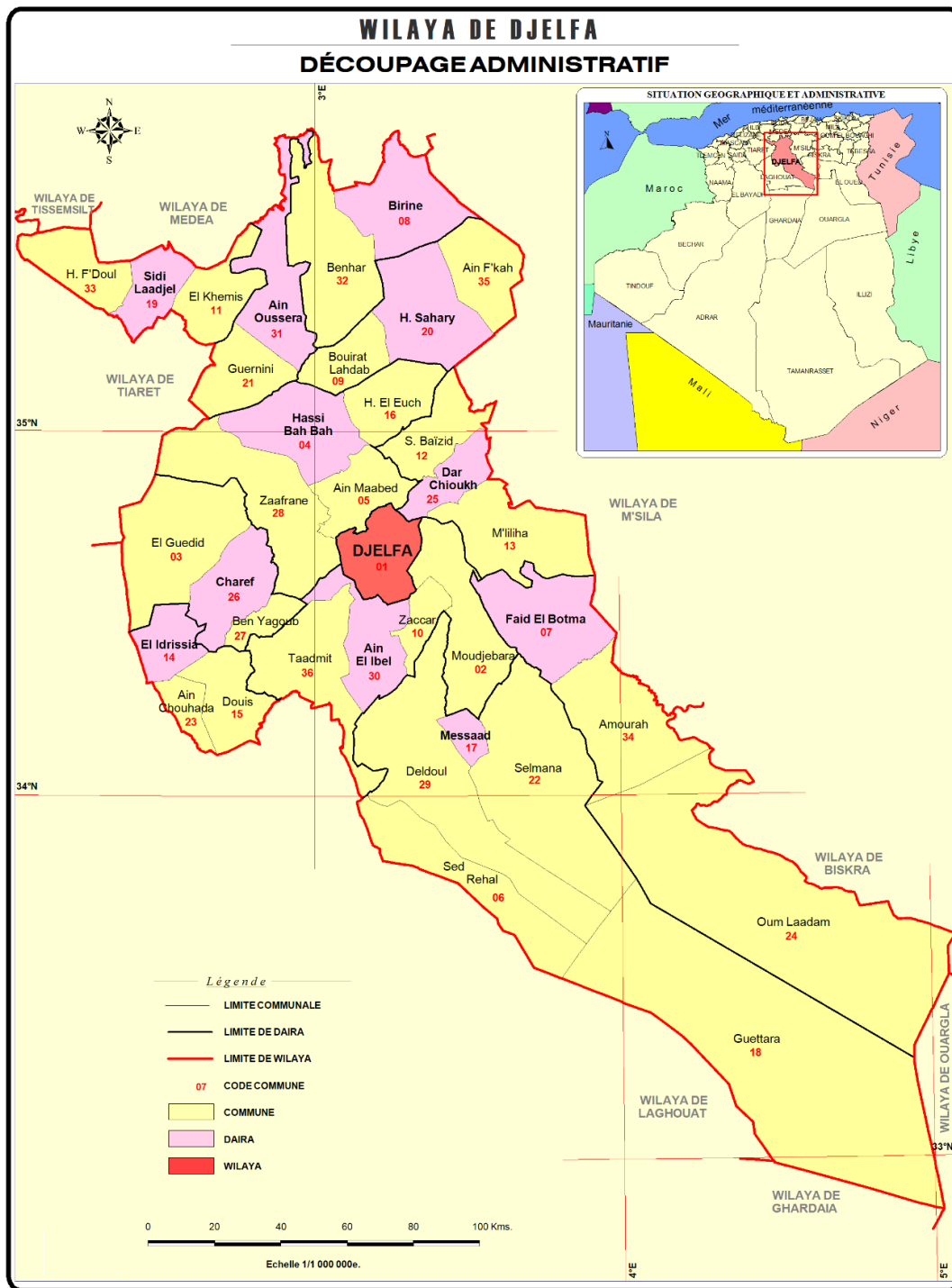


Figure01 : Carte de Découpage administratif de la wilaya de Djelfa.

I-2. Analyse du milieu physique de la wilaya de Djelfa

I-2.1-Reliefs

Le relief de la Wilaya de Djelfa est caractérisé par la succession de quatre (04) zones distinctes du Nord au Sud de son territoire. Le point culminant de la Wilaya se trouve à l'Est de l'agglomération de Benyagoub dans la Daira de Charef avec une altitude de 1.613 mètres et le point le plus bas est à l'extrême Sud de la Wilaya Avec une altitude de 150 mètres.

Malgré les contrastes et les changements marquant la topographie de la wilaya de Djelfa, le relief de cette zone est en général peu accidenté, il sera perçu à travers l'étude des principales composantes morphologiques de cette wilaya, à savoir les Hautes Plaines au nord, l'Atlas saharien des Ouled Nail au centre et la plate-forme saharienne au sud.

Les reliefs de la wilaya de Djelfa représenté par les quatres zones suivantes :

A. Les Hautes Plaines

Cette zone est d'une manière générale très monotone. Elle se caractérise par des reliefs subhorizontaux se traduisant souvent par des plaines et des dépressions fermées dans lesquelles se sont développés des chotts et des dayas. Malgré la platitude relative de cette entité, les altitudes sont, en général, élevées. Elles varient de 650 à 900m, mais elles restent nettement en dessous des reliefs montagneux de l'Atlas saharien développés au sud de celle-ci. Quant aux pentes, elles restent insignifiantes (inférieures à 5%) mais s'inclinent, en général, vers les dépressions fermées. Seule la zone d'Ain Oussera s'incline vers le Nord pour permettre à l'oued Chélif de se déverser en mer.

B. La zone de dépression des « Zahrez »

Formée de deux dépressions d'origine hydro-éolienne (Zahrez Chergui et ZahrezGherbi) séparés par un léger bombement, formé de terrains crétacés du Djebel Djehfa. Cette région est cernée au Sud par l'Atlas Saharien et, elle s'intègre dans trois sous bassins versants d'Ouest en Est :

- ✓ Le sous bassin Oued Touil Moyen constitué essentiellement de Feidhs et Daiets et d'altitudes 850 à 895 m du Nord au Sud
- ✓ Le sous bassin ZahrezGuerbi au centre occupant le chott et la partie Nord et Nord-est, les altitudes sont de 850 à 900 m

- ✓ sous bassin Zahrez Chergui au Nord-est cantonné entre les Djebel, Draa et Koudiat au Nord (Ferchet el Arbi, Bou Maaded, Bou Massid, Regouba, ElFeidja et SbaaSeribaa) et les Monts des Ouled Nail au Sud. Les altitudes varient de 1200 à 760 m.

C. Les Monts de l'atlas saharien

Le relief, dans cette zone, est le plus élevé de l'ensemble de la wilaya, les altitudes varient de 1.000 m à 1.500 m et dominant à la fois la plate-forme saharienne au sud (550 m en moyenne) et les Hautes Plaines au Nord (700 m en moyenne). Les reliefs, dans ce domaine, sont très contrastés, ils sont parfois très accidentés, marqués par des versants à forte pente allant de 15° à plus de 25°. Les exemples sont nombreux à travers cette entité montagnarde, comme c'est le cas de Djebel Senalba (1.598 m), Djebel Sahary (1.273 m) et Djebel Zemra (1.179 m) au Nord et le Djebel Bou Kahil (1.404 m) et Djebel Es Sbaa (1.064 m) au Sud.

D. La Plate-forme Saharienne

Le relief de cette zone est très monotone. Il se caractérise par la platitude remarquable sur l'ensemble de l'étendue de cette entité sub-désertique. Faisant partie de la bordure sud de la wilaya. Il s'agit d'une zone qui

fait partie de la plate-forme saharienne développée au sud de l'accident sud atlasique où le relief ne présente aucune contrainte majeure à l'aménagement et au développement de ce secteur.

I-2.2-Géologie

La géologie de la wilaya de Djelfa s'intègre, dans sa totalité, dans la géologie globale du domaine atlasique et de la marge septentrionale de la plate-forme saharienne.

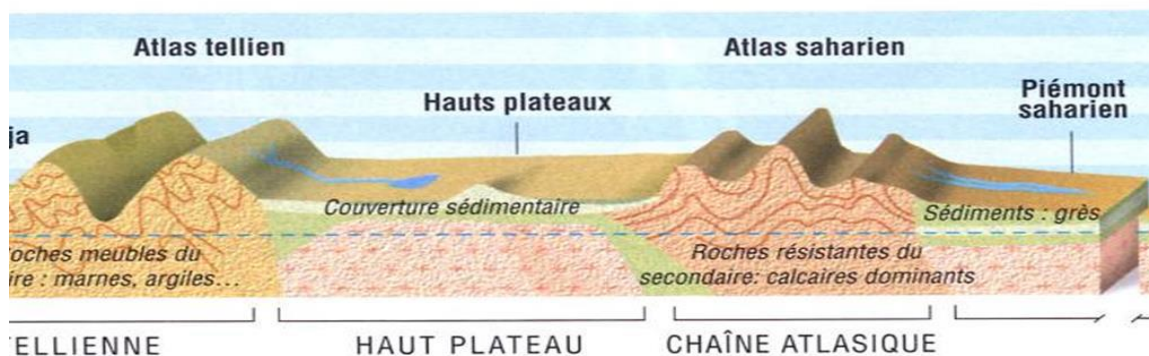


Figure 02 : Structure géologique des hauts plateaux de Djelfa

Le passage de l'un à l'autre est souvent net, il est assuré par des reliefs modérés alignés le long de l'accident Sud atlasique appelé zone de piémont ou zone de relais entre l'atlas saharien et la plate-forme saharienne. La présence d'un autre accident au Nord de l'atlas saharien partage celui-ci en deux sous-ensembles : l'atlas saharien et le pré-atlas ou domaine des Hautes Plaines. Ainsi, sur le plan géologique, l'ensemble de cette Wilaya est partagé entre deux grands domaines structuraux, tandis que sur le plan géomorphologique, elle est marquée par la présence de trois grands ensembles morfo-structuraux :

- ✓ Les terrains relativement plats au Nord faisant partie des Hautes Plaines.
- ✓ Le domaine montagneux de type atlasique au centre.
- ✓ La plate-forme saharienne au sud.

Une dominance des formations du quaternaire avec des alluvions variées fossilisées le plus souvent par les croûtes et les encroûtements calcaires. Comme il arrive de rencontrer des calcaires lacustres aux alentours des paléodayas et des dayas actuelles. Ceci en plus des cordons sableux et des faciès salifères correspondant aux anciennes sebkhas et chotts.

A. Le crétacé

Qui débute par une barre de calcaires du Portlandien-Berriasien sur laquelle repose une série de grès à dragées, de calcaires, d'argiles à gypse et de calcaire dolomitique.

B. Le Crétacé inférieur

Formé essentiellement de calcaire tendre, affleure dans la plupart des reliefs atlasiques particulièrement dans la région de Maabed, Charef et Djebel Boukehil et aux alentours d'Aïn Oussera.

C. Le Crétacé supérieur

Est représenté par les terrains du **cénomanién** marno-calcaires et calcaires durs affleurant à l'Est de la Wilaya.

D. Turonien

Qui affleure dans la région d'Ain Oussera sous forme de roches tendres et dans les monts d'OuledNaïl sous forme de calcaires compacts.

E. Sénoniens

Qui est représenté par les marnes et les marno-calcaires alternant avec les calcaires dans la plupart des zones centrales de l'Atlas des Ouled Naïl.

F. Pliocène

Avec des faciès géologiques gréseux, calcaires, marno-calcaires et argilo-calcaires. L'ensemble formé par les Hauts Plateaux est couvert par le **Mio-Pliocène** reposant sur du calcaire lacustre.

G. Le Trias

Dans cette unité est souvent salifère, parfois il est constitué strictement par le sel gemme, cas du Rocher de sel au nord de Djelfa qui forme un dôme d'environ 1000m de diamètre et 100m de hauteur. Il arrive aussi de rencontrer des affleurements triasiques marno-argileuses bariolées, de gypses et de roches vertes.

H. Le tertiaire

Est représenté au Sud de la wilaya par les terrains de l'Eocènes affleurant dans par des faciès marins et continentaux formant l'essentiel du piémont sud de l'Atlas saharien et de la marge nord de la plate-forme saharienne ; et du Néogènes par des marno-calcaires de marnes gréseuses et de conglomérats.

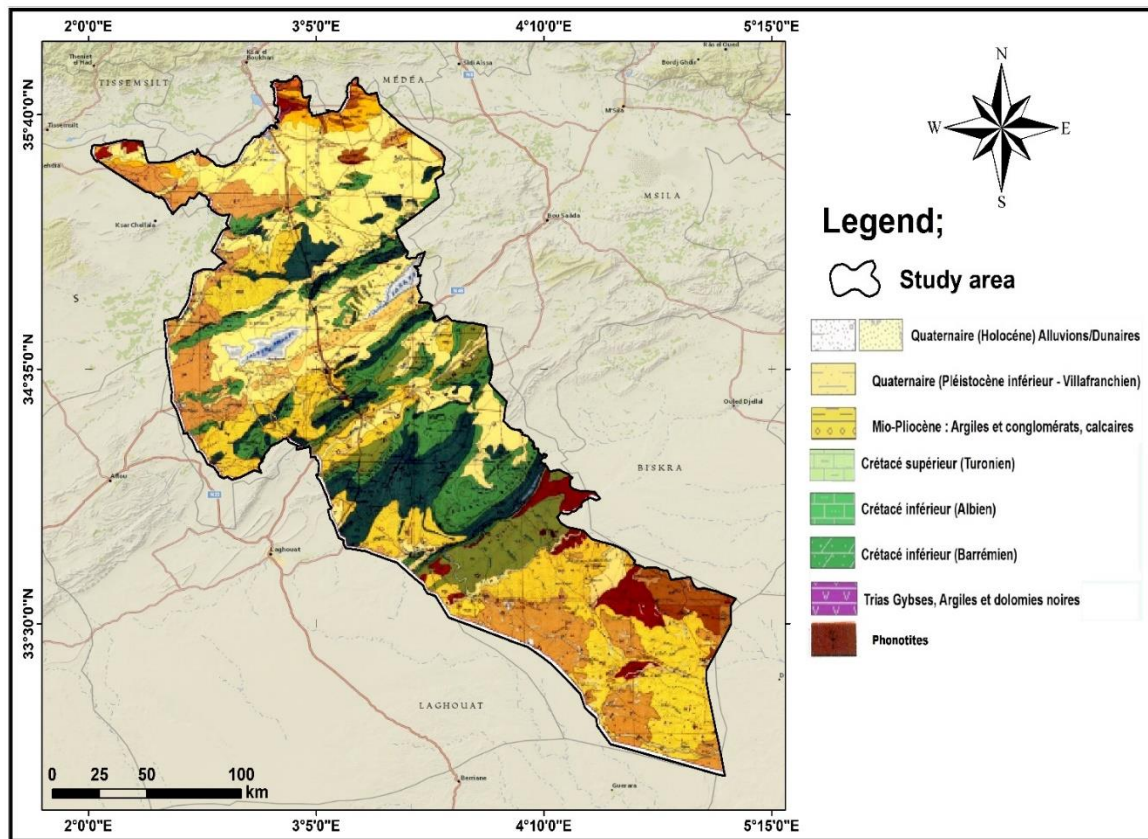
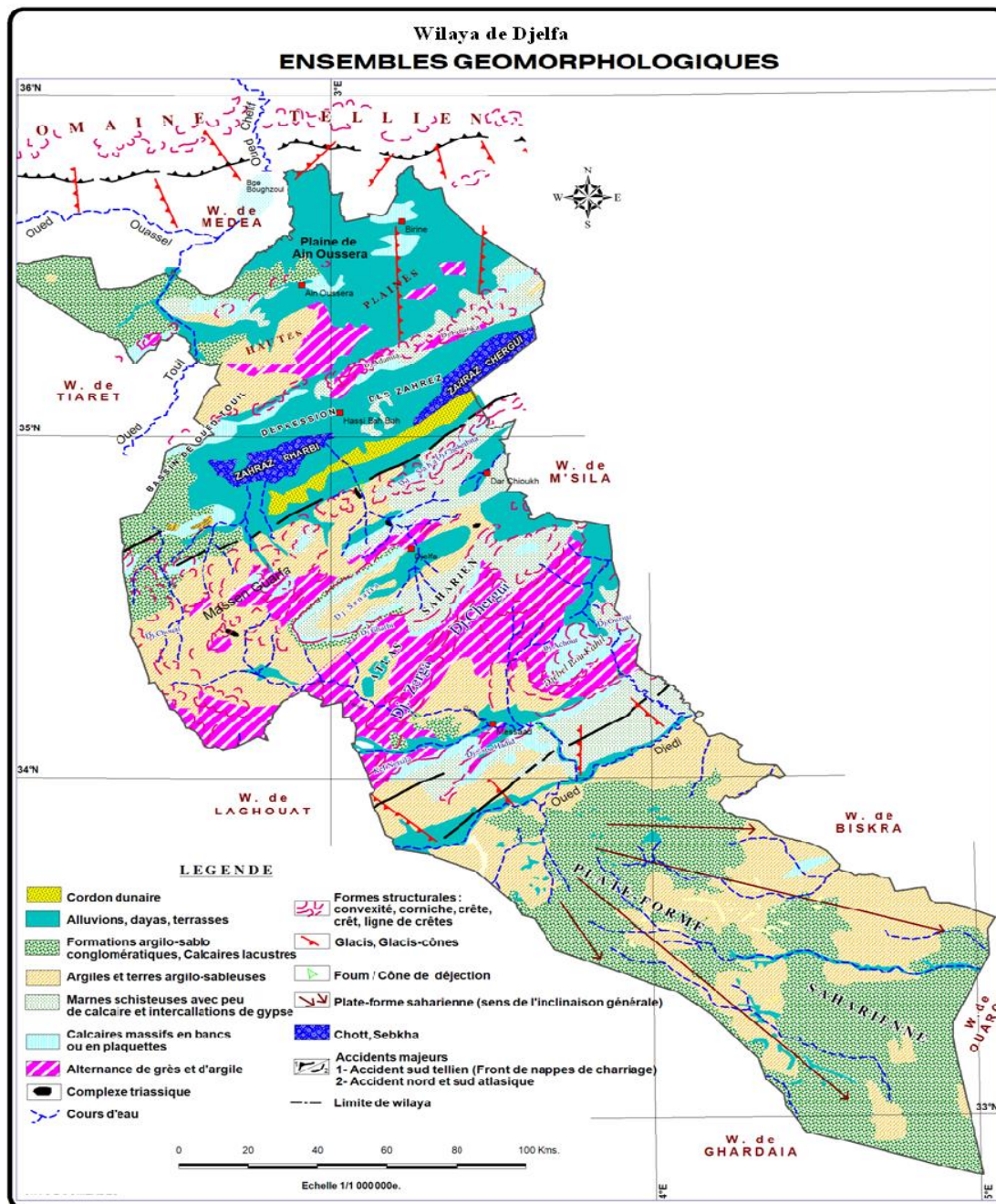


Figure 03: Carte géologique de la wilaya de Djelfa

I-2.3-Géomorphologie

L'organisation générale du relief de la wilaya de Djelfa est donc caractérisée, au nord par l'existence de hautes plaines, au centre par les zones montagneuses (Monts des Ouled Nail, Djebel Bou Kalil), qui enserrant une dépression centrale où s'établissent des chotts (Zahrez Gherbi et Chergui).



Source : Monographie de la wilaya de Djelfa 2021

Figure04: Carte des ensembles géomorphologiques de la wilaya de Djelfa.

I-2.3-1-Altitude

Sur le plan de l'altimétrie, la région se situe entre 550m au niveau du sud de la plateforme saharienne et 1600m dans la région des monts des Ouled Nail. Le territoire se situe en majorité entre 700 m et 900 m.

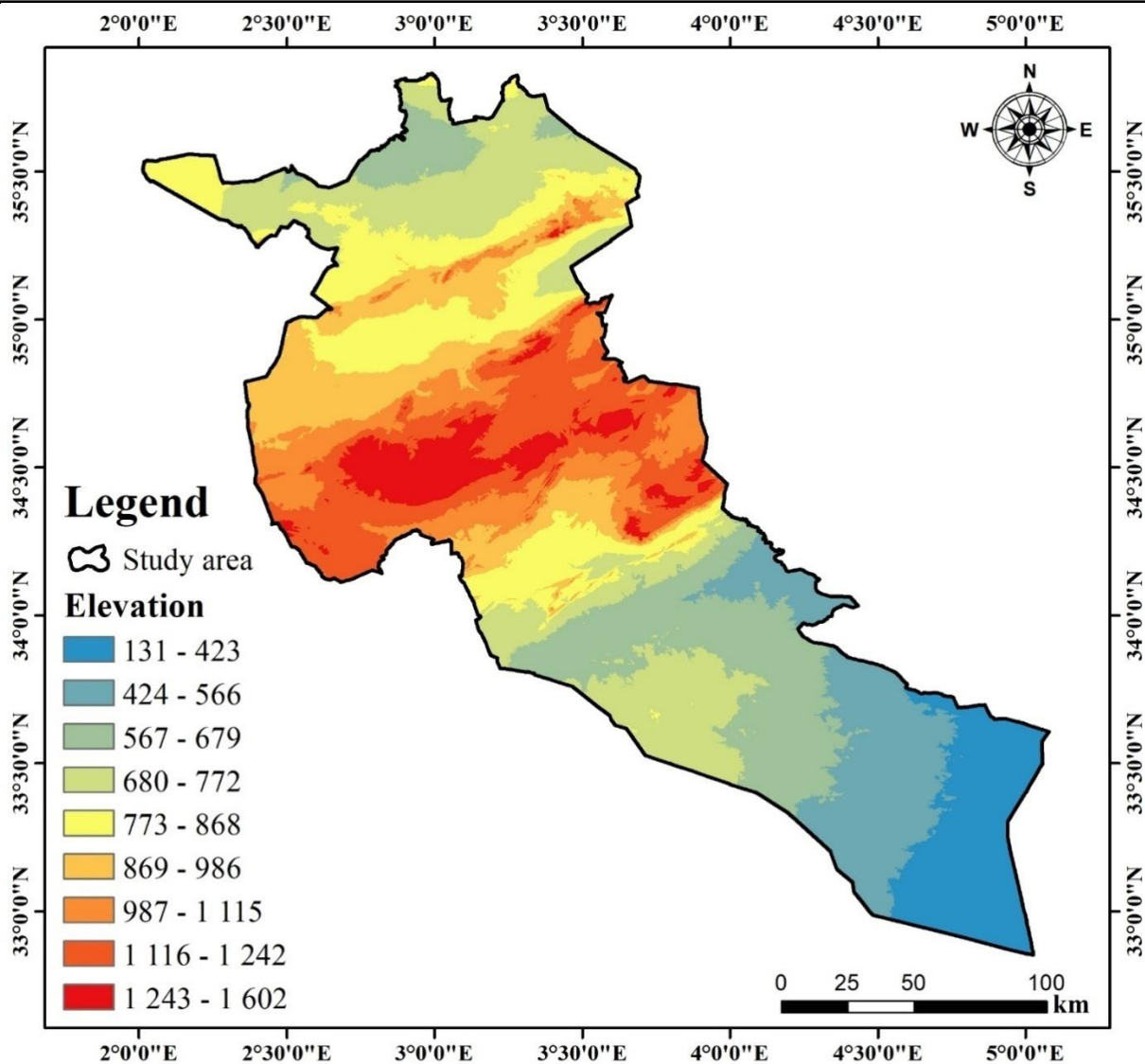


Figure 05 : Carte des Altitudes de la wilaya de Djelfa.

I-2.3-2-Pentes

Du point de vue des pentes, un plan d'observation de la carte montre qu'elles sont généralement inférieures à 6% traduisant un modelé de plaines vallonnées de collines, avec des zones plus accidentées au niveau des plis des monts d'Ouled Nail.

Malgré une topographie plane au niveau des hautes plaines et des dépressions des chotts et une faible pluviométrie dans la chaîne de l'Atlas Saharien, la maigre couverture végétale steppique et l'extension des défrichements engendrent les phénomènes d'érosion hydrique et éolienne. Ceux-ci entraînent des transports

Solides dans les oueds, l'ensablement des réseaux urbains et l'envasement des barrages et retenues collinaires.

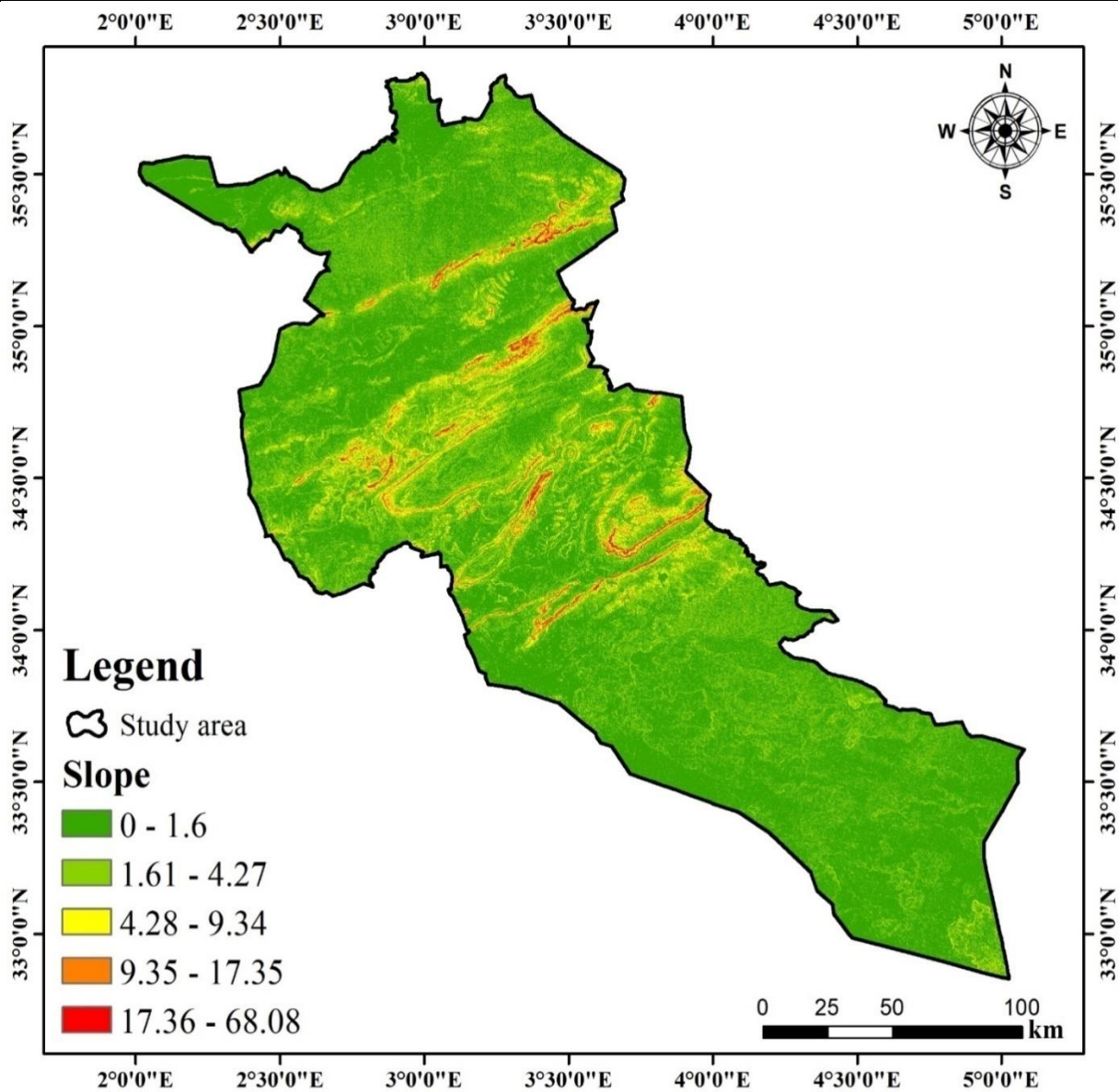


Figure 06 : Carte des pentes de la wilaya de Djelfa.

I-2.4-Hydrologie

Le réseau hydrographique de la zone d'étude connu par un réseau très dense avec des ramifications à travers l'ensemble des reliefs. La direction des principaux oueds est souvent différente de celle des reliefs, elle leur

Est fréquemment perpendiculaire Nord-Sud à Nord-Ouest-Sud-Est (à l'exemple des Oueds M'zi, Messad, El Djorf, etc). Il arrive cependant qu'elle soit conforme à ces reliefs comme les vallées affluentes développées à l'intérieur des dépressions résultant de l'inversion des reliefs tels est le cas des combes des Djebels Lazreg et de Tebag au Sud-Ouest de Fernane et des synclinaux perchés de Bou Kahil de Djebel Zerga et de Djelfa.

Le réseau hydrographique de la Wilaya de Djelfa est en grande partie endoréique à l'exception de la région de l'extrême Nord de la Wilaya formée de l'Oued Ouark et de l'Oued Touil. Ce réseau est constitué principalement :

- ✓ Au Nord, le bassin versant du Haut Cheliff qui draine les dépressions de la région de Ain Oussera.
- ✓ Au Centre, le bassin fermé des chotts qui collecte, outre les eaux de la dépression, les eaux des plaines de la zone de la dépression des Ouled Naïl.
- ✓ Au Sud, le bassin de l'Oued Djeddi qui collecte les eaux de ruissellement du versant Sud de l'Atlas Saharien.

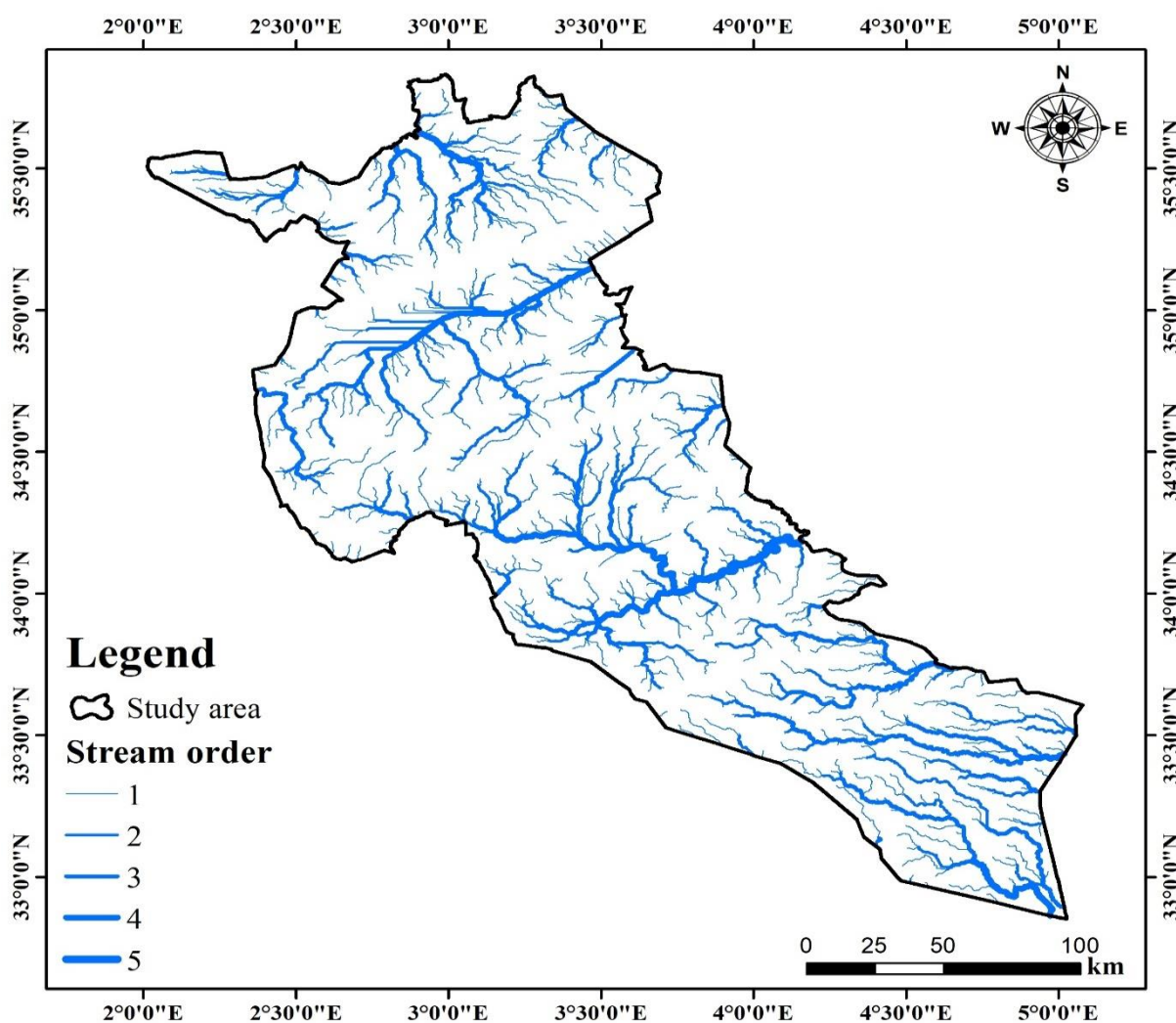


Figure 07 : Carte de Réseau hydrographique de la wilaya de Djelfa.

Tableau 01 : Principales nappes à Djelfa

Nappe	Surface km ²	Taux d'information %	Débit d'infiltration m ³ .an
Synclinal de Djelfa	863	10 à 13	24,10 × 10 ³
Synclinal Nord de Djelfa	495	10 à 13	13,82 × 10 ³

Source : D.R.E, Wilaya de Djelfa

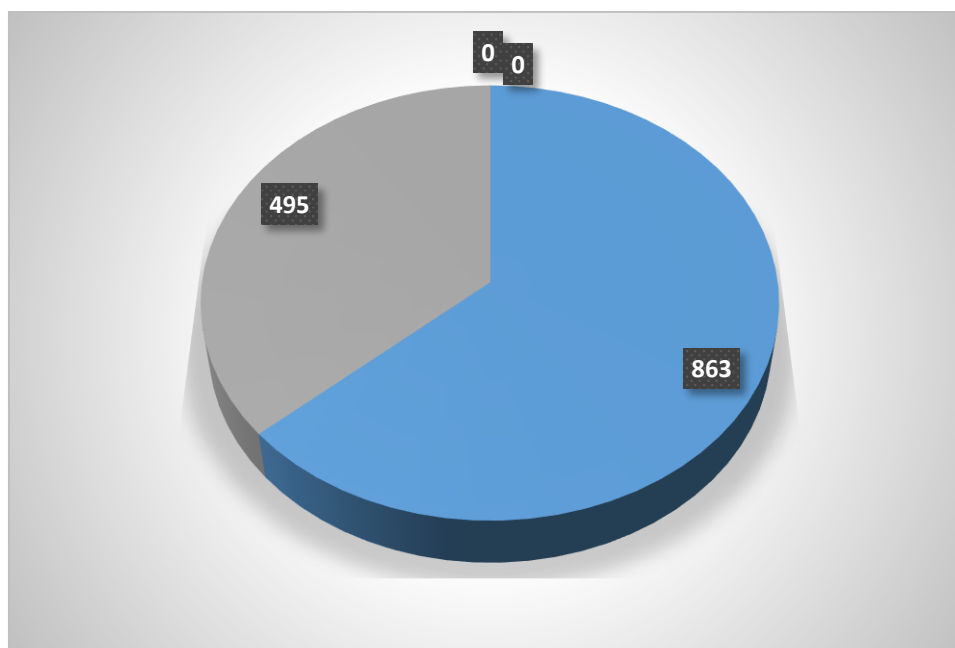


Figure 08 : Principale nappe à Djelfa

I-2.4-1-Potentialités hydriques

Le territoire de la wilaya couvre au Nord-Ouest dans une proportion de 15 % la partie sommitale du bassin versant du Cheliff à écoulement exoréique. Le reste des écoulements est à caractère endoréique correspondant aux quatre bassins versants : El Hodna, Chott Melhrir, Zahrez et le Sahara avec des proportions différentes.

Tableau 02 : Potentialités hydriques

Unite hydrogeologique	Maxima
Bassin des Zahrez : Complexe Hydraulique Terminal	140 Hm ³
Plaine d'Aïn Oussera	55 Hm ³
Synclinal de Djelfa	40 Hm ³
Vallée de l'Oued Touil	25 Hm ³
Synclinal de A.Ibel& P.de Moudjbara.M *	45 Hm ³
Zone des Daïas	-

Source : Monographie 2021 de la wilaya de Djelfa

I-2.4-2-Les infrastructures hydriques

Tableau 03 : les infrastructures de la wilaya et la commune de Djelfa

Communes	Nombre global de forages	Utilisation des eaux						Réservoirs et château d'eaux existantes	Capacité de stockage m ³
		AEP		AEI		Irrigation			
		Nombre de Forages	Débit (l.s)	Nombre de Forages	Débit (l.s)	Nombre de Forages	Débit (l.s)		
Djelfa	43	36	1154	0	0	0	0	34	59950
Total wilaya	333	371	6922	05	155	04	110	167	147775

Source : Monographie 2021 de la wilaya de Djelfa

I-2.4-3- Taux de raccordement AEP et Assainissement

Tableau 04 : Taux de raccordement AEP et Assainissement

Communes	AEP				Assainissement		
	Réseau (km)	Nombre de foyers raccordés	Dotation l.j.hab	Taux Raccordement (%)	Réseau (km)	Nombre de foyers raccordés	Taux Raccordement (%)
Djelfa	526.84	37961	86	97	323,73	45848	98
Total wilaya	2495	146747	260	96	1926	155988	96

Source : Monographie 2021 de la wilaya de Djelfa

I-2.5-Climatologie

La région de Djelfa est célèbre pour son climat semi-aride. le climat de cette zone d'étude, caractérisée par un climat semi-aride, froid en hiver et chaud et sec en été (Laatamna, A., Ebi, et al 2019). Aussi la région de Djelfa caractérise par une faible pluviométrie (336,96mm par an)

et de fortes amplitudes thermiques. Cette pluviométrie est non seulement faible mais irrégulière et les précipitations tombent souvent sous forme de pluies violentes (averses). Une saison estivale sèche et chaude alterne avec une saison hivernale pluvieuse et fraîche, sinon froide.

I-2.5-1-Précipitation

1. Pluviométrie

Tableau 05 : Moyennes de pluviométrie de la région de Djelfa

Mois	Sep	oct	No	Dé	Jan	Fév	Mar	Avr	Ma	Jui	Jui	ao	Mo
Moyennes de Précipitation (mm)	11.2	20.5	30.8	20.1	22.3	18.7	73.5	34.8	44.4	45.4	0	11.3	33.3

Source :O.N.M, station de Djelfa, 2019

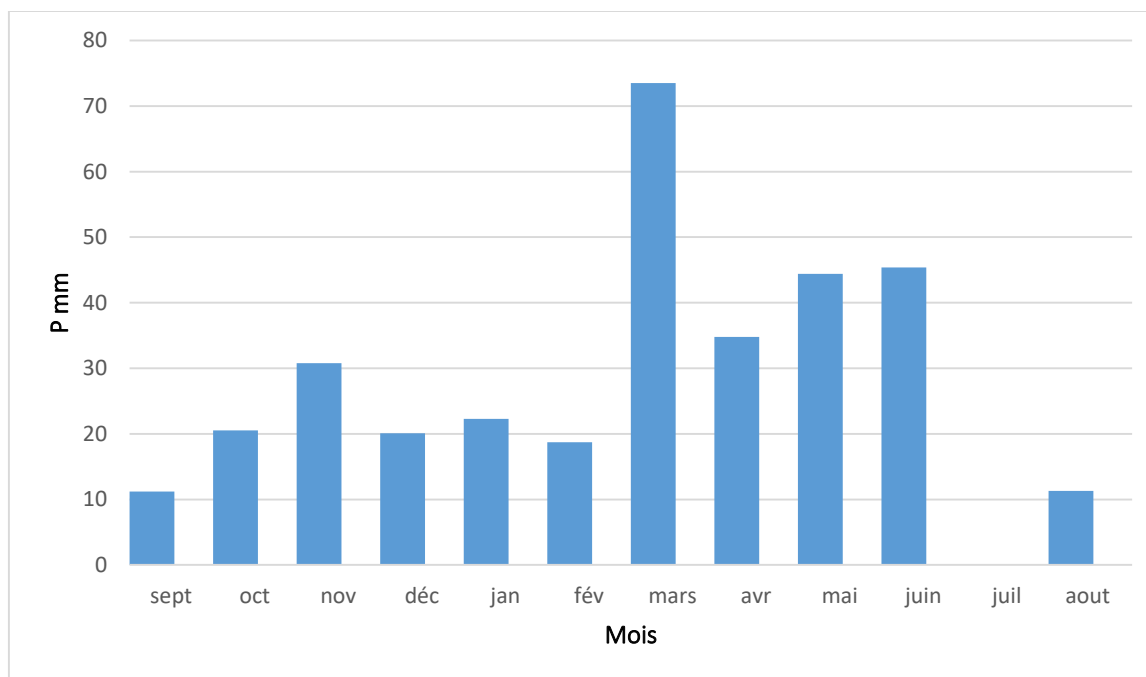


Figure 09 : Histogramme des moyennes de précipitation de Djelfa 2019

La valeur la plus importante au mois de mars est inscrite 73.5. Elle est suivie par la moyenne au mois de juin 45.4mm. La valeur la plus minimale est inscrite au mois de juillet avec une moyenne de 0. La ville marquée une irrégularité des précipitations inters annuelles.

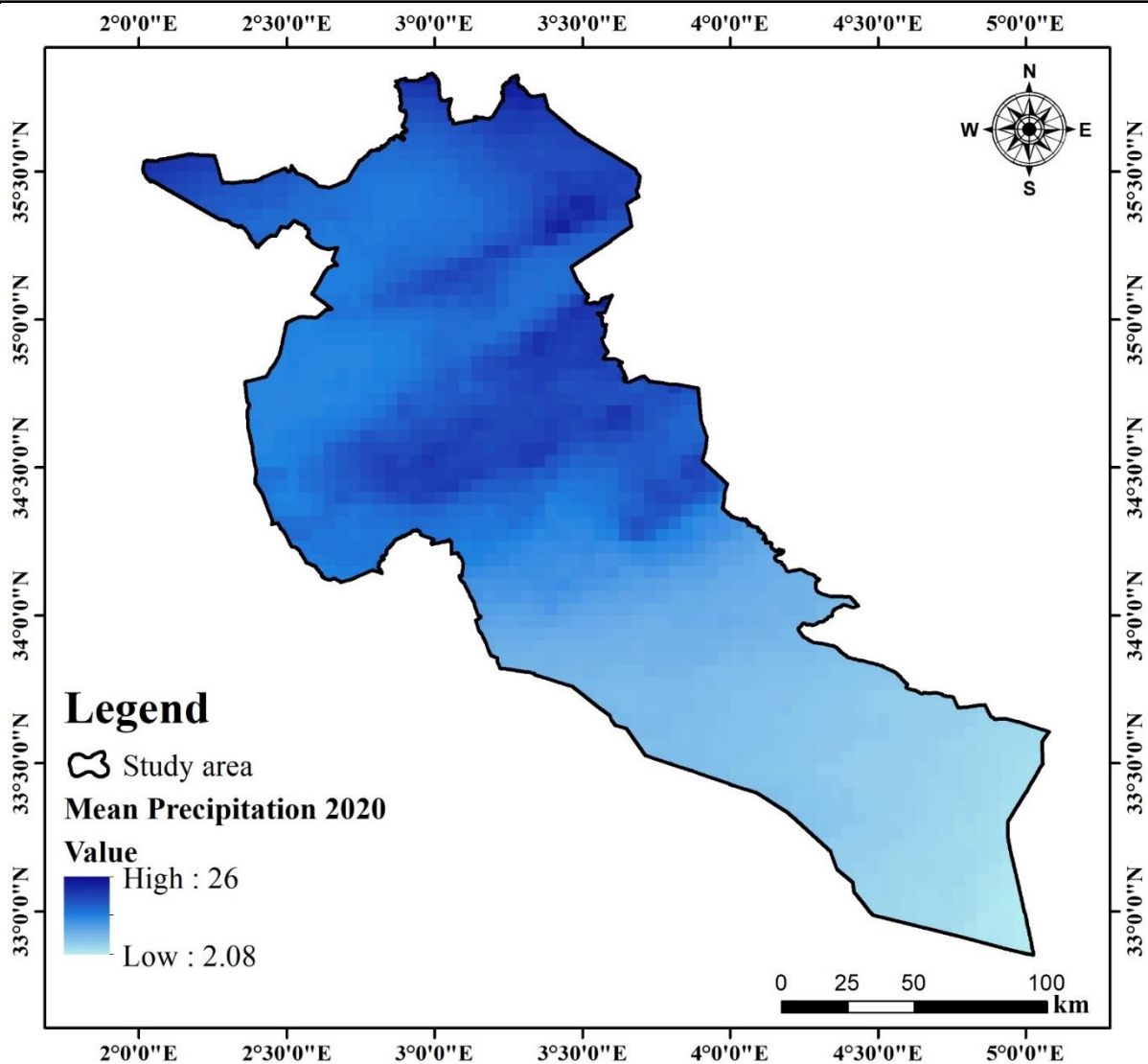


Figure 10 :Moyennes de précipitation de la région de Djelfa

2.Neige

Tableau 06 : les variations moyennes de nombre des jours de neige 2019

Mois	jan	fév	Mars	avr	mai	juin	juil	aout	sept	Oct	nov	déc
NJ de neige	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2

Source : O.N.M, station de Djelfa 2019

Le tableau indique que le mois de décembre est plus enneigé d'où le nombre de leurs jours est (02 jours).

3. Gelée

Le tableau suivant indique le nombre des jours qui ont marqué la tombée de la gelée au niveau de la ville de Djelfa :

Tableau 07 : les variations moyennes de nombre des jours de gelée 2019

Mois	jan	fév	mars	avr	Mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	déc
NJ de gelée	6	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	12

Source : O.N.M, station de Djelfa 2019

4. Grêle

Le tableau suivant indique le nombre des jours qui ont marqué de la Grêle au niveau de la ville de Djelfa :

Tableau 08 : les variations moyennes de nombre des jours de grêle 2019

Mois	jan	fév	mars	avr	Mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	déc
NJ de grêle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Source : O.N.M, station de Djelfa 2019

5. Humidité

Tableau 09 : Variation d'humidité de la station de Djelfa 2019

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Humidité %	64	72	74	53	51	49	32	34	54	71	76	85

Source : O.N.M, station de Djelfa 2019

Le tableau indique l'humidité, avec un maximum de 85 %, obtenu au mois de décembre, et suivie par le mois novembre 71%. la valeur minimal d'humidité de mois juillet 32%.

I-2.5-2-Température

La région de Djelfa est caractérisée par une température variable qui elle est basse en hiver et élevée en été.

Tableau 10 : Moyennes de température de la région Djelfa 2019

Mois	Se pt	oct	No v	Dé c	Ja n	Fé v	Mar s	Av r	Ma i	Jui n	Jui l	ao ut	M oy
Moyennes de température (Tmax + T min) .2	23.1	17.3	11.3	4.8	5.9	7.5	7.2	14.4	18.7	21.9	26.7	27.4	15.52

Source : O.N.M, station de Djelfa, 2019

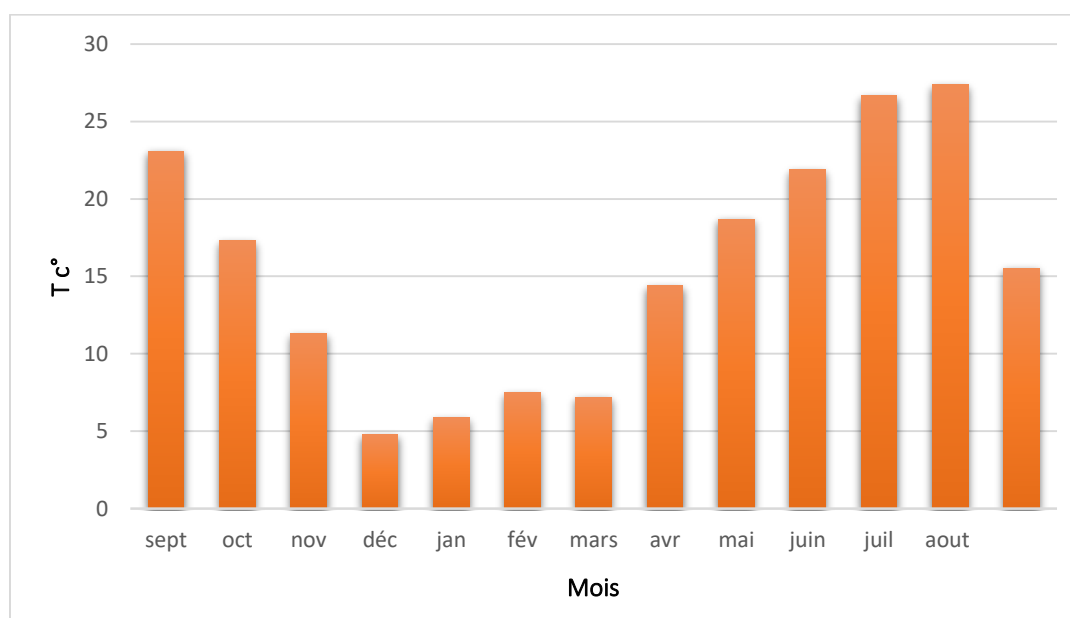


Figure 11 : Histogramme des Moyennes de température de la région de Djelfa 2019

La valeur la plus importante au moins de Aout 27.4 c°. Elle est suivie par la moyenne au mois de juillet 26.7c°. La valeur la plus minimale est inscrite au mois de décembre 4.8 c°.

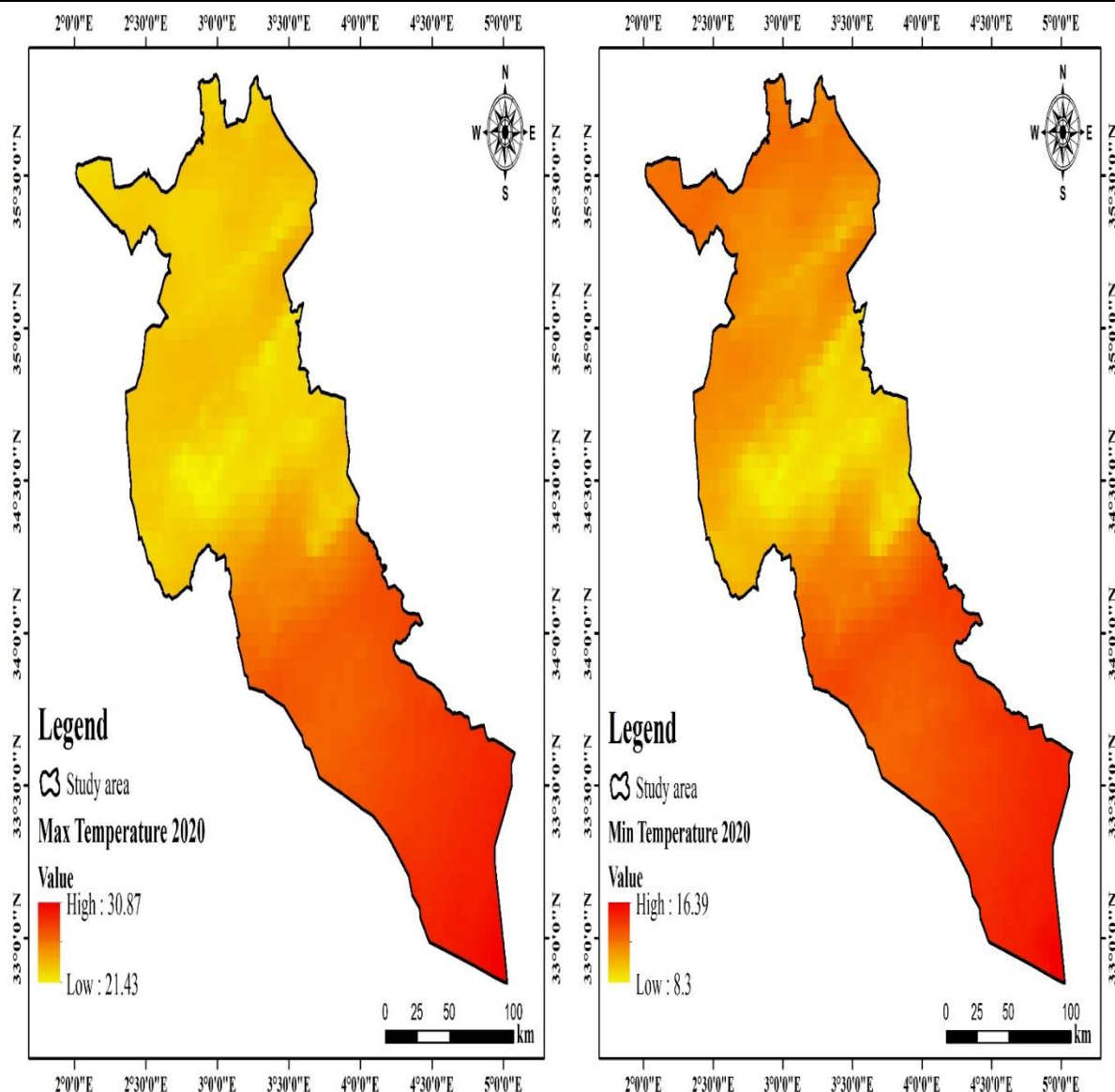


Figure 12 et 13 : Moyennes max et min de température de la région de Djelfa 2020

I-2.5-3-Vent

Les moyennes mensuelles des vitesses du vent 2019 de la ville de Djelfa sont rassemblées dans le tableau suivant :

Tableau 11 : moyennes vitesse des vents et direction dominant

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Vitesse des vents m.s	3.12	3.30	3.71	4.30	4.00	4.07	4.36	4.66	3.25	3.36	3.46	3.09

Source : O.N.M, station de Djelfa, 2019

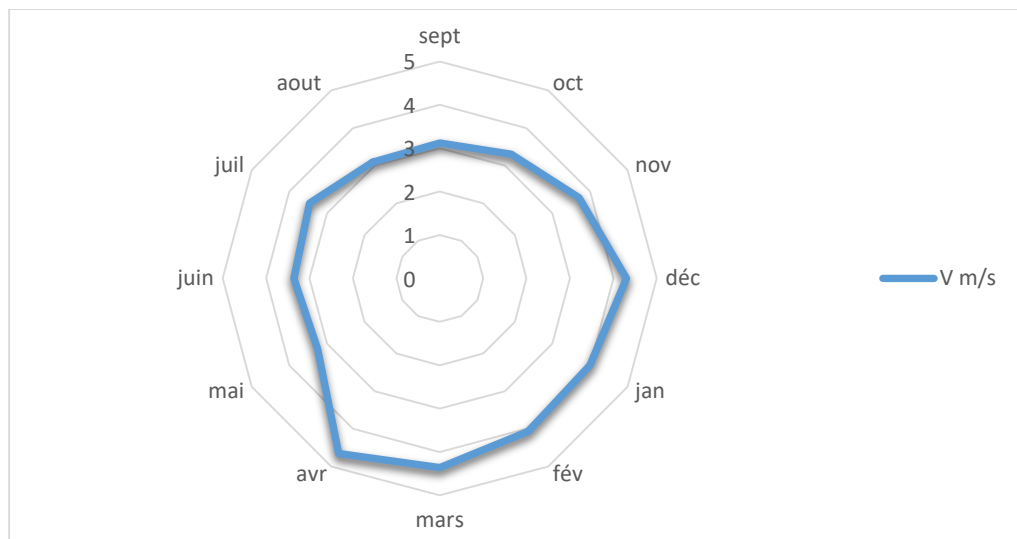


Figure 14 : Rose des vents de la wilaya de Djelfa 2019

La valeur maximale de la vitesse du vent ne dépasse pas 4,66 m .s au mois avril ; tandis que la valeur minimale 3,09m/s est observée au mois d'août.

I-2.5-4- Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec $P=2T$.

Tableau 12 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS

Mois	Sept	oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	aou t
Moyennes de Précipitation (mm)	11.2	20.5	30.8	20.1	22.3	18.7	73.5	34.8	44.4	45.4	0	11.3
Moyennes de température (T max + T min) .2	23.1	17.3	11.3	4.8	5.9	7.5	7.2	14.4	17.8	21.9	26.7	27.4

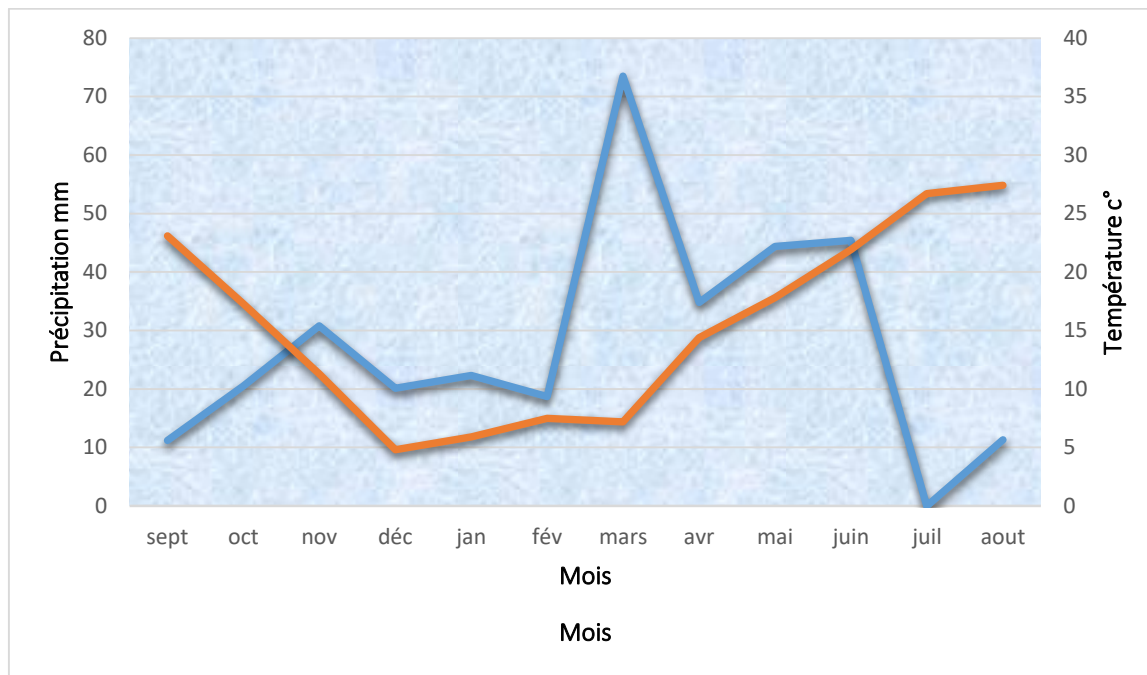


Figure 15 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS de la ville de Djelfa 2019.

Le graphique montre la période humide à savoir de sept mois novembre, décembre, janvier, février, mars et avril.

La période sèche est observée pendant les mois de juin, juillet, août, septembre et octobre

I-2.6-Edaphologie

Le territoire de la wilaya est assez bien étudié dans le domaine de l'agro pédologie, les classes de sols existants sont :

- ✓ Le groupe des sols minéraux bruts non climatiques formés de sols minéraux bruts
- ✓ Le groupe des sols peu évolués qui peuvent être des sols
- ✓ Le groupe des sols calcimagnésiques
- ✓ Des dépressions intermédiaires avec une nappe peu salée (0.2 à 3g.l)

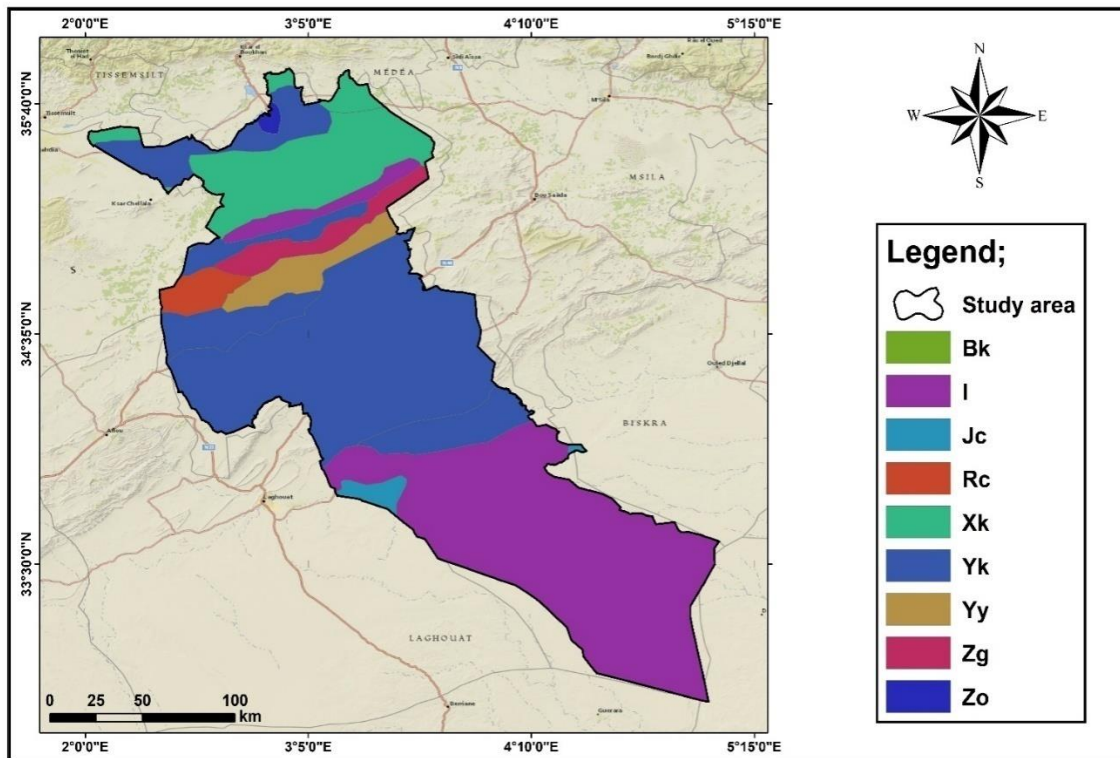


Figure 16 : Edaphologie de la wilaya de Djelfa

I-2.7-Végétation

Le couvert végétal naturel de la Wilaya est constitué essentiellement de hautes steppes arides avec des vides entre les touffes de végétation sur des sols généralement maigres en contact direct avec la roche mère. Djelfa fait partie globalement de la steppe d'alfa. Cette graminée vivace occupe une grande partie du territoire de la Wilaya notamment la zone de la plateforme saharienne du Sud.

Les forêts occupent les chaînes de montagnes du Sénalba, du Djebel Azreg et du Djebel Boukahil.

Les forêts sont claires et aérées par manque de sous-bois conséquent et l'inexistence de maquis.

Les principales essences forestières sont le pin d'Alep, le chêne vert et le genévrier du Phénicien (arar). Les pacages et parcours couvrent aussi une superficie très importante de l'ordre de 2.138.100 ha représentant 66,28% de la superficie totale.



Figure 17 : La forêt de sen el baa



Figure 18 : La forêt de kaf hawas

I-2.8-Risques majeurs

- ✓ Inondations
- ✓ Incendies de forêt
- ✓ Dunes de sable
- ✓ La sécheresse

I-2.8-1- sismicité

La région de Djelfa est caractérisée par une faible sismicité. Toutefois, selon l'étude « prospective territoriale pour un développement durable et intégré de la wilaya de Djelfa » l'activité sismique de cette zone, il faut souligner que malgré sa faiblesse (force et fréquence), elle reste potentiellement dangereuse et peut entraîner des dégâts importants.

I-2.8-2-Risque inondation

En raison de non-respect des règles de constructions (sur les berges des oueds) combiné à l'inadaptation des systèmes d'évacuation des eaux pluviales sont généralement à l'origine des problèmes des inondations dans les agglomérations de la wilaya particulièrement en périodes de pluies.

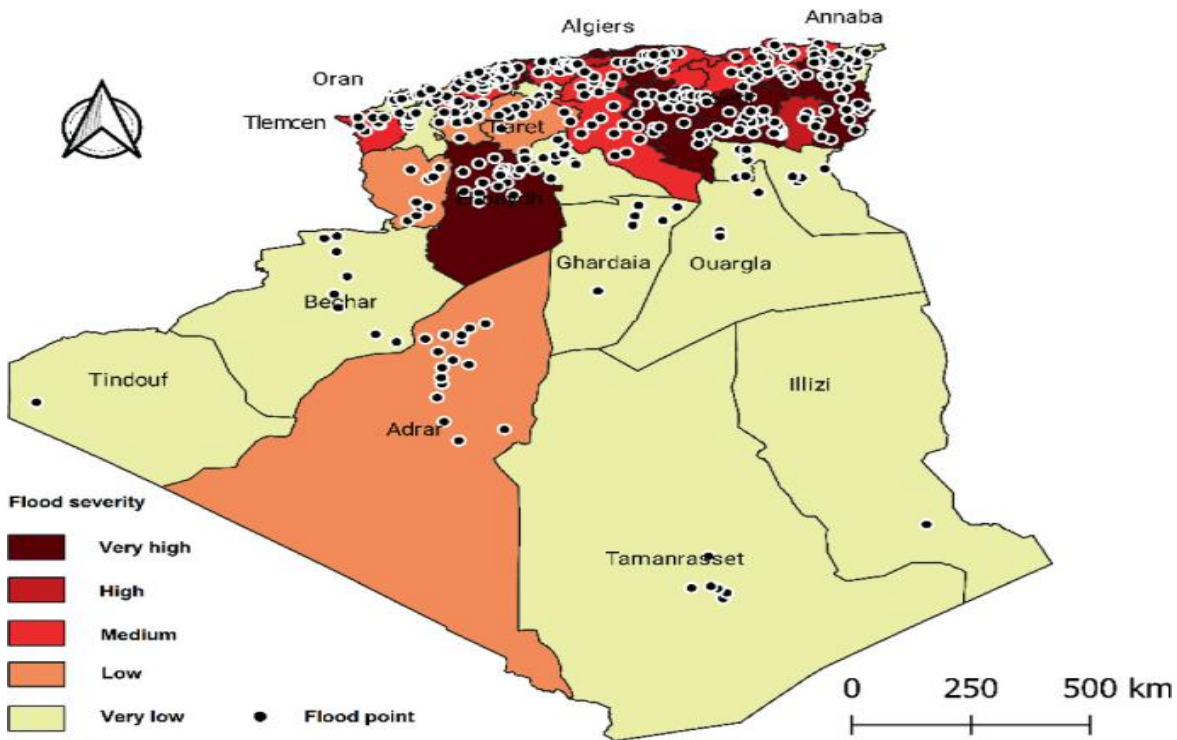


Figure 19 : Carte Localisation et classification des risques potentiels dans les 689 zones

I-2.8-3-La sécheresse

Les sécheresses sont l'un des principaux risques naturels dans le monde, affectant – souvent de vastes régions – parfois pendant des saisons, mais souvent pendant des années, voire des décennies à la fois (Hanger-Kopp, et al 2020). La wilaya de Djelfa située est au centre des wilayas steppiques a été et continue à être la plaque tournante de l'élevage ovin en grande partie et une zone des cultures céréalières à L'Est de Djelfa vers Dar Chioukh, à L'Est et au Sud de Ain Oussera et au Nord de celle-ci. Les zones emblavées se multiplient et le plus souvent au détriment des steppes naturelles. Les différentes steppes à Alfa (*Stipa tenacissima*), Sparte ou Snagh (*Lygeumspartum*), Armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) n'ont pas échappé à la dégradation et à un degré moindre celles à psammophytes et à halophytes ainsi que les dayas à Betoum (*Pistaciaatlantica*). Les premières se trouvent en contact avec les formations forestières le long de L'Atlas saharien et sur le revers sud de celui-ci avec les steppes présahariennes à Remt (*Hammadascoparia*) de la bordure saharienne. Ce déséquilibre est dû essentiellement à la double action anthropozoiqie forte et une sécheresse climatique prononcée. Elles accentuent le phénomène de désertification marquée par une érosion éolienne intense suite à une réduction des potentialités, une dégradation des sols déjà squelettique et des mouvements de sables constants sur l'ensemble de ces zones.

Indice de sécheresse (Nakes, MT, et al 2021)

$$SPI = (P - P_m) \cdot \sigma$$

P : quantité de précipitation en (mm)

P_m : moyenne de quantité de précipitation en (mm)

σ : écart type de la quantité de précipitation en (mm)

I-3. Situation démographique de la wilaya de Djelfa

La population de la wilaya a connu une évolution importante, notamment après les années soixante (entre 1966 et 2008 la population a été multipliée par 4.5), cette forte évolution relève beaucoup plus d'une forte fécondité exprimée par le taux de natalité, que de l'attractivité de la wilaya représentée par la position géographique et l'offre de services induite.

Tableau 13: Evolution de la population aux différents RGPH

Périodes	Population	Taux D'accroissement Global	Taux d'accroissement annuel moyen
RGPH 1966	241 849	-	-
RGPH 1977	332 500	37,48	2,9
RGPH 1987	494 494	48,72	4,0
RGPH 1998	797 706	61,32	4,4
RGPH 2008	1 090 578	36,71	3,2

Source : Monographie de la wilaya de Djelfa 2021

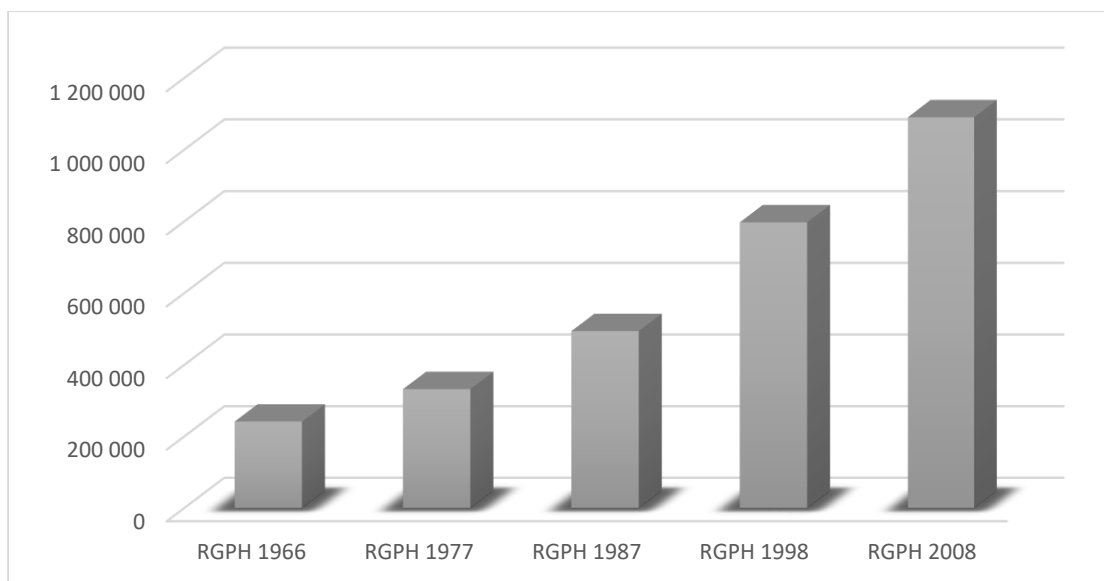


Figure 20 : Evolution de la population aux différents RGPH

Le tableau et l’histogramme indique l’évolution de la population de la wilaya de Djelfa, on a trouvé que la population de la wilaya de Djelfa a connu une forte évolution entre les différents RGPH. La valeur plus élevée est 1 090 578 hab RGPH 2008. La moyenne valeur 494 494 RGPH 1987. Par contre la valeur minimale est 241 849 RGPH 1966.

D’après le tableau et l’histogramme, nous avons remarqué une augmentation de la population au fil des ans.

Tableau 14 : Estimation de la population des trois communes 31.12.2020

Commune	Superficie	RGPH2008	Estimation population 31.12.2020	Population par sexe	Masculin	Féminin
Djelfa	514.58	288 228	579 971		294 730	285 241
Ain ouessara	730.26	100 630	135 336		695 42	657 95
Messaad	150.80	102 454	142 658		73 491	69 167
Total wilaya	32 194	1 090 578	1 710 393		879 259	831134

Source : Monographie 2021 de la wilaya de Djelfa

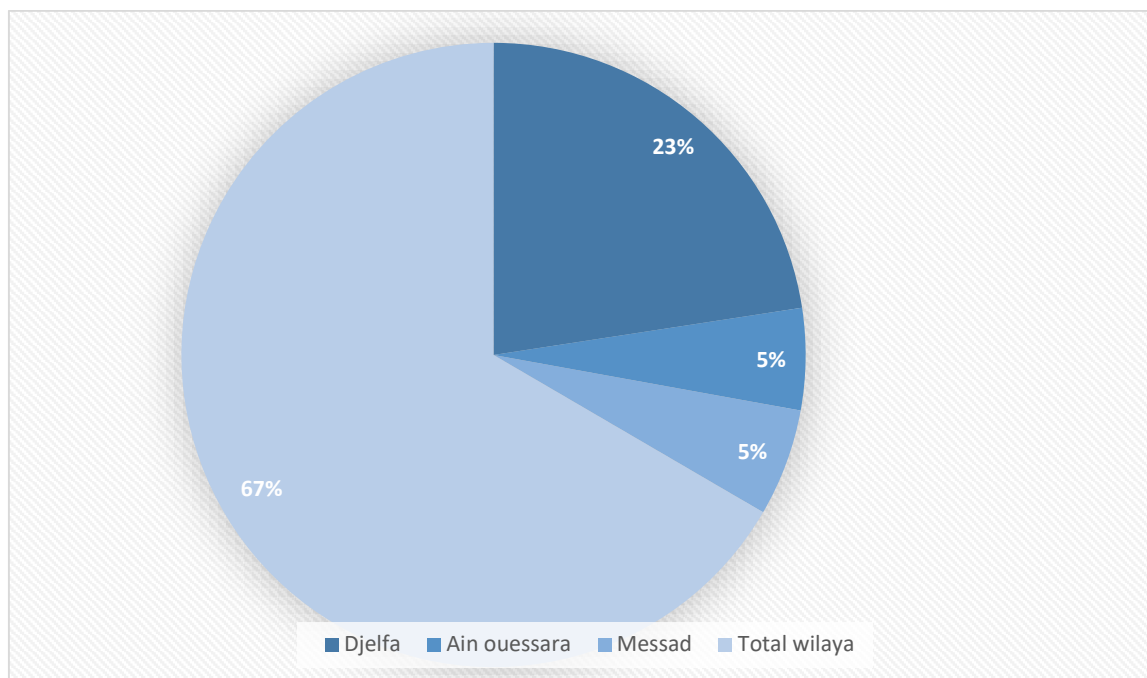


Figure 21 : Estimation de la population 31.12.2020

À travers le tableau ci-dessus, et plus particulièrement à travers les estimations de la population, il a été noté qu'il y avait une augmentation de la population dans la période de 2008 à 2020 dans les trois communes et la wilaya complète.

II-Présentation de la wilaya déléguée de Messaad

II-1.Situation Géographique et administrative de la wilaya déléguée de Messaad

La wilaya déléguée de Messaad est formée de huit communes : Messaad, Selmana, Sedrahal, Guettara, Deldoul, Feid el boutma, Oum laadham et Amoura. La commune de Messaad dont le chef-lieu est situé en son centre, est entourée par les communes de ; Moudjbara au nord Selmana à l'est et au sud-ouest Deldoul à l'ouest et Sud-ouest. Elle fait partie des hautes steppiques, est la plus petite commune de la wilaya de Djelfa. Messaad est une ville située à 76 km au sud de Djelfa. Elle se trouve à environ 375 km au sud d'Alger. Sa population est de 102453 personnes (2008). La ville était connue depuis l'Antiquité romaine, où elle était une ville prospère. Elle est entrée dans la division administrative de 1974 pour devenir la capitale d'un cercle reliant plusieurs États d'importance nationale à ceux de Laghouat, Ghardaïa, Ouargla et Biskra.

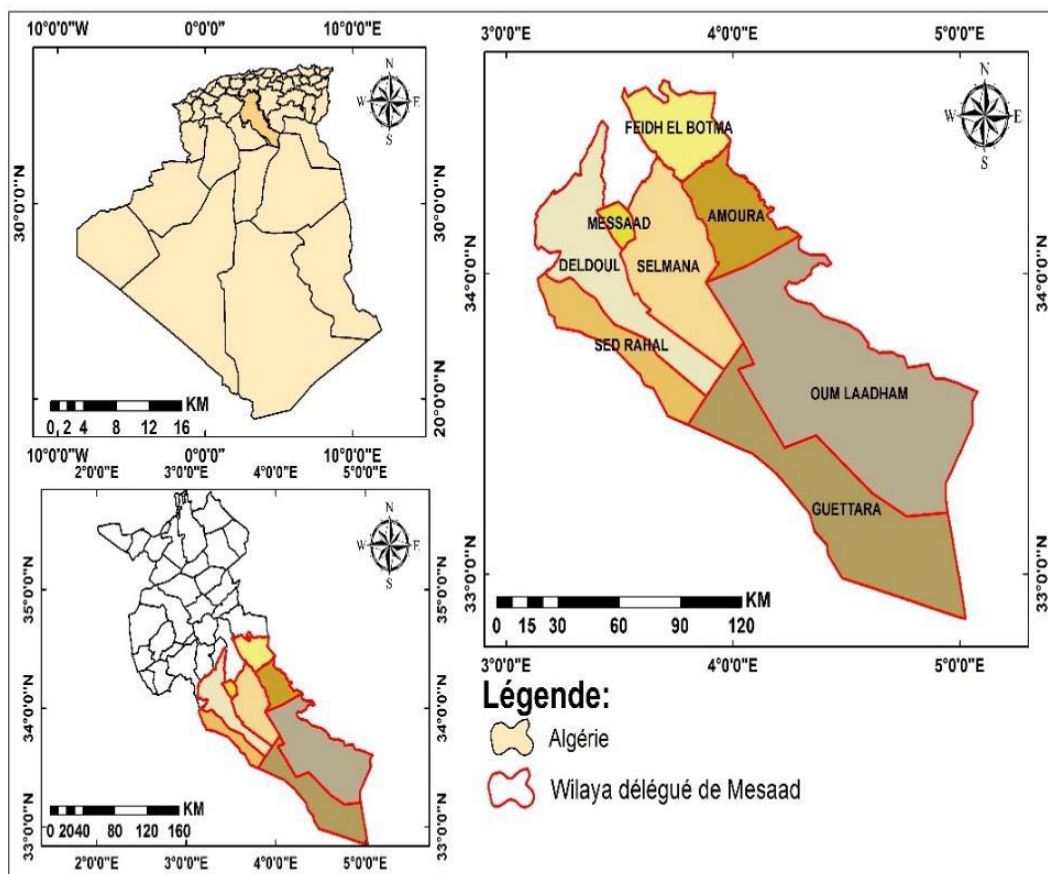


Figure 22 : Situation géographique et administrative de la wilaya déléguée de Messaad.

II-2. Analyse du milieu physique de la wilaya déléguée Messaad

II-2.1-Reliefs

A. La plaine

Elle occupe une partie du territoire communale, ils se trouvent entre les ensembles montagneux comme les plaines de «oued défilia » et oued Messaad ce dernier représente le support foncier la ville de messaad.

B. La dépression

Le Daïa est correspond à une vaste dépression endoréique : Les dayas définies comme des petites dépressions fermées se localisé au sud du territoire.

C. La région des plateaux

Cette région est plus ou plaine, légèrement ondulée à pente douce par fois nulle et d'une altitude plus faible qui ne dépasse pas les 600m. Cette région situé au sud de la commune et une partie du Nord entre les chinons montagneux et le Djebel Bouk'hil, elle est parcourue de nombreux cours d'eaux plus larges que profonde et parsemée de Daites.

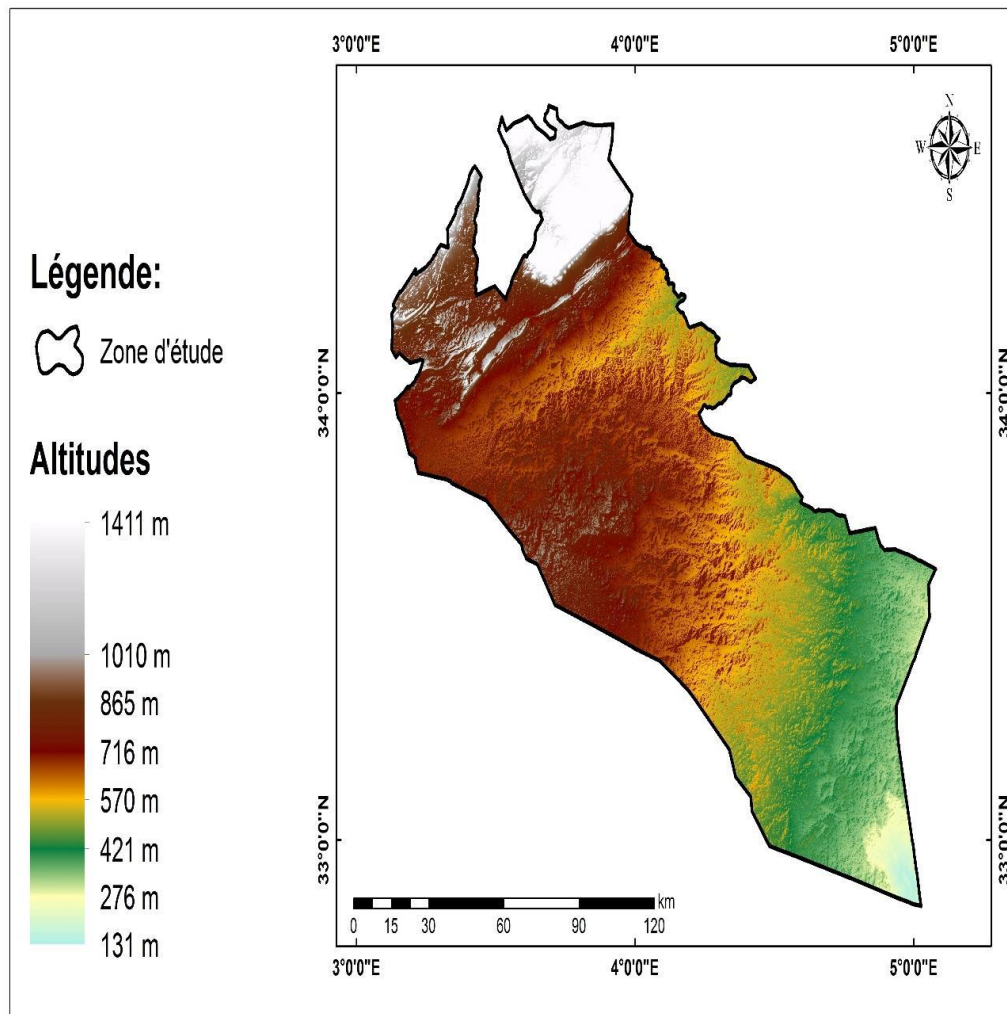


Figure 23 : Carte du model numérique des terrains de la wilaya déléguée de Messaad

II-2.2-Géologie

La géologie joue un rôle important à travers la description des différentes formations géologiques, il y a une grande diversification de la nature et de la qualité des différents matériaux issus de ces formations qui vont favoriser une diversification du sol.

II-2.2-1-Stratigraphie

A. Quaternaire

Les alluvions récentes tapissent l'oued Messaad tandis que les alluvions anciennes forment les moyennes terrasses occupées par les jardins.

Les parties aval de Demmed et saifi sont implantées sur les hauts terrasses alluviales de l'oued Messaad, les alluvions sont constitués des limons, sables, graviers, galets et poudingues.

B. Moi-pliocène continental

Il affleure largement dans la plaine et recouvre en discordance le crétacé supérieur, la partie Ouest de la ville au-delà de la route de Boussaada et de la route de Touggourt. Est construite sur le Moi-pliocène.

Le Moi-pliocène est un terrain d'atterrissement constitué par des poudingues sables, argiles et marne à gypse, cette série montre deux termes différents, se terminant chacune par une croûte calcaire. Le deuxième terme au niveau supérieur d'une épaisseur de diamètres d'argile. Le tout est surmonté d'une deuxième croûte calcaire. Les plus gross sédiments du Moi-pliocène tels que les conglomérats et les poudingues sont localisées au sud et à l'est de la plaine tout le long de la chaîne créatique méridionale.

C. Crétacé

La transgression miocène a été très rapide au niveau de partie Sud de la ville de Messaad

Limitées par :

- ✓ A l'ouest ; la route de Boussaâda.
- ✓ Au sud-ouest ; la route de Touggourt
- ✓ A l'est et au Nord Est ; Saïfi
- ✓ Au Nord : anciennes serrasses alluviales occupées les jardins
- ✓ Au sud : versant Nord de SebaHassedj.

Dans cette enceinte. Le relief du substratum crétacé n'a pas eu le temps d'être pénéplaine, il présente actuellement une topographie accidentée.

La série crétacée se termine par le turonien au niveau du versant méridional saharien de la chaîne formée par Kef-trog et Kef-tessada, le crétacé est constitué par (turonien C6, cénonomanien C5-C4, albien C2.1, aptien C1.1).

II-2.2-2-Tectonique et sismicité

Le dépôt Moi-pliocène discordant sur le substratum crétacé est très peu affecté par les mouvements orogéniques sauf aux abords de la chaîne méridionale de Kef Tessada et Kefelbourdj où il accuse un léger relèvement, Le reste de la couverture Moi-pliocène s'étendant au nord de Messaad, et quasi horizontale et ne présente qu'une faible inclinaison du nord vers le sud. Parmi les mouvements ante-miocène qui ont affecté le substratum crétacé, on note à la

Bordure méridionale de la plaine et le long de Kef Trog et Kef Bordj, l'existence d'une grande faille faisant buter l'aptien et les termes inférieurs de l'albien de la ville de Messaad contre le cénonanien et même le Turonien de ces deux chainons. La région de Djelfa a été classée dans la (Zone I) suivant la recommandation parasismique Algérie 1981, donc elle est caractérisée par une faible sismicité.

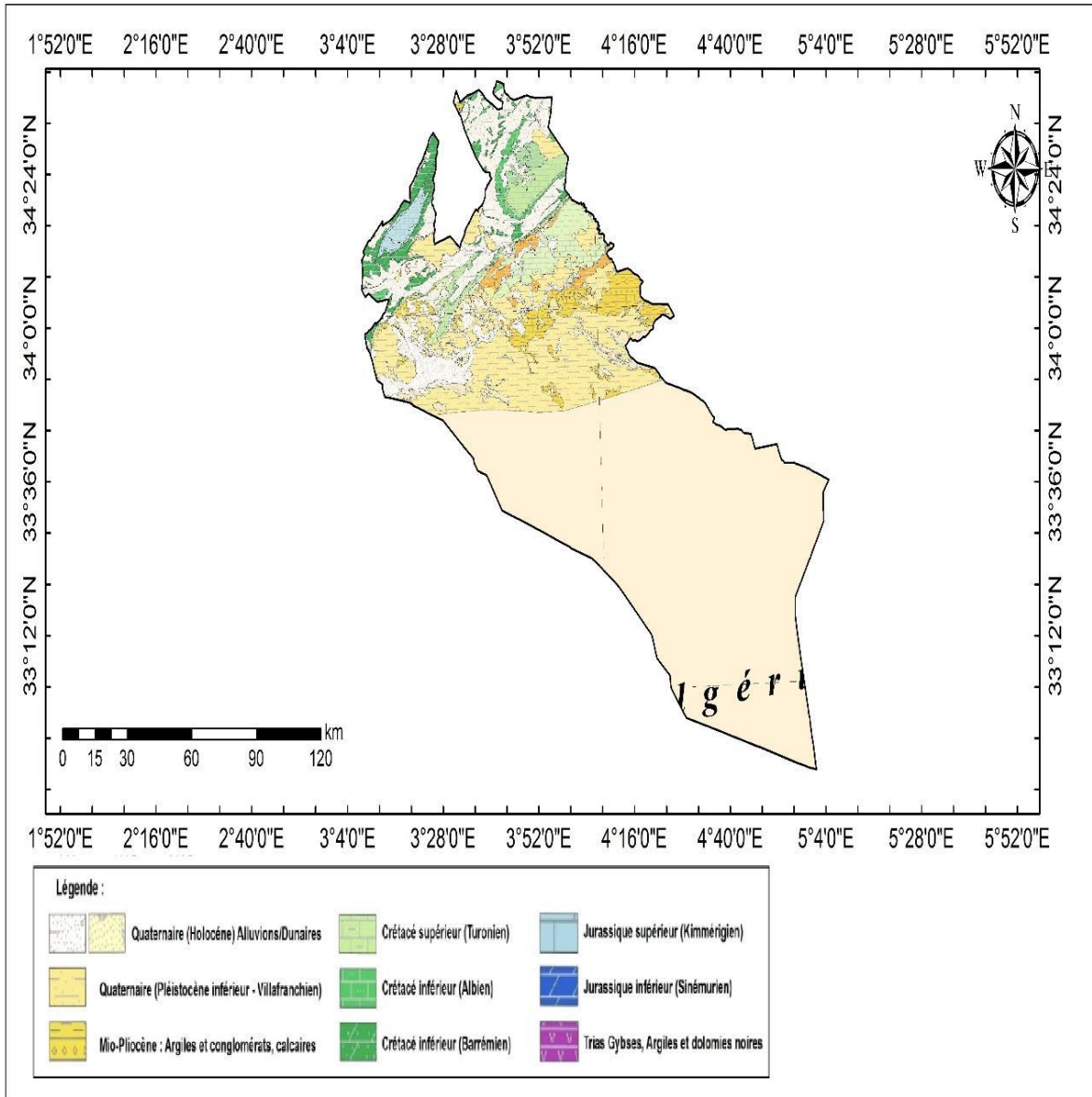


Figure 24 : Carte géologique de la wilaya déléguée de Messaad

II-2.3-Géomorphologie

La partie sud de la ville de Messaad s'étale, en largeur des versants méridionaux des reliefs escarpes de SEBA HASSEDJ et KEF MESSAD jusqu'aux terrasses alluviales anciennes de L'OUED MESSAD cette partie de la ville est délimité, sensiblement par les courbes de

Niveau 700 mètres et 745 mètres. La pente orientée dans la direction Sud Nord, n'est pas constante forte au début elle diminue pour devenir presque nulle à la limite sud des jardins situés sur les anciennes terrasses alluviales de L'OUED MESSAAD. La ville MESSAAD dans sa partie sud, présente un relief très accidenté caractérisé par une zone haute, une zone intermédiaire et une zone basse.

II-2.4-Pentes

Les pentes ont un impact sur les différentes activités de l'homme en particulier l'urbanisme les zones accidentées présentent une contrainte majeure pour la construction, le tableau suivant montre les classes de pente existante dans la commune de Messaad.

✓ **Classes I : (0 à 3%)**

Elle représente la plus vaste classe avec une superficie de 11684.52ha représente un taux de 83.7% de la superficie totale de la commune, couvre la plupart de la partie Nord et centrale de la commune comprennent les plaines (les accotements de « oued Défilia » et de oued messaad. Cette classe de pente est très favorable à l'urbanisme.

✓ **Classe II : (3 à 12.5%)**

Elle représente la deuxième classe selon la superficie avec estimée 1214.52 ha à un taux de 8,7% de la superficie totale de la commune. Cette classe située au Nord-Est et sud est favorable à l'urbanisme

✓ **Classe III : (12.5 à 25%)**

Elle occupe la troisième classe selon la superficie avec 544.44 ha, soit un taux de 3.90% De la superficie totale de la commune concentrée surtout dans la partie sud et sud-ouest de la commune, et une petite partie près de les limites communales avec la commune de deldoul. Cette classe est peu favorable à l'urbanisme.

✓ **Classe IV : (plus de 25%)**

Elle représente la quatrième classe selon la superficie avec 516.52ha, soit un taux de 3.7% de la superficie totale de la commune elle est située principalement dans la partie Sud et sud-ouest (la zone montagneux) Cette classe n'est pas favorable à l'urbanisme.

II-2.5-Hydrogéologie

Les terrains affluents dans la région de Messaad, présentent les caractéristiques hydrogéologiques suivantes :

A. Aptien

Entièrement imperméable, il est composé en majeure partie des marnes et des schistes Alternant avec quelque niveau calcaire.

Les intercalations calcaires contiennent de petites réserves d'eau dans l'anticlinal de Djebel Zerga alimentent des sources insignifiantes.

B. Albien

Il est représenté par une puissante série de grès, sable et argile, il contient plusieurs niveaux aquifères et constitue un réservoir très important alimentant la quasi-totalité des Sources.

C. Cénomaniens

Il est presque totalement imperméable, le cénomaniens et le turonien dont les affleurements sont très étendus ne constituent que des réservoirs insignifiants et ne présente aucun intérêt hydrogéologique.

D. Mio-pliocène

Il est découpé profondément par la vallée des oueds et des eaux de pluies sont immédiatement drainées vers l'oued Messaad.

La nappe alluviale, au Sud de l'oued Messaad, s'étend jusqu'aux moyennes terrasses occupées par les jardins. Aux abords immédiats du lit majeur de l'oued Messaad, le niveau statique de la nappe alluviale est variable entre 4 à 5 et 12 mètres. La nappe albienne resurgit en amont de la ville de Messaad. A la limite aval de Saifi le niveau statique de la nappe albienne est à 22,50 mètres de profondeur par rapport au terrain naturel. Au Nord de l'oued Messaad, le niveau statique de la nappe albienne est à 38.00 mètres.

L'absence des études la quantité d'eau souterraine dans la région n'est pas bien déterminée et dépend essentiellement. De l'irrigation et de fournir la ville en eau potable, on trouve 09 Puits profonds pour usage domestique ont un débit estimé à 259 l/s et se distribuent sur 08 réservoirs de stockage. D'une capacité de 11650 m³ y a deux réservoirs d'entre eux sont en mauvais état à la périphérie de la ville il y a plusieurs puits profonds réservés pour l'arrosage surtout à HANIET OULED SALEM dans l'entrée Nord-Ouest de la ville, Et la zone TAADMIT au Nord-Est de la ville.

II-2.6-Hydrologie

L'oued Messaad est le cours d'eau principale il est généralement à sec mais il se traverse de la ville aussi est alimenté par la nappe alluviale qui est pourvue en eau à partir des sources de la nappe albienne qui affleure en amont de la ville.

L'oued traverse la plaine de l'ouest à l'est jusqu'au khneg Demed où il franchit en cluse les derniers chaînons atlasiques puis débouche dans la plaine saharienne et conflue avec l'oued Djedi sur sa rive gauche, l'oued Messaad reçoit de nombreux affluents formant au réseau de

Drainage naturel du plain de Mrekhat el-Ouissat est incliné vers le sud. Le réseau hydrographique de la partie sud de la ville est constitué par l'oued Messaad et Plusieurs Talweg (chaabet Zaid, chaabat Sidi-Nail, chaabet Essouk.etc). Ces dernières Délimitées par des lignes de crêtes sont de direction Sud Nord.

Elles forment des sous bassins versants juxtaposés, quasiment, en parallèle ces dernières ont Pour exutoire soit l'oued ou les jardins situés dans la partie basse de la ville.

La configuration du réseau hydrographique est celle d'un demi-arrêt ce réseau s'inscrit dans Un bassin versant de forme allongée, la collecte des eaux de pluies au niveau du sud de la ville se fait latéralement tandis que leur évacuation s'effectue transversalement.

L'oued Messaad est à sec, presque, le long de son parcours sauf au moment des crues. A sept Kilomètres, en amont de l'agglomération de Messaad, les grés albiens affleurent dans la vallée

De l'oued et donnent naissance à plusieurs sources. Leurs eaux s'infiltrent à travers les alluvions et alimentent une nappe alluviale abondante. Les eaux de cette nappe se manifestent Sur une distance de vingt kilomètres jusqu'à Kef El-Bordj.

II-2.7-Climatologie

Généralement les régions steppiques algériennes sont caractérisées par un climat semi-aride à aride avec une saison estivale sèche et chaude alternant avec un hiver pluvieux et froid. Dans la commune de Messaad on trouve les données suivantes la période entre (1982-2018).

II-2.7-1-Précipitation

La pluviométrie est marquée par une variabilité inter-mensuelle et saisonnière, et le Tableau suivant détermine les variations mensuelles de la pluviométrie.

Tableau 15 : Les variations mensuelles des pluviométries dans la commune de Messaad entre (1981-2018)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	moy
P mm	15.2	10.7	14.4	17.05	17.00	11.08	6.03	12.11	22.58	19.47	16.05	15.05	14.78

Source : ONM (office national météorologique)

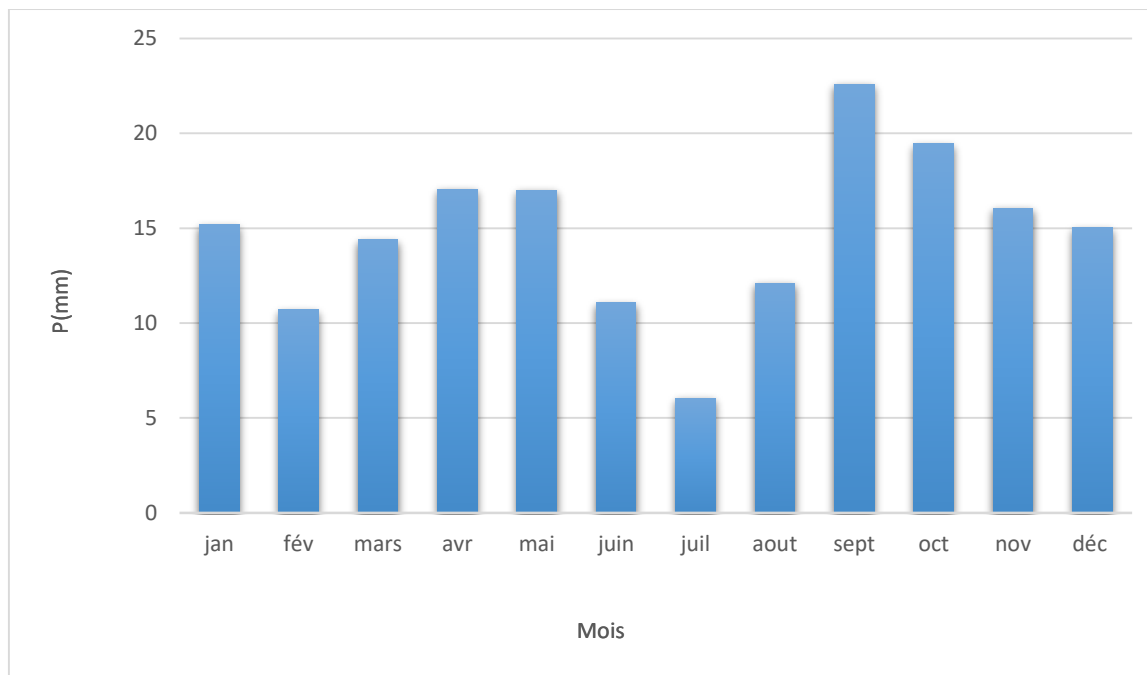


Figure 25 : Histogramme des variations mensuelles des pluviométries dans la ville Messaad

L'historgramme ci-dessus montre les variations mensuelles des pluviométries dans la ville Messaad entre 1981-2018. La valeur élevée est marquée au mois de septembre 22.5mm suivies par le mois d'octobre 19.47mm et la valeur minimale de pluviométrie au mois de juillet 6.03mm.

II-2.7-2-Températures

Tableau 16 : Moyennes des températures dans la commune de Messaad

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	sept	Oct	Nov	Déc
Min de Tc°	1.90	2.72	6.30	9.18	13.56	18.59	21.40	21.07	17.52	12.49	6.36	2.46
Max de Tc°	12.40	14.83	18.70	23.58	28.30	34.21	38.71	37.56	31.31	25.04	18.13	13.37
Moyennes des TC°	6.73	8.46	12.09	16.17	21.47	26.98	30.07	28.66	23.66	17.85	11.41	7.61

Source : ONM office national météorologique

D'après le tableau ci-dessus, le mois le plus chaud est celui de juillet avec une température Moyenne de 30.07C°. Le mois froid est celui de janvier avec une température de 6.73 C°.

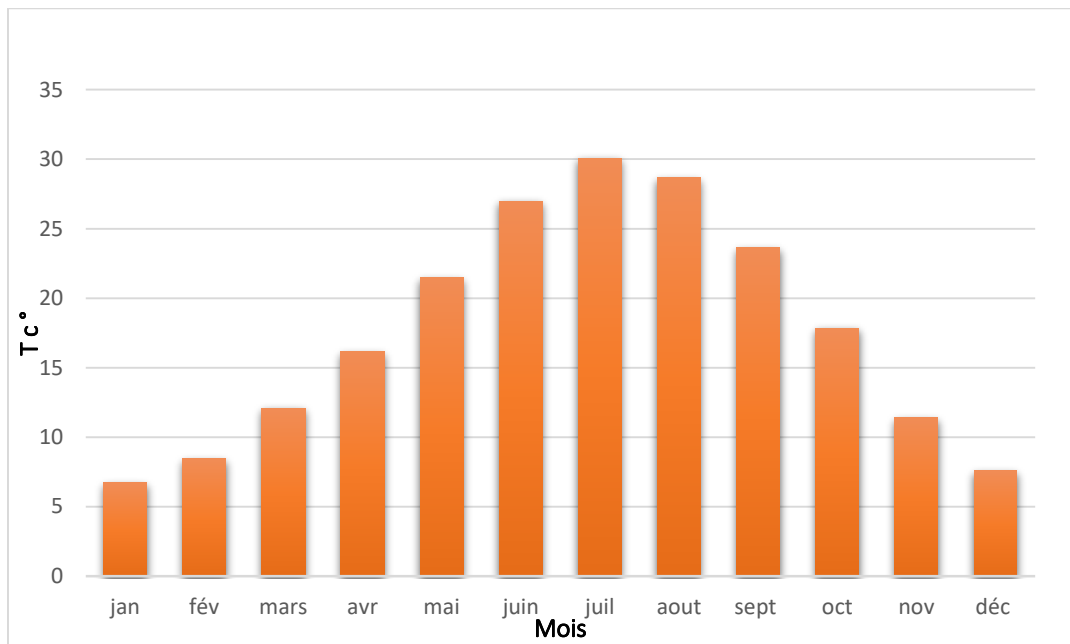


Figure 26: Histogramme des Moyennes des températures dans la commune de Messaad

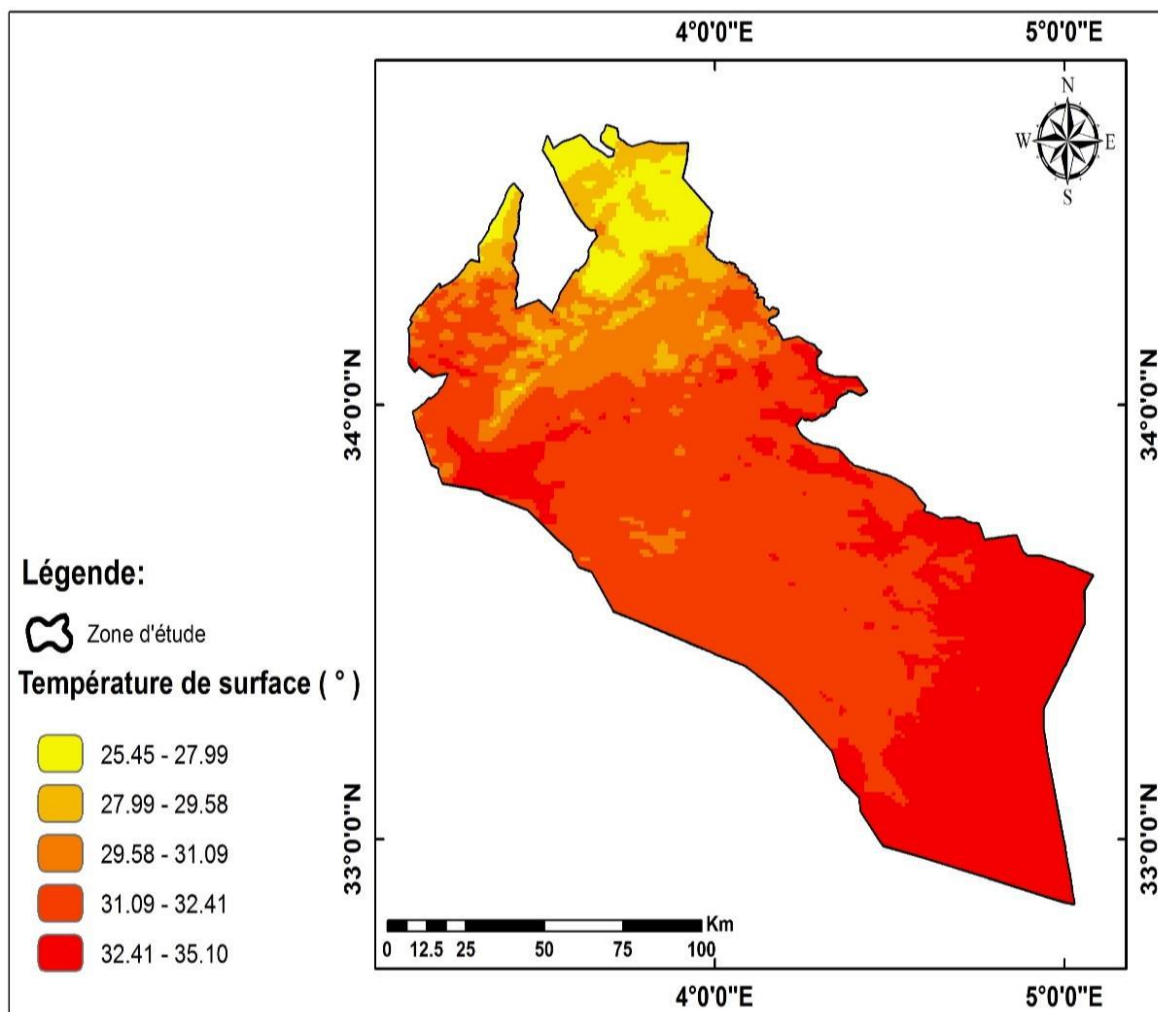


Figure 27 : Carte des températures de la wilaya déléguée de Messaad

II-2.7-3-Vents

Tableau 17 : Variation des vents dans la commune de Messaad entre (1981-2018)

Mois	jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy
V m.s	3.31	3.61	4.45	5.00	4.66	4.65	3.82	3.92	3.92	3.40	3.07	3.39	3.93

Source : ONM (office national météorologique)

D'après le tableau au-dessus les mois où la vitesse de vent est forte sont mars 4.45 m.s, avril 5.00 m.s, mai 4.66 m.s et juin 4.65 m.s. D'un autre côté les mois où la vitesse de vent est faible sont janvier 3.31 m.s et novembre 3.07 m.s.

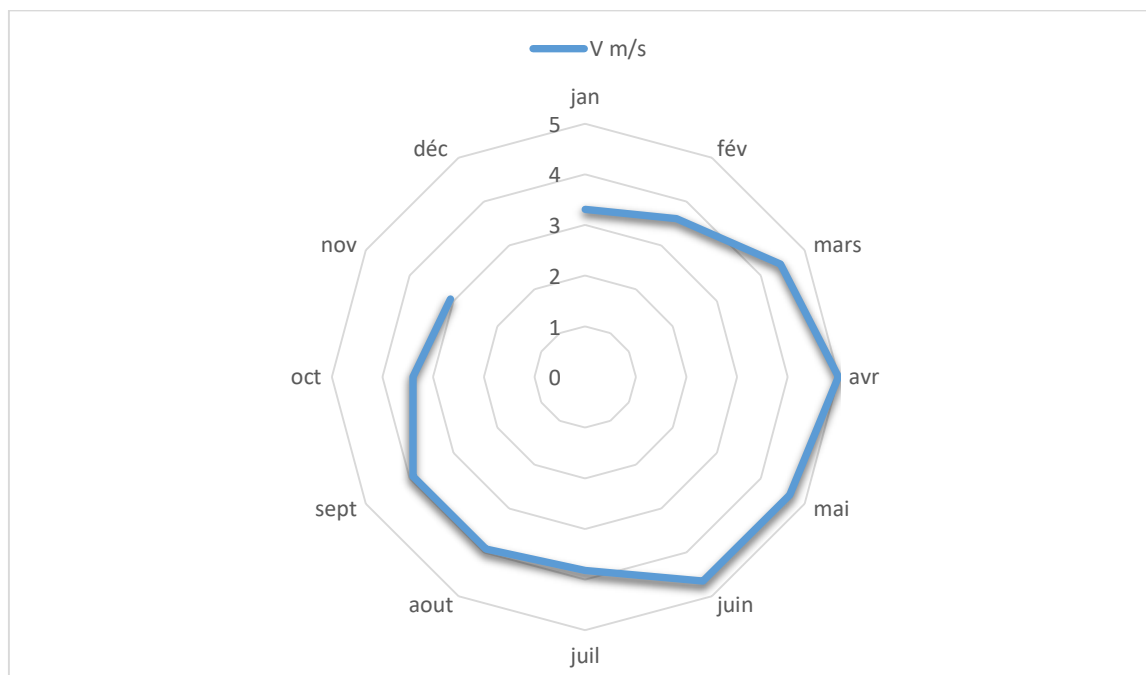


Figure 28: Rose des vents de la wilaya déléguée de Messaad

II-2.7-4-Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec $P=2T$.

Tableau 18 : diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P mm	15.2	10.7	14.4	17.05	17.00	11.08	6.03	12.11	22.58	19.47	16.05	15.05
TC°	1.90	2.72	6.30	9.18	13.5	18.5	21.4	21.0	17.5	12.4	6.36	2.46

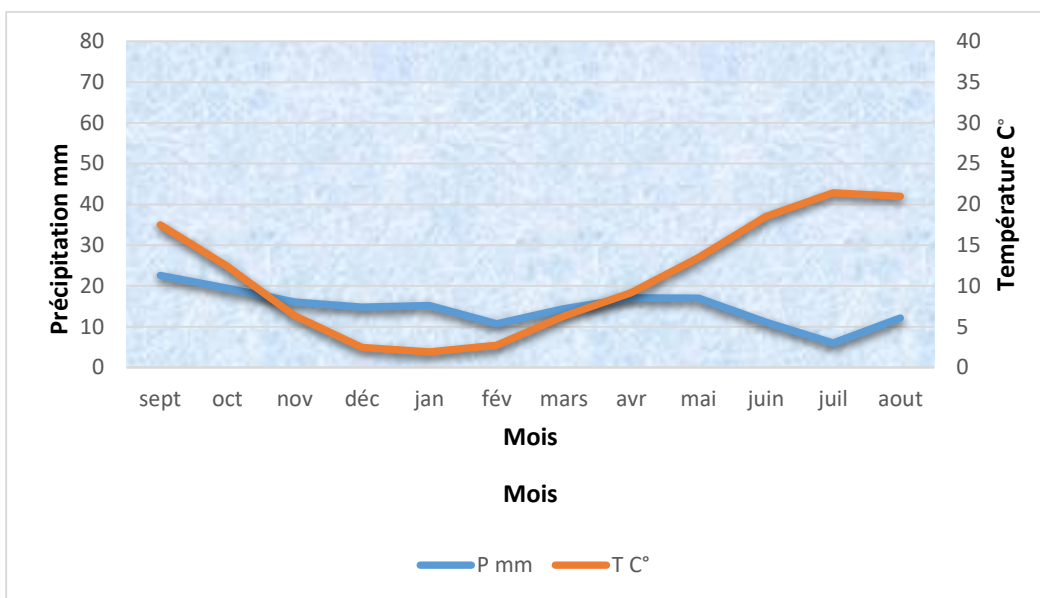


Figure 29 : Diagramme ombrothermique de la région Messaad

Le diagramme ombrothermique de la région de Messaad montre une période sèche de 04 mois juin, juillet, aout, septembre. Et la période humide qui dure 08 mois de janvier à mai et Octobre à décembre.

II-2.7-5-Bilan hydrique

Tableau 19 : bilan hydrique de la commune Messaad.

Mois	Tp	It	Cl	Etpc	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
Sep	23.66	10.5	1.03	109.2	22.58	-86.6	-0.8	0.0	0.0	22.6	86.6	0.0
Oct	17.85	6.9	0.97	60.2	19.47	-40.8	-0.7	0.0	0.0	19.5	40.8	0.0
Nov	11.41	3.5	0.86	22.8	16.05	-6.8	-0.3	0.0	0.0	16.1	6.8	0.0
Déc	7.61	1.9	0.81	10.0	15.5	5.5	0.6	5.5	5.5	10.0	0.0	0.0
Jan	6.73	1.6	0.87	8.5	15.2	6.7	0.8	6.7	12.2	8.5	0.0	0.0
Fév	8.46	2.2	0.85	12.8	10.7	-2.1	-0.2	-2.1	10.2	12.8	0.0	0.0
Mars	12.09	3.8	1.03	30.5	14.4	-16.1	-0.5	-10.2	0.0	24.6	6.0	0.0
Avr	16.17	5.9	1.10	56.6	17.05	-39.6	-0.7	0.0	0.0	17.1	39.6	0.0
Mai	21.47	9.1	1.21	106.7	17	-89.7	-0.8	0.0	0.0	17.0	89.7	0.0
Juin	26.98	12.8	1.22	165.9	11.08	-154.8	-0.9	0.0	0.0	11.1	154.8	0.0
Juil	30.07	15.1	1.24	207.2	6.03	-201.1	-1.0	0.0	0.0	6.0	201.1	0.0
Aout	28.66	14.1	1.16	176.9	12.11	-164.8	-0.9	0.0	0.0	12.1	164.8	0.0
Annuel	17.6	87.4	.	967.2	177.2	-790.1	.	.	.	177.2	790.1	0.0

Les graphes (figure 30 et 31) montrent qu'ETP atteint son maximum valeur au mois de juillet 207.2 mm et minimum au mois de janvier 8.5 mm. RFU (réserve facilement utilisable) commence partir du mois de décembre 5.5 mm pour atteindre la valeur 12.5 mm au mois de janvier.

Le déficit maximal au mois de juillet avec 201.1 mm et le déficit minimal 00 mm aux les mois décembre, janvier et février.

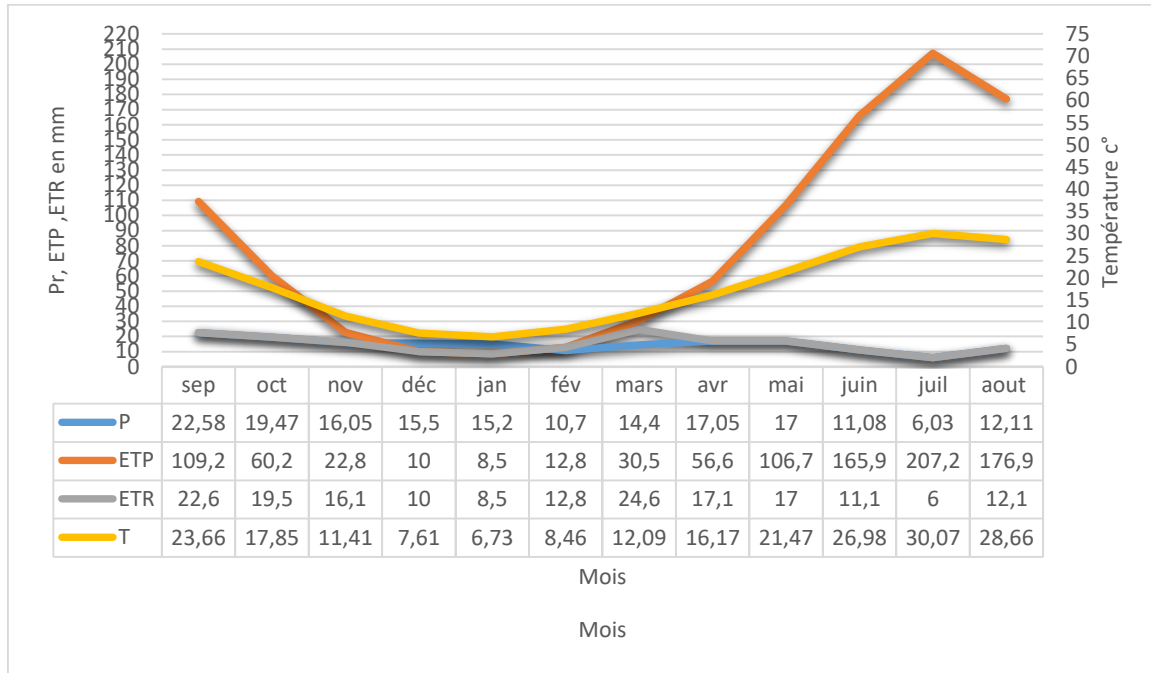


Figure 30 : Graphe du bilan d'eau P, ETP, ETR, T.

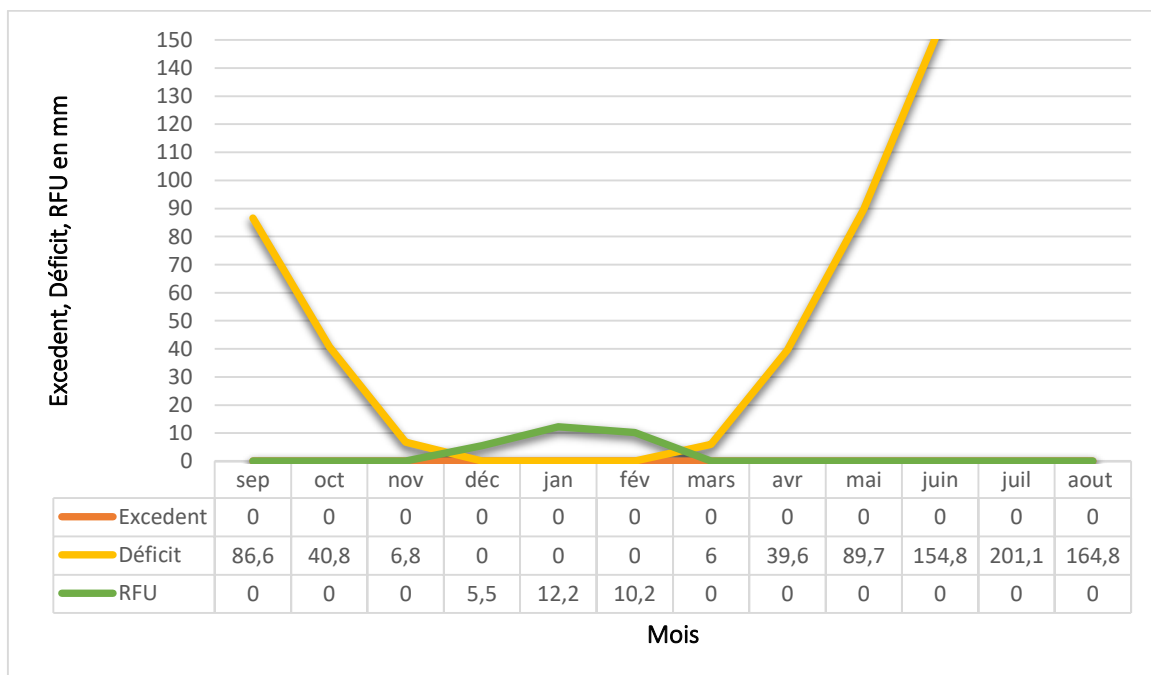


Figure 31 : Graphe du bilan d'eau Excedent, Déficit, RFU.

II-2.8-Indice de végétation par différence normalisée NDVI

La couverture végétale est une composante essentielle des écosystèmes terrestres, en particulier dans les régions arides et semi-arides, et doit être soutenue par suffisamment d'eau, l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) est un indicateur clé de l'état de la

végétation et un paramètre utile dans les études de la couverture végétale terrestre (Wang, F., Wang, et al 2014).

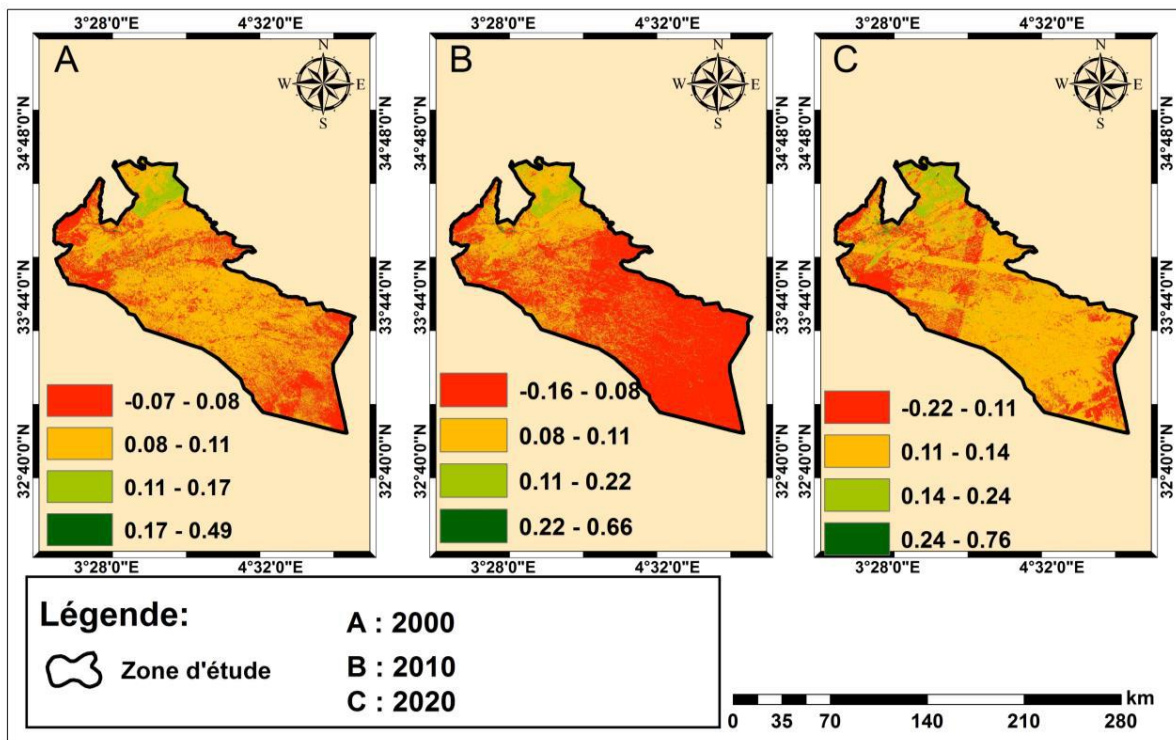


Figure 32 : Variations spatiotemporelle de l'indice NDVI dans la région de Messaad

La carte ci-dessus (figure 32) indique les variations spatio-temporelles de l'indice NDVI dans la région de Messaad (2000-2010-2020).

La carte pour la période (2000-2010) nous avons remarqué dans la partie Nord-est de la région (Feidh El Botma et Amoura) une augmentation de la couverture végétale où l'indice varie entre 0.11 ; 0.22. Le centre et le sud de la région caractérisée par une faible densité de végétation comprise entre -0.7 et 0.8.

La période (2000) la carte montre une forte augmentation de la densité de végétation où l'indice de NDVI varie entre 0.11 ; 0.14 et 0.14 ; 0.24.

II-2.9-Indice de végétation amélioré EVI

L'EVI a été développé pour optimiser le signal de végétation avec une sensibilité améliorée dans les régions à forte biomasse et une meilleure surveillance de la végétation grâce à un découplage du signal de fond de la canopée et une réduction des influences atmosphériques (Mishra, AK 2014).

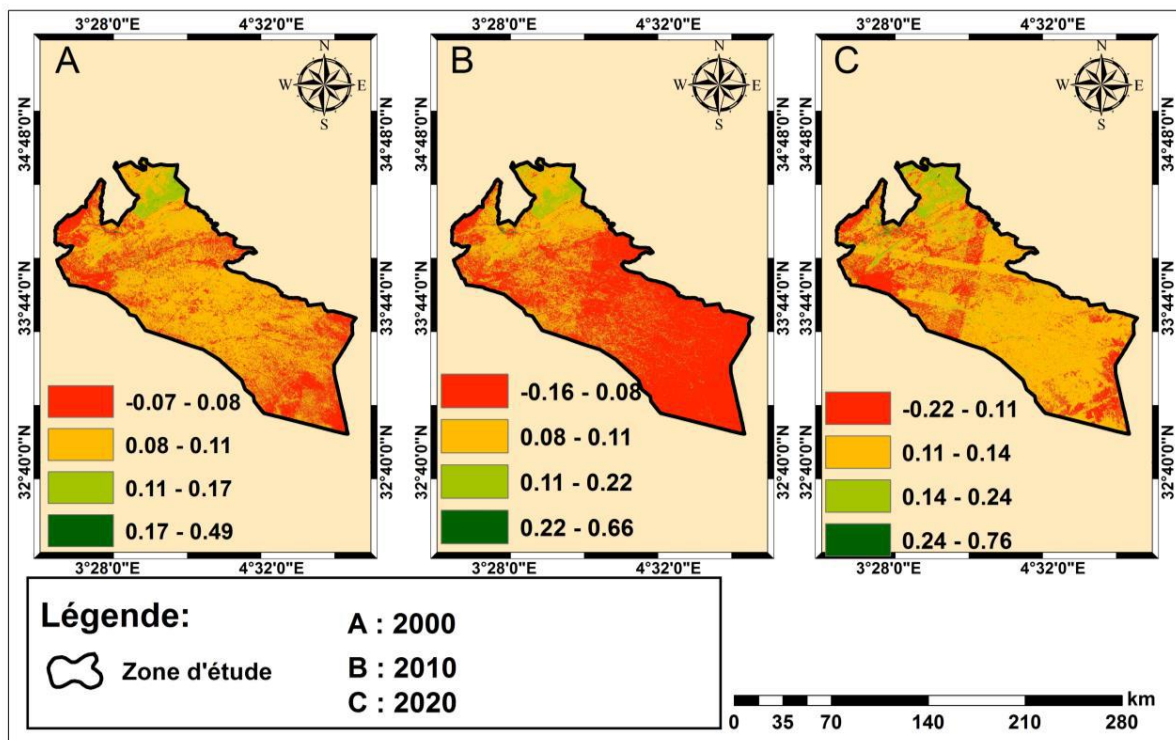


Figure 33 : Variation spatiotemporelle de l'indice EVI dans la région de Messaad

La carte (figure 33) montre la variation spatio-temporelle de l'indice EVI de la région Messaad entre (2000-2010-2020).

La carte pour la période (2000-2010) nous avons remarqué dans la partie Nord-est de la région (Feidh El Botma et Amoura) une augmentation de la couverture végétale où l'indice varie entre 0.11 ; 0.22. Le centre et le sud de la région caractérisée par une faible densité de végétation comprise entre -0.7 et 0.8.

La période (2010-2020) la carte montre une forte augmentation de la densité de végétation où l'indice de EVI varie entre 0.11 ; 0.14 et 0.14 ; 0.24.

II-2.10-Indice d'eau à différence normalisée NDWI

Dans la méthode NDWI, l'indice spectral de l'eau est un nombre unique qui est calculé à partir d'une procédure arithmétique communément appelée rapport, différence et différence normalisée de deux bandes spectrales ou plus (Bhandari, AK, et al 2015).

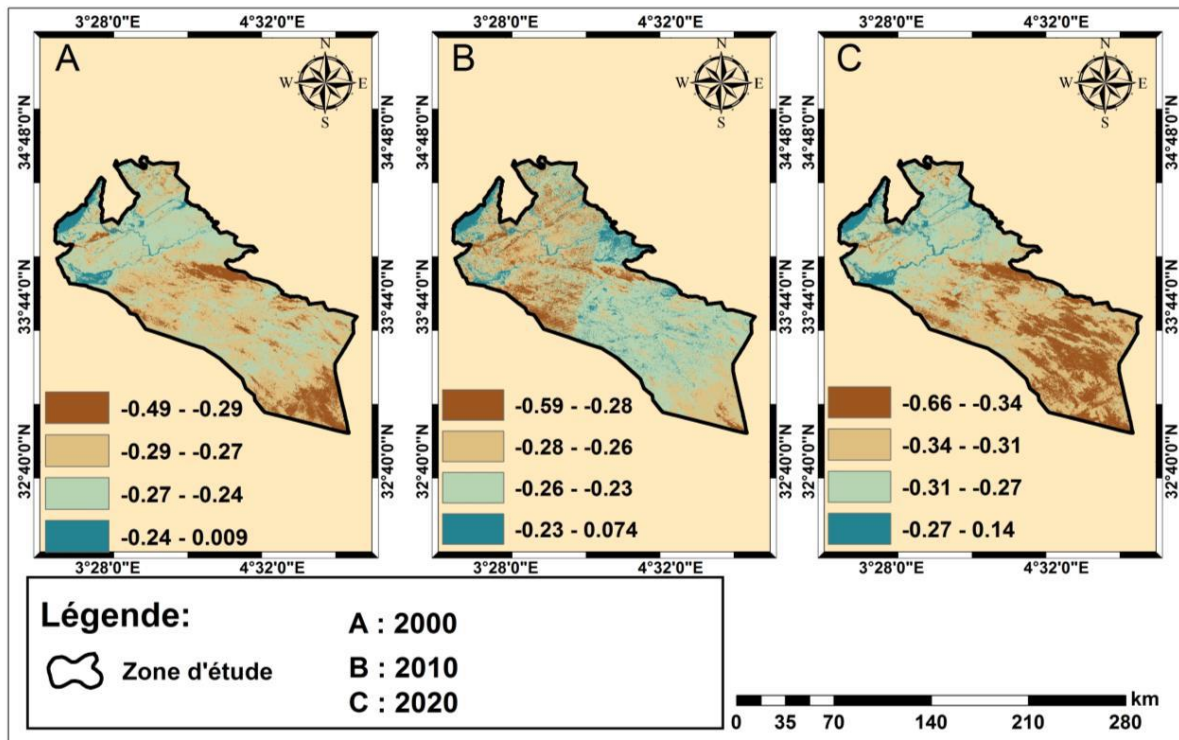


Figure 34 : Variation spatiotemporel de l'indice NDWI dans la région de Messaad

La carte (figure 34) montre les variations spatio-temporelles de l'indice d'eau à différence normalisée, NDWI entre (2000-2010-2020) dans la région Messaad.

La période (2000-2010) caractérisée par une forte concentration des ressources hydriques dans la partie Nord de la région avec un indice varie entre -0.27 ; -0.24 et dans la partie Nord-ouest ou l'indice -0.24 ; 0.009 et -0.23 ; 0.074, pour le sud de la région un taux très faible varie de -0.49 ; -0.29 et -0.26 ; -0.23.

La période 2020 indique une forte concentration des ressources hydriques dans la partie Nord de la région où l'indice varie entre -0.31 ; 0.14 et dans le Sud l'indice varie entre -0.66 ; -0.31.

II-2.11-Situation démographique

La ville Messaad a connu selon les 04 recensements (1977, 1987, 1997, 2008) et estimation de 2019 une croissance démographique très importante. Car la population est passée de 20580 habitants en 1977 à 97091 habitants en 2008. Le tableau suivant montre cette évolution.

Tableau 20 : Evolution de la population de la ville de Messaad

Année	Nombre de population	Croissance	Taux d'accroissement
1977	20580	.	.
1987	47460	26880	8,71
1998	75552	28092	4.27
2008	97091	21539	2,6

Source : RGPH

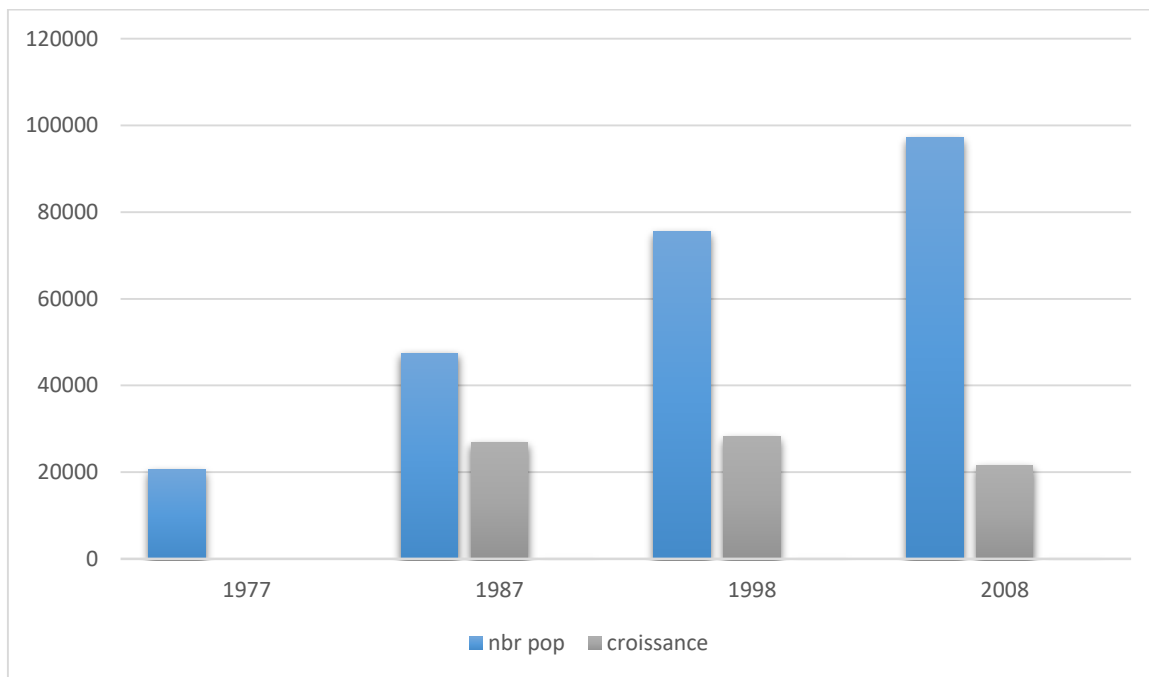


Figure 35 : Evolution de la population aux différents RGPH.

L'histogramme (figure 35) représente la variation d'évolution de la population aux différents RGPH. La valeur maximale d'évolution de la population est marquée au 2008 (97091).

III-Présentation wilaya déléguée d'Ain ouessara

III-1.Situation Géographique et administrative

La commune d'Ain Oussera est distante de 200 km au Sud de la capital Alger et 100 Km au Nord du chef-lieu de la wilaya de Djelfa, entre les chaînes de l'Atlas Tellien les plus méridionaux et ceux de l'Atlas Saharien les plus septentrionaux.

Elle s'insère entre les coordonnées de système Lambert suivantes:

- ✓ X = 502 km X1 = 528 km (longitude) ;
- ✓ Y = 281 km Y1 = 207 km (latitude).

La commune d'Ain Oussera est limitée administrativement par :

- ✓ Les communes M'FATHA et SANEG au Nord et La commune de BOUGHZOUL au Nord-Ouest (La Wilaya de Médéa) ;
- ✓ Les communes de BOUIRAT LAHDAB, et GUERNINI au Sud (Djelfa) ;
- ✓ La commune de BENHAR à l'Est (Djelfa) ;
- ✓ La commune d'ELKHEMIS à l'Ouest (Djelfa).

La ville d'Ain Oussera est la troisième plus grande ville de la wilaya de Djelfa, elle s'étend sur une superficie de 730.330 ha, pour une population de 100630 habitants soit une densité de 126,31 Hab. ha (R.G.P.H. 2008).

Elle s'allonge, de ce fait, du nord au sud, sur près de 73 km elle est traversée par la route nationale n° 1 (RN1), dont 46 km environ sont à l'intérieur du territoire communal.

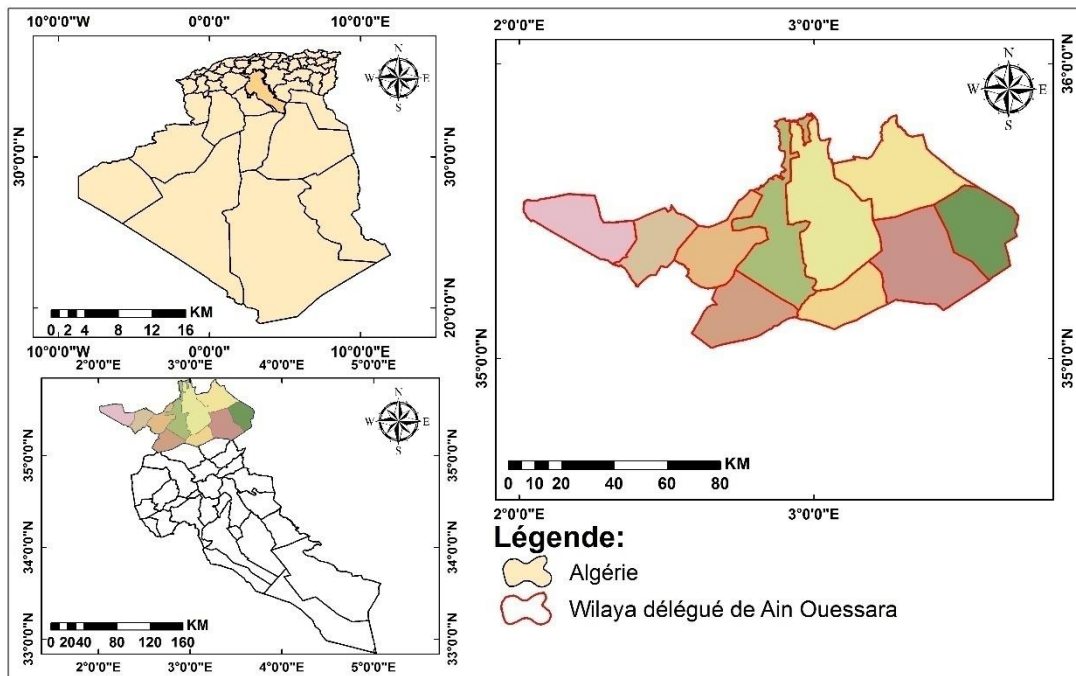


Figure 36 : Situation géographique de la wilaya déléguée d'Ain ouessara.

III-2. Analyse du milieu physique

III-2.1-Reliefs

Les reliefs de la région d'Ain Oussera sont peu marqués avec une faible pente et des grandes surfaces plates et légèrement ondulées et vallonnées, En effet 99 % se trouvent dans la classe des pentes comprises entre 0% – 3%.

Le relief est constitué par une topographie de bas glacis et plaines, ce qui ne constitue pas une contrainte pour l'érosion.

- ✓ Les altitudes varient entre 870m pour le point le plus élevé, au Sud et 622 m pour le point le plus bas.
- ✓ Dans le Sud, les surfaces sont plus ou moins plates et parsemées de plateaux parcourus par plusieurs oueds écoulant du Sud au Nord, le nord et le centre du plateau possède des Daïas et des versants des montagnes de l'Atlas tellien qui est représentés par le Djebel Seba-Rous 761 m.

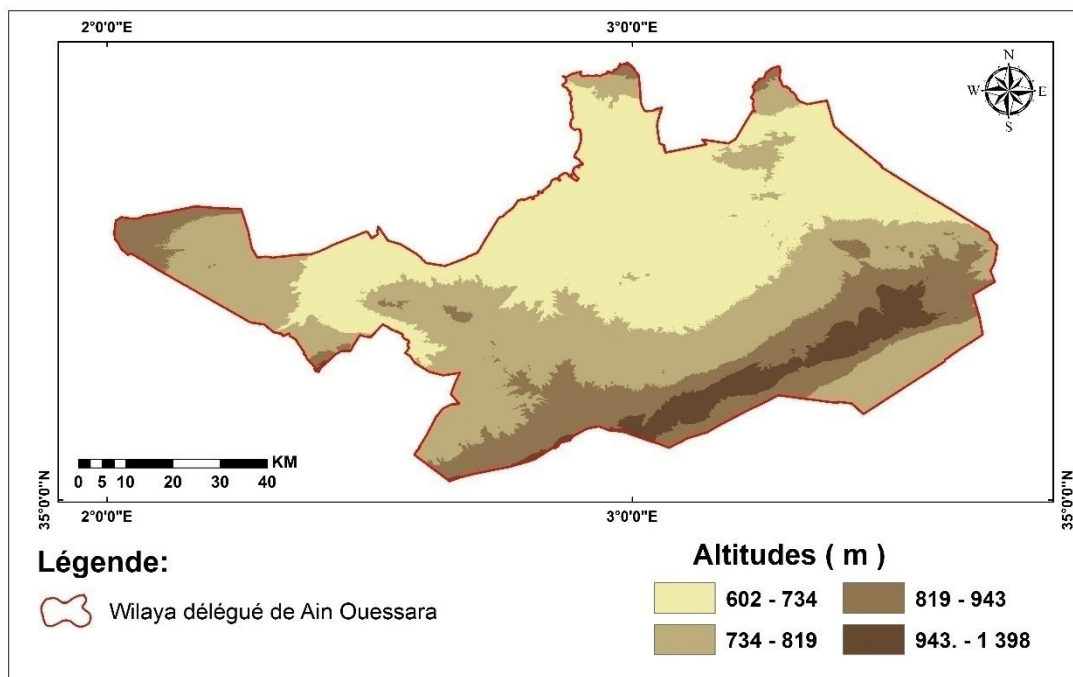


Figure 37 : Modèle numérique de terrain de la commune d'Ain ouessara.

III-2.2-Géologie

D'après la carte géologique de la région d'Ain Oussera, les formations quaternaires sont dominantes, elles couvrent les fonds de Dhayas, les lits des oueds et sont constituées de croûtes Calcaire, dépôts d'alluvions, les autres formations, plus anciennes, sont peu rencontrées, elles se localisant surtout à l'ouest de la région.

A. Aptien

Constituer de calcaire et de grés qui atteignent jusqu'à 100 m d'épaisseur, formant en particulier, les reliefs de Draa Nichan.

B. Albien

Son épaisseur varie de 100 à 300 m, il est formé de grés calcaires d'argile gréseuse, Il est rencontré aussi au sud.

C. Cénomaniens

Forme de calcaire, calcaire dolomitique, calcaire marneux, marne.

D. Turonien

Formé de calcaire et de marne.

E. Quaternaire

Formé de croûte calcaire, alluvions, argiles galets.

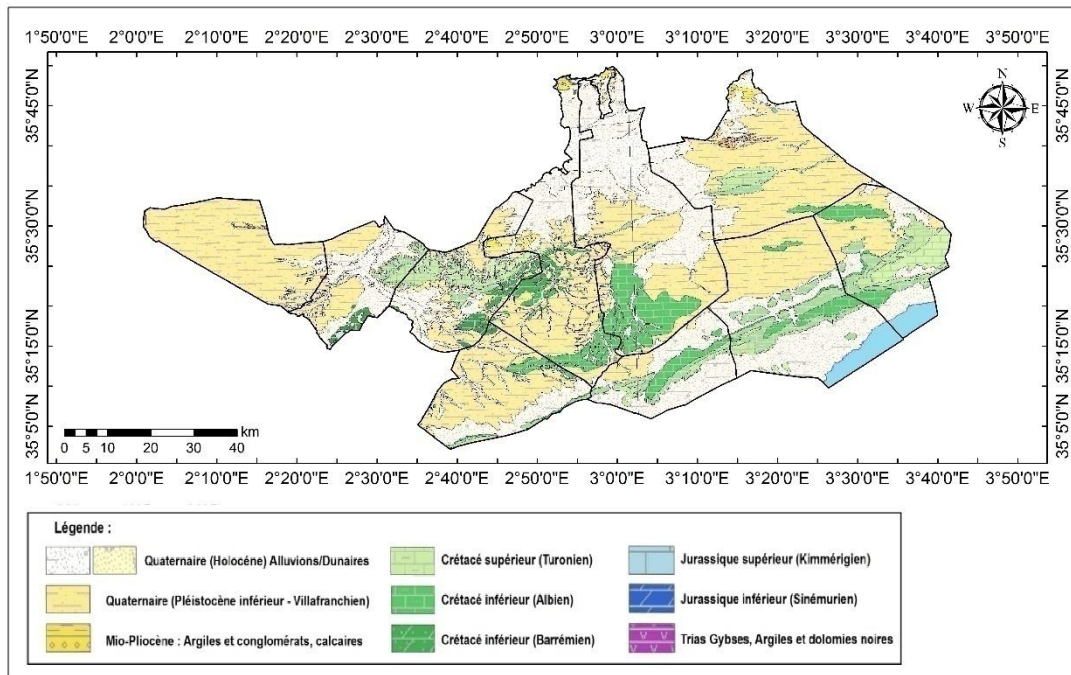


Figure 38 : Carte géologique de la wilaya déléguée d'Ain ouessara

III-2.3-Séismicités

Les règles parasismiques algériennes sont émises par le R.P.A, il a été élaboré par le CGS (Centre de recherche appliquée en Génie parasismique).

La région d'Ain Ouessara est caractérisée d'une faible séismicité selon les recommandations parasismique d'Algérie (1999).

III-2.4-Pédologie

En zone steppique, la répartition des sols est en relation étroite avec les unités géomorphologiques, les sols calorimétriques sont les plus étendus dans toute la région, cependant, ils présentent de notables variations en fonction de l'horizon d'accumulation et de profondeur à laquelle se trouve la dalle calcaire ou les autres formes d'encroûtement.

III-2.5-Pente

Les terrains de la région sont généralement faibles et ne posent pas de contraintes à l'utilisation des terres. La classification usuellement utilisée pour différencier les pentes :

Tableau 21: Classes des pentes.

Classe des pentes en %	Superficie en %	Observation
0-3	80.6	Faible
3 – 12,5	16.4	Moyenne
12,5 – 25	2.26	Fort
> 25	0.75	Très fort

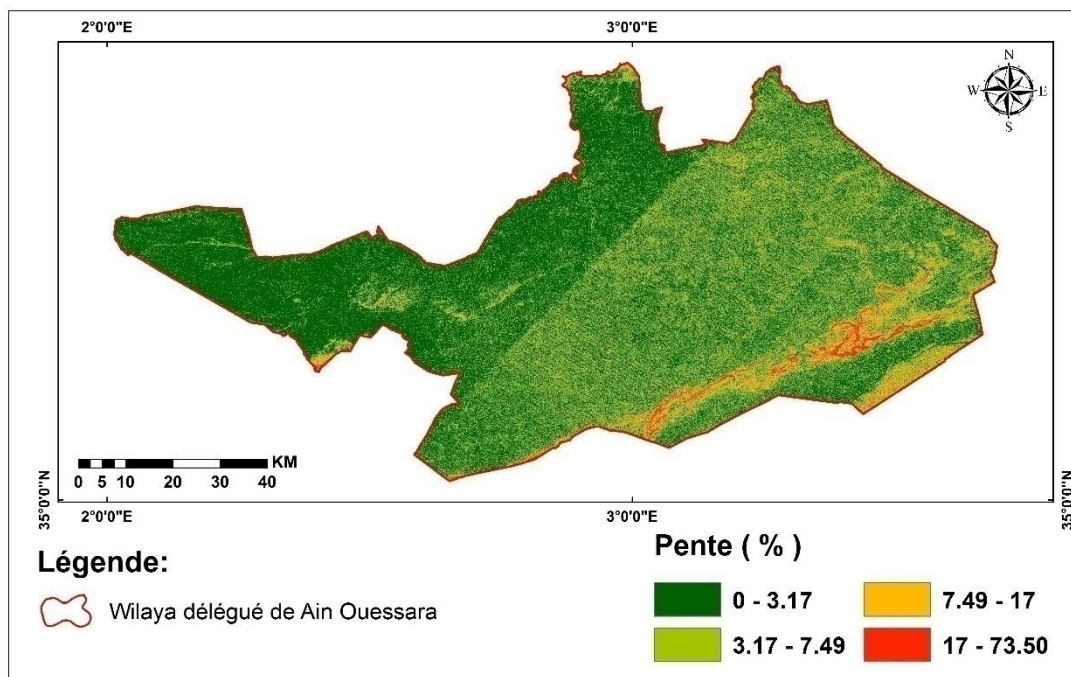


Figure 39 :Carte des pentes de la wilaya déléguée d’Ain ouessara

III-2.6-Hydrogéologie

Les ressources en eaux superficielles sont très faibles alors que les ressources souterraines demeurent encore très mal connues.

Il existe, dans la wilaya, six grandes nappes dont quatre sont assez bien connues :

La région d'étude s'intègre dans le système aquifère de la plaine d'Ain Ouessara ,avec un étendu de 2218 km², qui répond aux besoins des populations et de l'irrigation des zones Nord et Nord Est de la wilaya.

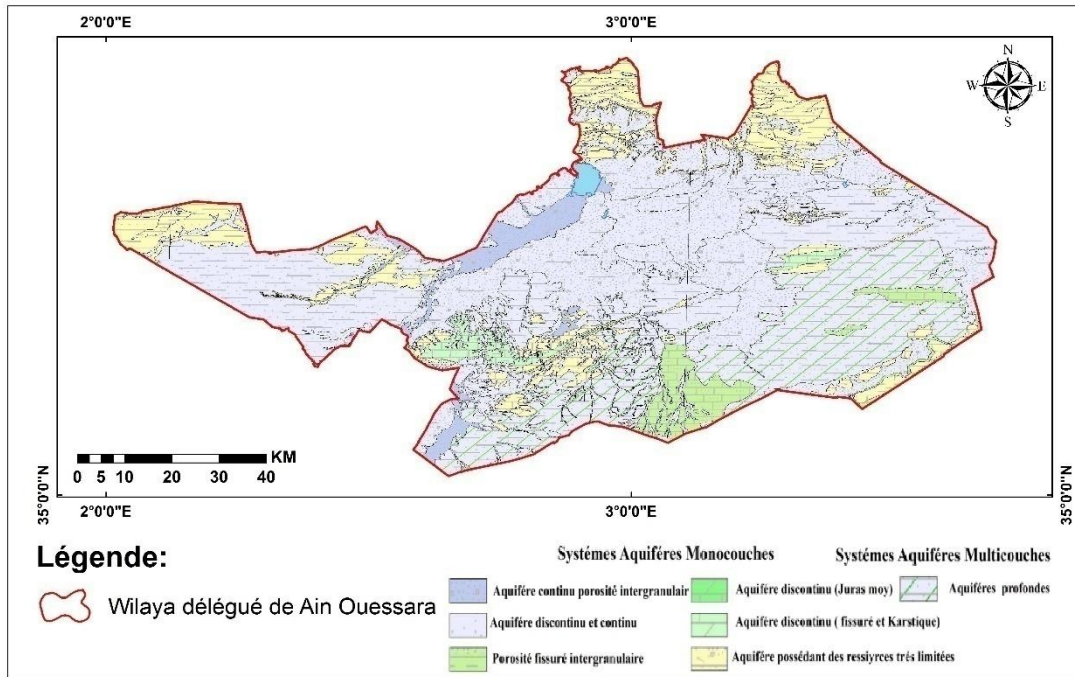


Figure 40 : Carte hydrogéologique de la commune d'Ain ouessara.

III-2.7-Hydrographie

La région d'Ain Oussera est caractérisée par un réseau hydrographique qui est formé par plusieurs cours d'eaux qui sont plus denses au sud qu'au nord. Il présente un régime d'écoulement intermittent, leur sens d'écoulement se fait généralement du sud-est vers le Nord-Ouest.

Les principaux oueds sont : OUED BOUCEDERAIA et OUED MOUILEH, ils appartiennent à deux différents sous bassins versants.

✓ Oued Boucederaia

Il reçoit les eaux de ses affluents, les plus importants, qui sont : OUED BENZAITER, OUED BOUAKA, les cours d'eau de cet oued est très allongé, traversant la ville, ces talwegs sont très ouverts souvent il est l'origine des inondations de la région, il sert aussi à évacuer les eaux ce qui crée un problème pollution.

✓ Oued Mouileh

Son cours d'eau est bien drainé par plusieurs oueds qui sont OUED BOURKIZA, OUED EL KELBA, OUED SOUNNAK ET OUED MADFOUN

III-2.8-Climatologie

La ville d'Ain ouessara se classe dans l'étage bioclimatique semi-aride caractérisé par l'existence de deux saisons :

- ✓ Saison estivale sèche et chaude ;
- ✓ Saison hivernale froide.

III-2.8-1-Précipitation

Le terme précipitation englobe tous les eaux météorologique tombent à la surface de la terre tant se forme ; liquide ou solide : pluies, neige, gelée.

1.Pluviométrie

Tableau 22 :Variations des pluviométries dans la commune d'Ain ouessara 1984-2015

Mois	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	aout	Sept
P mm	44.16	58.35	56.41	56.23	57.54	53.60	56.72	49.87	26.07	8.47	9.44	29.85

Source : ONM 2015

Le tableau ci-dessus représente les variations des pluviométries dans la commune de Ain ouessara entre 1984-2015.la valeur le plus important est marquée au mois février (57.54 mm) et minimum de pluviométrie au mois aout (9.44 mm).

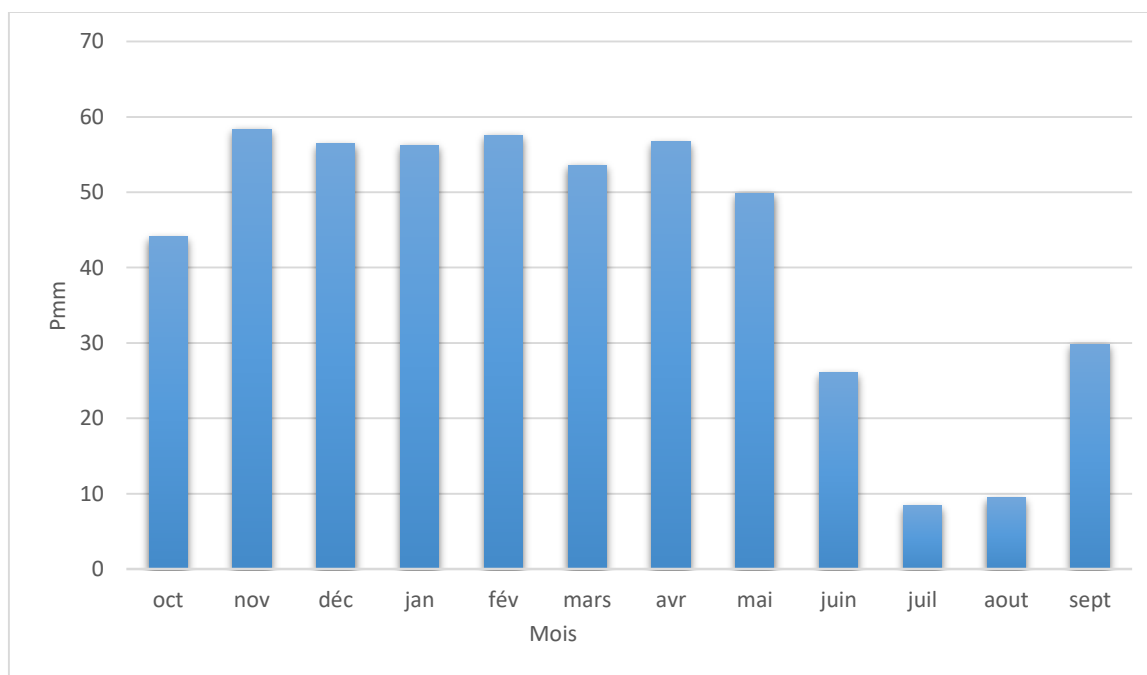


Figure 41: Histogramme des variations des pluviométries dans la commune d'Ain ouessara

2.Neige

La moyenne annuelle des jours d'enneigement est de (04-13) jours par an.13) jours par an.

3.Gelée

Les gelées peuvent survenir à partir du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril Compte tenu de leur fréquence et de leur période.

Les gelées sont observées dont la fréquence est en moyenne de (40-60) jours par an.

Tableau 23 : Les variations moyennes de nombre des jours de gelée entre (1991 - 2010)

Mois	sept	oct	nov	déc	jan	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Gelée	18.8	12.7	6.4	2.2	0.1	0	0	0	0	0.8	7.7	17.5

Source :A.N.R.H. de Djelfa (2010)

III-2.8-2-Température

Tableau 24 :Variation des températures dans la commune d'Ain ouessara 1984-2015

Mois	Oct	Nov	Déc	jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept
T c °	17.30	11.48	8.012	6.85	7.907	10.83	13.52	18.06	23.01	26.96	27.02	22.22

Source : ONM 2015

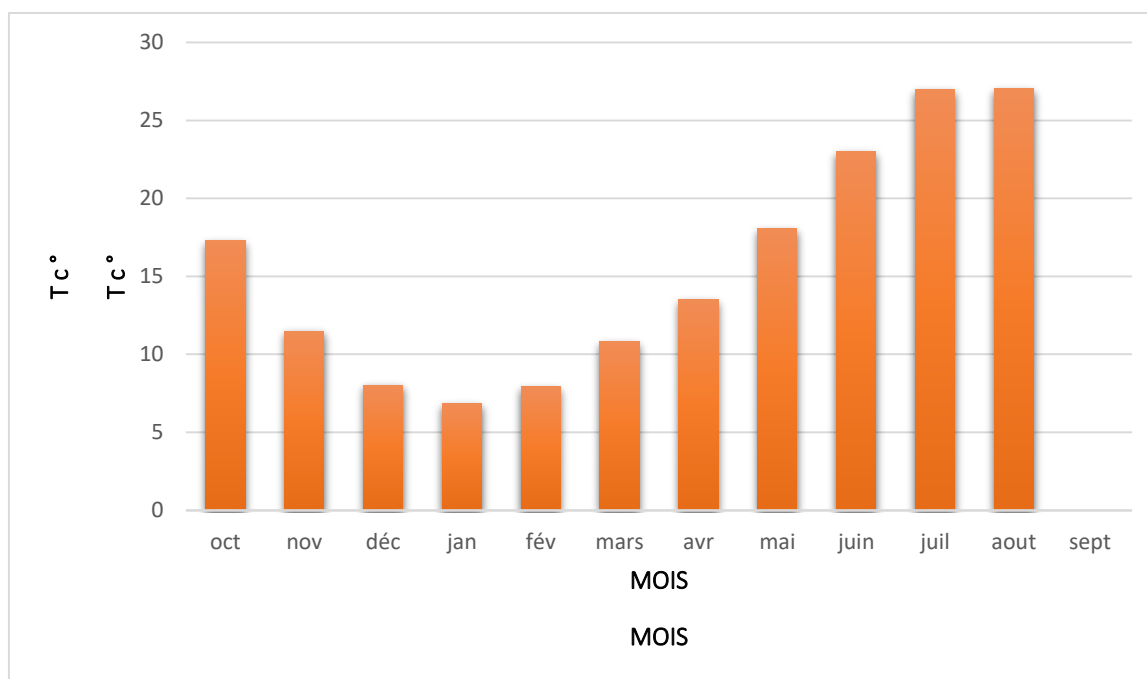


Figure 42 : Histogramme des variations des températures de la commune d'Ain ouessara 1984-2015

L'histogramme représente les variations des températures de la commune Ain ouessara 1984-2015. le mois le plus chaud aout 27.02 C° et le mois le plus froid janvier 6.85C°.

III-2.8-3-Vents

Le vent est un facteur climatique d'une importance primordial en contribuant au façonnage des paysages arides et désertiques et en jouant le rôle d'un agent d'érosion ; de transport et d'accumulation.

Tableau 25 : variations de la vitesse des vents entre 1991-2010

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Vitesse des vents m.s	3.33	3.49	4.2	5.7	4.63	4.21	4.51	4.84	4.59	3.54	3.48	3.33

Source : A.N.R.H. de Djelfa (2010)

D'après le tableau au-dessus, les mois les plus venteux janvier (4.63 m.s), avril (4.84 m.s) et mai (4.59 m.s).

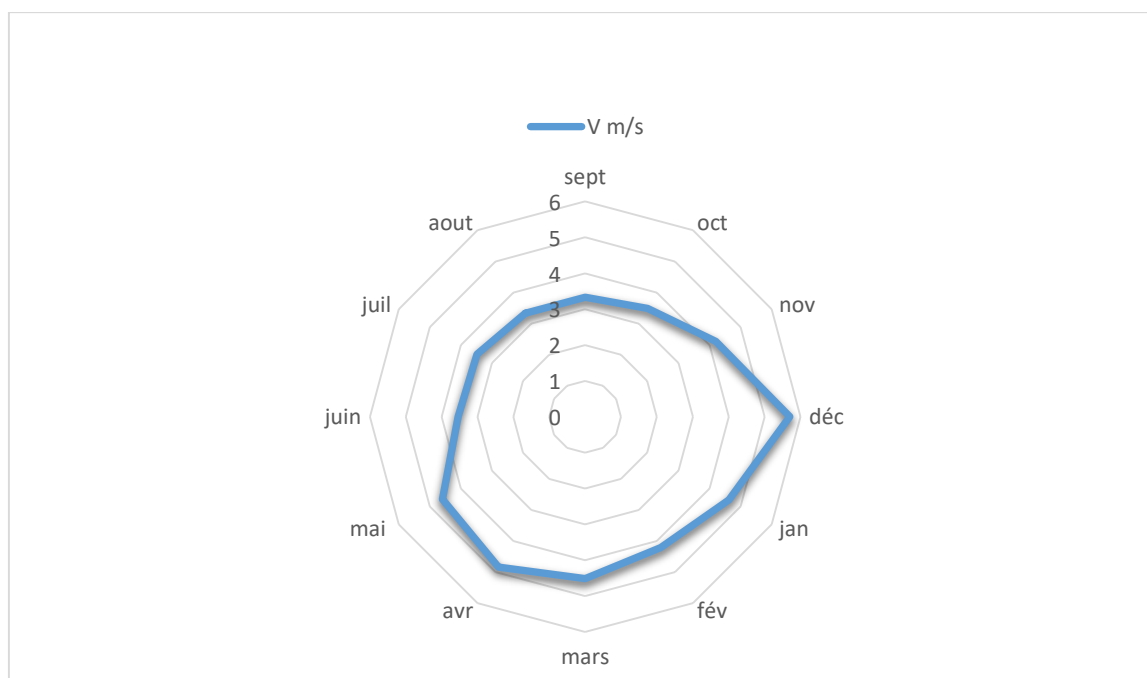


Figure 43 : Rose des vents de la commune d'Ain ouessara

III-2.8-4-Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec $P=2T$.

Tableau 26 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
P mm	29.85	44.16	58.35	56.41	56.23	57.54	53.60	56.72	49.87	26.07	8.476	9.443
T c °	22.22	17.30	11.48	8.012	6.850	7.907	10.83	13.52	18.06	23.01	26.96	27.02

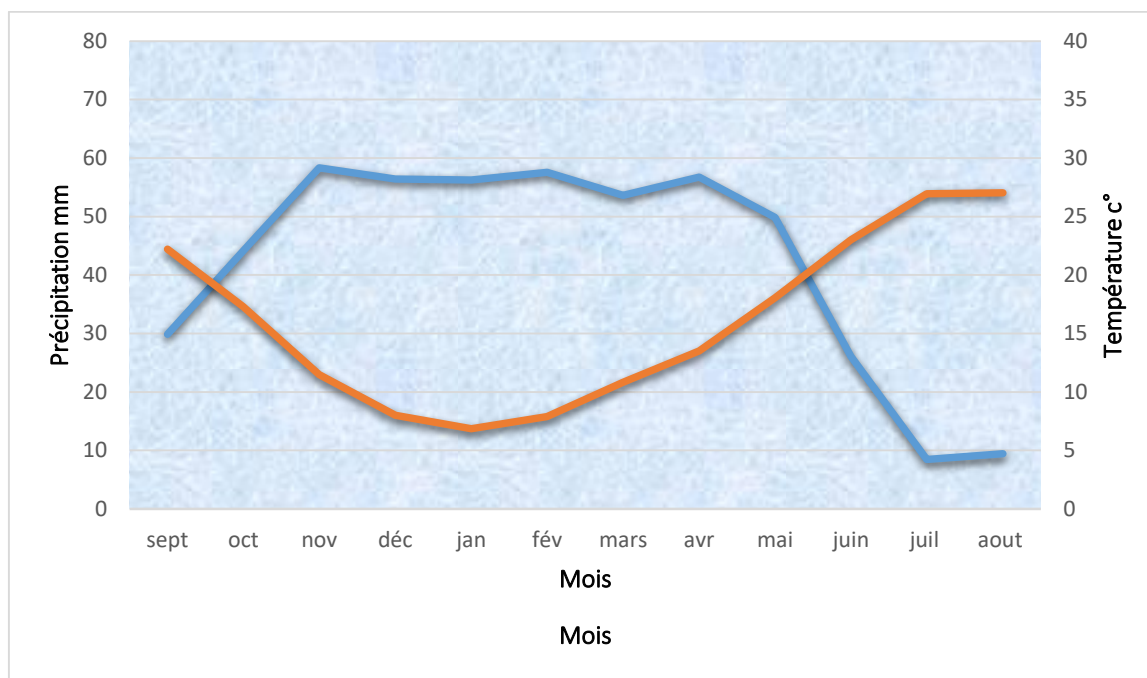


Figure 44 : Diagramme ombrothermique de la ville d'Ainouessara 1984-2015

Le graphe montre la période humide savoir huit mois octobre, novembre, décembre, janvier, février, mars, avril et mai. La période sèche est observée aux mois juin, juillet et août.

III-2.8-5-Bilan hydrique

L'étude du bilan hydrique permet d'évaluer la répartition des quantités d'eau reçues par un bassin versant entre ses différents composants (écoulement, infiltration et évaporation).

Le tableau suivant montre Bilan hydrique selon la méthode de «THORNTHWAITE » pour la station d'Ain Oussara.

Le tableau ci-dessous montre le bilan hydrique de la station Ain ouessara. L'ETP minimal au mois de janvier 11.70395 mm, il atteint son maximum au mois de juillet 174.3318 mm, RFU (réserve facilement utilisable) commencé à partir du mois de novembre 26 mm, Le déficit annuel 528,5664 mm il atteint son maximum valeur au mois juillet 165,8553 mm suivie par la valeur 154,2864 mm au mois d'août.

Tableau 27 : Le tableau suivant montre Bilan hydrique selon la méthode de THORNTHWAITE pour la station d'Ain Ouessara

Mois	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	22,22968	9,572298	1,03	104,0581	29,85807	-74,2	-0,71306	0	0	29,85807	74,19999	0
O	17,30774	6,55323	0,97	63,83119	44,1614	-19,6698	-0,30815	0	0	44,1614	19,66979	0
N	11,48387	3,521544	0,86	28,02897	58,35007	30,3211	1,081777	26	26	28,02897	0	4,321099
D	8,012581	2,042071	0,81	14,25095	56,41155	42,1606	2,958441	0	26	14,25095	0	42,1606
J	6,850645	1,610857	0,87	11,70395	56,23822	44,53427	3,805064	0	26	11,70395	0	44,53427
F	7,907419	2,001631	0,85	14,62008	57,54053	42,92045	2,935718	0	26	14,62008	0	42,92045
M	10,83742	3,225798	1,03	30,39805	53,60256	23,2045	0,763355	0	26	30,39805	0	23,2045
A	13,52516	4,511377	1,1	47,44695	56,72018	9,273222	0,195444	0	26	47,44695	0	9,273222
M	18,06935	6,994724	1,21	85,71982	49,87583	-35,844	-0,41815	-26	0	75,87583	9,843981	0
J	23,0129	10,08751	1,22	130,7847	26,07377	-104,711	-0,80064	0	0	26,07377	104,7109	0
J	26,96	12,81945	1,24	174,3318	8,476432	-165,855	-0,95138	0	0	8,476432	165,8553	0
A	27,02226	12,86429	1,16	163,7302	9,443769	-154,286	-0,94232	0	0	9,443769	154,2864	0
Annuel	16,10159	75,80479		868,9047	506,7524	-362,152				340,3382	528,5664	166,4141

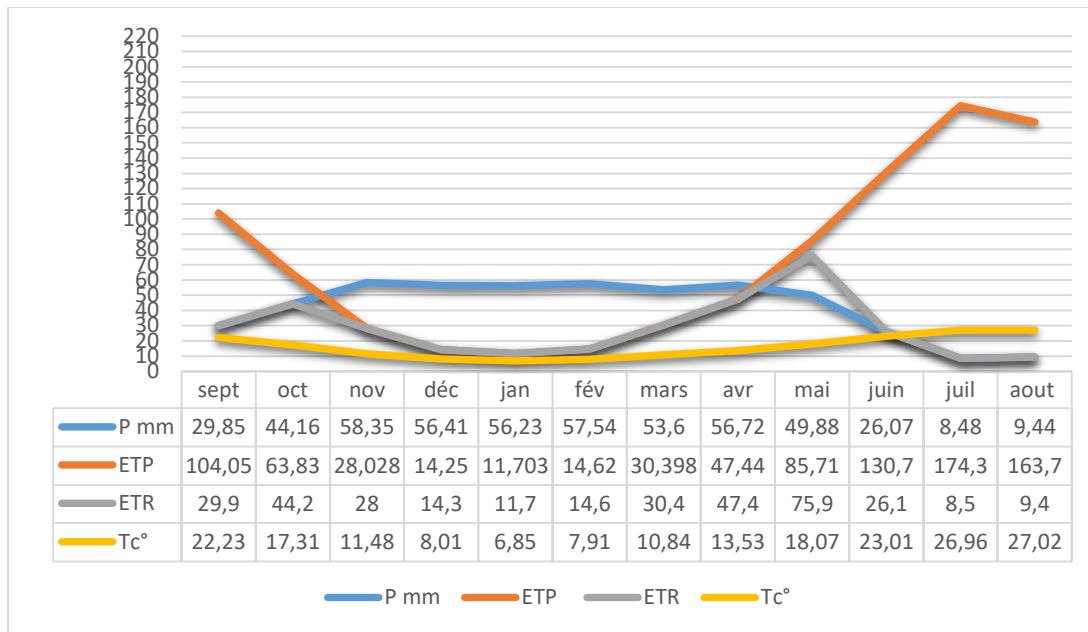


Figure 45: Graphe du bilan d'eau P, ETP, ETR, T.

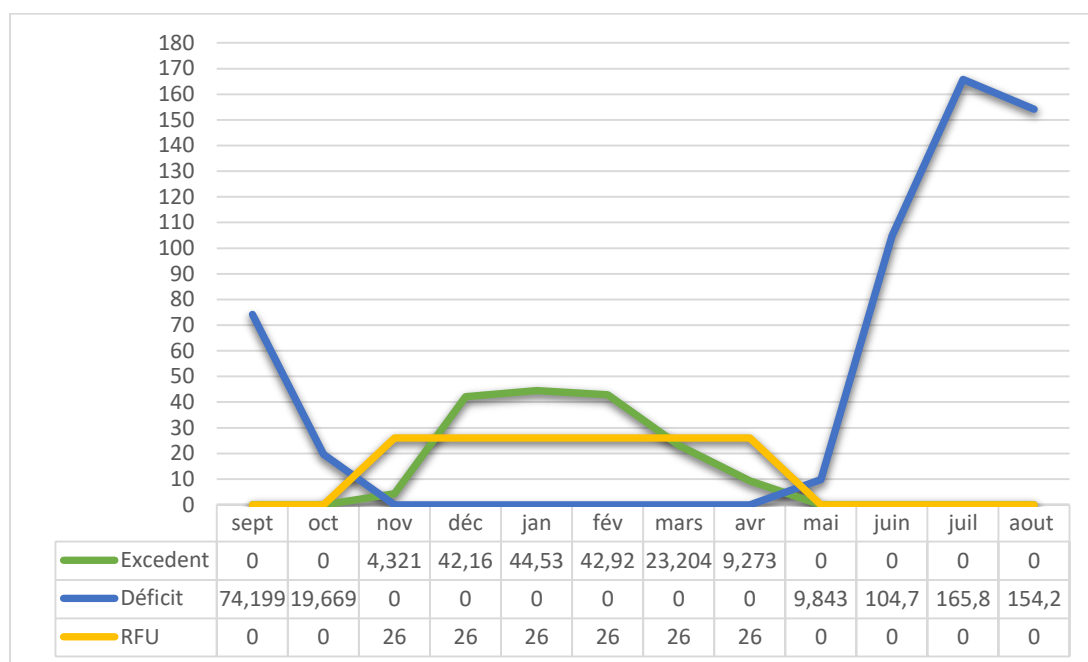


Figure 46 : Graphe du bilan d'eau Excedent, Déficit, RFU.

III-2.9-Indice de végétation par différence normalisée NDVI

Actuellement, NDVI et EVI sont des produits de données MODIS standard qui sont argement utilisés par la communauté scientifique pour les études environnementales (Mishra, AK 2014).

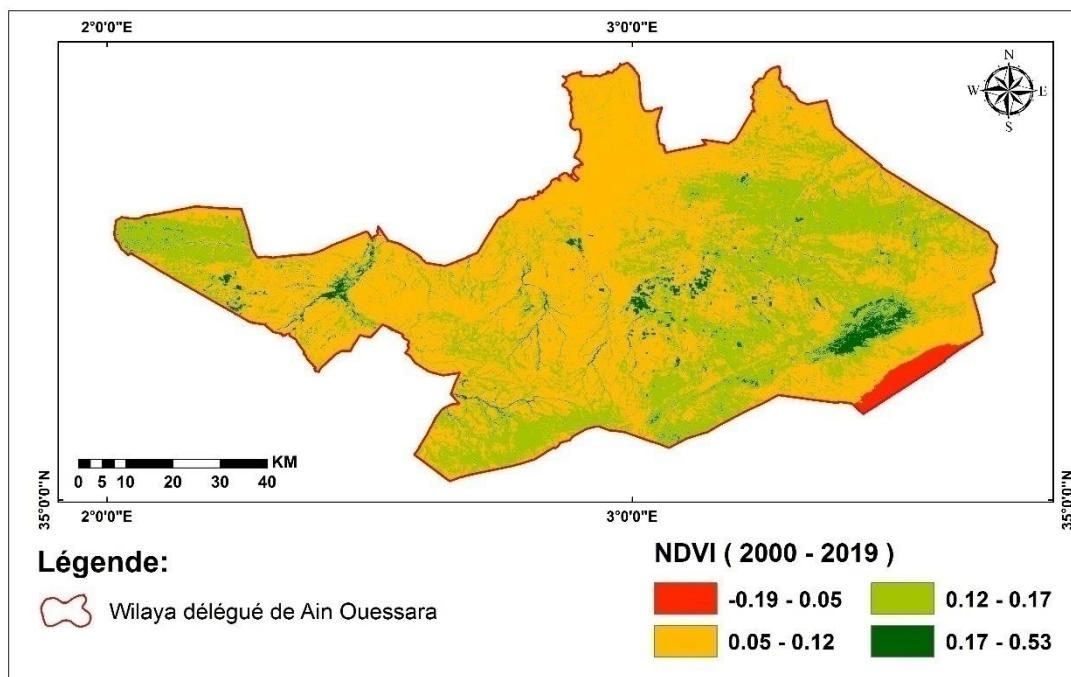


Figure 47 : Indice de végétation par différence normalisée de la wilaya déléguée Ain ouessara.

La carte ci-dessus montre l'indice de végétation par différence normalisé de la région Ain ouessara 2000-2019. La partie Nord-est, l'Est et le Sud-est caractérisé par forte concentration de végétation avec un indice de NDVI variant entre 0.12 ; 0.17. Le Nord et le centre de la région caractérisé par une faible densité de végétation 0.05 ; 0.12.

III-2.10-Indice d'eau à différence normalisée NDWI

Le NDVI et le NDWI ont été utilisés avec succès pour délimiter la couverture terrestre de la végétation et les caractéristiques des eaux de surface (Bhandari, AK, et al 2015).

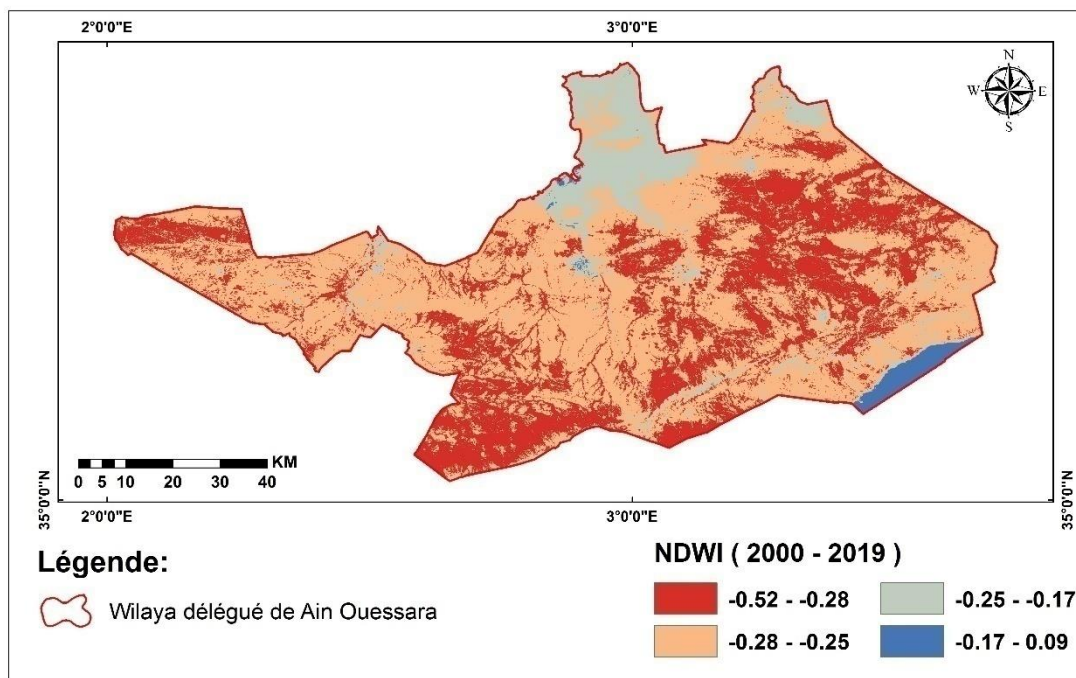


Figure 48 :Indice d'eau à différence normalisée de la wilaya déléguée Ain ouessara

La carte au-dessus indique l'Indice d'eau à différence normalisée NDWI de la région Ain ouessara 2000-2019. Dans la partie Nord de la région (la ville de Ain ouessara) y a une concentration des ressources hydriques où l'indice de NDWI varie entre -0.25 ; -0.17, le reste de la région observé un taux très faible des ressources hydriques varie entre -0.52 ; -0.25.

III-2.11-Situation démographique de la commune Ain ouessara

La région de Ain Oussera a connu selon les 5 recensements (1966, 1977, 1987,1998, 2008), Une croissance démographique très importante.

Tableau 28 : Evolution de la population de la commune Ain ouessara

RGPH	Ville	Commune
1977	.	27500
1987	.	46610
1998	80668	82597
2008	98107	100630
Estimation 2015	112512	115548

Source : RGPH 2008

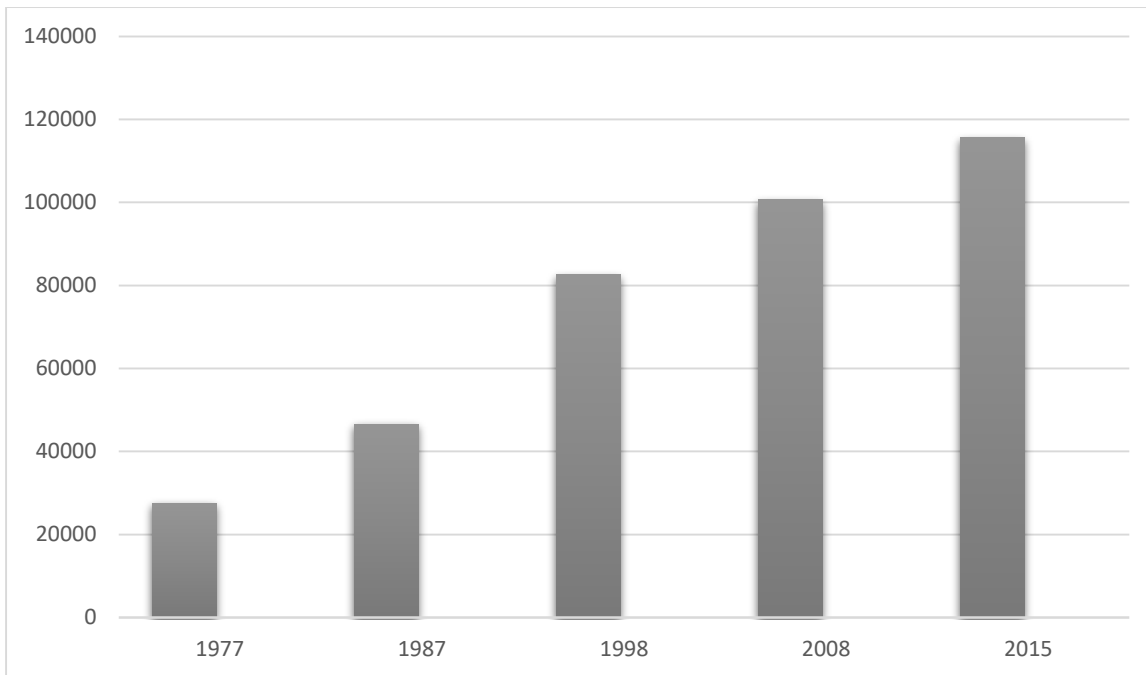


Figure 49 : Histogramme d'évolution de la population de la commune d'Ainouessara

L'histogramme représente l'évolution de la population de la commune Ain ouessara aux différents RGPH. La valeur minimale marquée au RGPH 1977 (27500), maximale valeur au RGPH 2008 (100630). Concernant l'estimation de la population 2015 observé une augmentation du nombre de population de la commune Ain ouessara (115548).

Conclusion

La wilaya de Djelfa située dans la partie centrale du nord d'Algérie. Il est connu par son territoire steppique. La région de Djelfa caractérisé par un climat semi-aride.

La wilaya de Djelfa est un carrefour pour plusieurs wilaya voisines, Au Nord par les Wilayas de Médéa et de Tissemsilt, A l'Est par les Wilayas de M'Silla et de Biskra, A l'Ouest par les Wilayas de Laghouat et de Tiaret et Au Sud par les Wilayas de Ouargla, El Oued et de Ghardaia. La région de Djelfa est caractérisée par une faible sismicité et l'un des wilayas algériennes les plus sujets aux inondations.

La commune de Messaad est située au sud de la wilaya de Djelfa, sa croissance démographique 97091 hab aux RGPH 2008.

La commune d'Ain ouessara est située au nord de la wilaya de Djelfa, avec une croissance démographique très importante 100630hab aux RGPH 2008.

Chapitre II

Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons la connaissance de la télédétection et SIG et leur utilisation dans les inondations urbaines en termes de connaissance des zones touchées et de leur réflexion sur les cartes, ainsi que pour faciliter la gestion des catastrophes et avant la fin des projets urbains. L'évaluation des risques d'inondation, y compris tous les paramètres dynamiques, est devenue plus complexe, car elle affecte l'environnement social, économique et physique (Mondal, KC, et al 2020).

Dans cette étude nous intéressons à la télédétection active. Les capteurs radar à synthèse d'ouverture (SAR) surmontent ces deux principales limitations ; premièrement, ils peuvent pénétrer les nuages ; par conséquent, ils acquièrent des images dans toutes les conditions météorologiques, indépendamment du rayonnement solaire de jour comme de nuit (Moharrami, M., Javanbakht, M et al 2021).

Nous examinerons également les étapes et les méthodes utilisées pour réaliser cette étude.

I- Les Concepts de Base

I- 1.Aléa

Dans le domaine de la gestion des risques, les phénomènes sont appelés des aléas. Étudier les aléas, c'est chercher à caractériser ces phénomènes selon les principaux paramètres suivants : leur fréquence de survenance, leur intensité destructrice, leur étendue.

Est la manifestation d'un phénomène naturel d'occurrence et d'intensité Données.

Les catastrophes se produisent lorsque si les conséquences des aléas (telles que le nombre de victimes, l'ampleur des pertes monétaires) dépassent une certaine ampleur (nombre de victimes, pourcentage du PIB affecté au-dessus d'un seuil prédéterminé) (Kron, W et al 2021).

Les aléas liés à l'eau sont des phénomènes hydrologiques extrêmes qui causent des pertes de vies humaines, des blessures, des dommages aux biens, des impacts socio-économiques et environnementaux (Kron, W et al 2021). L'aléa est considéré comme un phénomène physique, naturel et non maîtrisable, de données d'occurrence et d'intensité qui peut provoquer

des dégâts par débordement de cours d'eau et l'extension du champ à la crue des eaux (Danumah, JH, et al 2016).

Les principaux paramètres nécessaire pour évalue l'aléa sont :

- ✓ La période de retour des crues.
- ✓ La hauteur et la durée de submersion.
- ✓ La vitesse d'écoulement.
- ✓ La torrentialité des cours d'eau.

I- 2.Enjeu

C'est l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affecté par un Phénomène naturel .selon l'auteur Bruno Ledoux la notion d'enjeux correspond à l'ensemble des personnes (enjeux humains), des biens (l'habitat, les entreprises, les équipements, les réseaux, etc.)Et des activités économiques qui se trouvent ou se déroulent en zone inondable.

I- 3.Vulnérabilité, exposition et résilience

L'aspect « si et comment » peut être identifié comme l'exposition (potentielle) des valeurs à risque (personnes, actifs) au danger, alors que le potentiel d'être blessé dépend d'un éventail de facteurs sociaux, économiques, sanitaires, éducatifs, techniques. , structurels, non structurels, etc. qui sont généralement indépendants du type de danger (Kron, W et al 2021). Vulnérabilité est Les caractéristiques et les circonstances d'une communauté, d'un système ou d'un actif qui le rendent vulnérable aux effets néfastes d'un aléa, La vulnérabilité varie considérablement au sein d'une communauté et dans le temps (Chakraborty, S et al 2019).

La vulnérabilité aux inondations est constituée de trois critères : la densité de population, le système de drainage et l'occupation du sol (Danumah, JH, et al 2016).

I- 4.Danger

Un phénomène, une substance, une activité ou une condition humaine dangereuse qui peut entraîner la perte de la vie, des blessures ou d'autres impacts sur la santé, des dommages matériels, la perte de moyens de subsistance et de services, des perturbations sociales et économiques ou des dommages environnementaux (Chakraborty, S et al 2019).

I- 5.Risque

Le risque est la confrontation d'un aléa (phénomène naturel dangereux) et d'une zone géographique où existent des enjeux qui peuvent être humains, économiques ou Environnementaux. Selon l'auteur Bruno Ledoux, le concept même du risque est le croisement d'un aléa et d'enjeux, eux-mêmes caractérisés par une vulnérabilité – peut paraître simpliste ou réductrice, au regard de la complexité du réel.

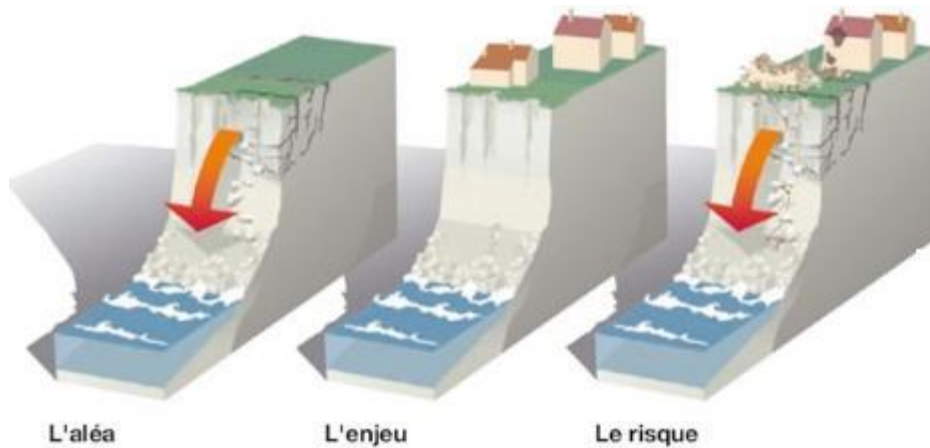


Figure 01 : schéma du risque.

L'ampleur d'une éventuelle catastrophe est inconnue à l'avance (Kron, W et al 2021). La combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences négatives (Chakraborty, S et al 2019). Le risque est le résultat de l'interaction entre un aléa et la vulnérabilité des éléments exposés à son égard.

Risque = Aléa × Vulnérabilité (Zou, Q. et al 2013).

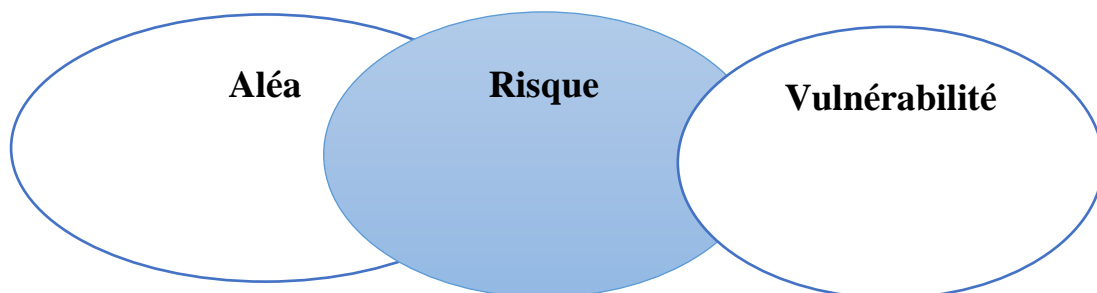


Figure 02 : Risque = Aléa × Vulnérabilité.

Le risque est la confrontation d'un aléa (phénomène naturel dangereux) et d'une zone géographique où existent des enjeux qui peuvent être humains, économiques ou Environnementaux.

I- 5.1-Risque naturel

Un risque naturel implique l'exposition des populations humaines et de leurs infrastructures à un événement catastrophique d'origine naturelle. Ce type de risque occupe le troisième rang, assez loin derrière les risques sociopolitiques et ceux du vivant.

Les catastrophes d'origine hydrique sont prépondérantes avec 32,5 % des catastrophes naturelles enregistrées dans le monde. Les inondations forment un groupe diversifié de catastrophes hydriques. Des inondations brutales et très localisées sur un bassin versant ou sur une ville.

I- 5.2-Risque anthropique

Les facteurs anthropiques constituent des facteurs aggravants et ont un rôle fondamental dans la formation et l'augmentation des débits des cours d'eau.

Parmi eux :

- ✓ L'urbanisation et l'implantation d'activités dans les zones inondables
- ✓ La diminution des champs d'expansion des crues
- ✓ L'aménagement parfois hasardeux des cours d'eau
- ✓ La défaillance des dispositifs de protection
- ✓ L'utilisation ou l'occupation des sols sur les pentes des bassins versants

I- 6.Risque inondation

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

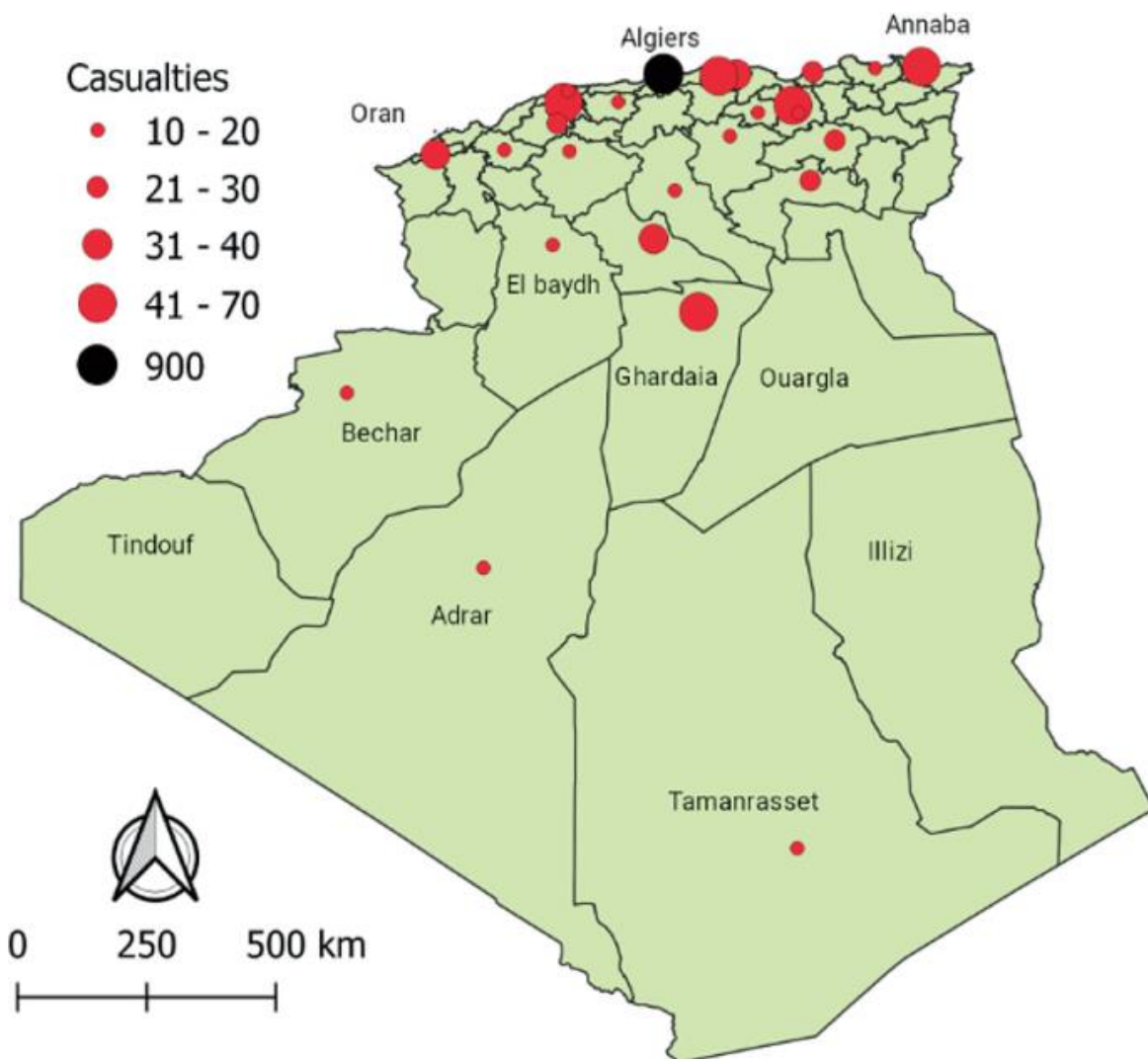
Le risque d'autant plus complexe qu'il agrège deux dimensions, elles-mêmes difficiles à évaluer, la gravité des conséquences et la probabilité d'occurrence de l'inondation redoutée.

Les inondations sont un phénomène naturel mondial et sont considérées comme l'une des catastrophes météorologiques les plus graves (Boutaghane, H. et al. (2022)). Les inondations sont un risque fréquent en Algérie. Il existe trois principaux types d'inondations, y compris les crues fluviales, les crues soudaines et les inondations côtières, sont documentées (Muhamed, H., Hamoodi et al 2022).

Selon L'auteur Bruno Ledoux

- ✓ Les inondations de plaine
- ✓ Les inondations par crues torrentielles
- ✓ Les inondations par ruissellement, en secteur urbain ou rural
- ✓ Les inondations par remontées de nappes phréatiques
- ✓ Les inondations marines (surcote marine).

Le type dominant d'inondations qui se produisent sont les crues éclair, qui ont tendance à ne pas être bien documentées et étudiées en Algérie (Boutaghane, H. et al. 2022).



Source : Boutaghane, H. et al. (2022)

Figure 03 : Carte des inondations catastrophiques en Algérie (1965-2013)

II-Facteurs de risques d'inondations

Les paramètres utilisés dans la carte des risques d'inondation comprennent la pente, la densité de drainage, le sol, les précipitations, le système d'évacuation, la démographie et l'utilisation des terres qui sont la combinaison de l'aléa et de la vulnérabilité nécessitent des interpolations pour permettre leur franchissement (Danumah, JH, et al 2016).

II-1.Influences du sol

Le processus de ruissellement et d'inondation des versants est dominé par les conditions de surface du sol(Tuyen, TT, et al 2022).Une carte lithologique de la zone est obtenue à partir des cartes des ressources du district de GSI et traitée dans le logiciel ArcGIS(Ghosh, D., Banerjee,et al 2022).

II-2.Géologie

Les facteurs géologiques déterminent la nature et les caractéristiques des bassins versants, notamment les sols, le risque de glissement de terrain et la morphologie du réseau fluvial(Tuyen, TT, et al 2022).La carte géomorphologique de la zone d'étude est extraite dans l'environnement ArcGIS à l'aide de la carte géomorphologique publiée par GSI (Ghosh, D., Banerjee,et al 2022).

II-3.Pente de surface

La pente d'un bassin est considérée comme ayant une importance hydrologique ; Les pentes abruptes ont un ruissellement de surface élevé pendant les précipitations qui dépasse la capacité d'infiltration, accélérant l'écoulement du ruissellement vers les canaux et l'érosion du sol(Tuyen, TT, et al 2022).

Le processus d'infiltration est relativement plus faible sur les pentes à forte pente, tandis que la vitesse de l'eau de surface (ruissellement) devient plus grande sur les pentes plus raides (Choudhury, S., Basak et al 2022).Par conséquent, Les fortes pentes augmentent le ruissellement tandis que l'eau s'accumule sur une pente douce (Tella, A.,et al 2020).

II-4.Densité de drainage

La densité de drainage (Dd) est le rapport de la longueur totale des cours d'eau de tous ordres à la superficie du bassin (Tuyen, TT, et al 2022).La carte de densité de drainage a été générée

à partir du réseau de cours d'eau à l'aide d'outils d'analyse spatiale dans le logiciel ArcGIS et classée en cinq classes (Tella, A., et al 2020).

II-5.Sens de l'écoulement

Plus la pente de l'écoulement est élevée, plus la capacité de concentration de l'eau est rapide, ce qui entraîne un risque élevé de formation d'inondations (Tuyen, TT, et al 2022). Les activités anthropiques, telles que l'urbanisation et d'autres activités de construction, et les surfaces imperméables qui en résultent réduisent le taux d'infiltration, augmentent le ruissellement de surface et raccourcissent le temps de ruissellement dans les cours d'eau (Ghosh, D., Banerjee, et al 2022).

II-6.L'utilisation des terres (LULC)

La surface est un facteur qui est également très important pour les crues éclair où le sol est le principal composant de la surface (Tuyen, TT, et al 2022). La pluie est une condition nécessaire, tandis que la surface est suffisante (Tuyen, TT, et al 2022). Les cartes thématiques de LULC incluent généralement les bâtiments, les routes, les terres nues, la couverture végétale, les zones agricoles et les masses d'eau, etc (Choudhury, S., Basak et al 2022).

II-7.Densité de végétation

La végétation joue un rôle dans la stabilisation de la surface grâce aux effets mécaniques des racines associées sur les composants du sol et la régulation de la variation brutale de l'humidité du sol (Tuyen, TT, et al 2022). Une faible densité forestière augmentera les pics d'inondation, raccourcira le temps de concentration des inondations (Tuyen, TT, et al 2022).

II-8.Densité du flux

La densité des cours d'eau est la longueur de tous les canaux dans le bassin divisée par la superficie du bassin ; La densité des cours d'eau est l'une des caractéristiques les plus importantes pour évaluer le ruissellement potentiel (Vilasan, RT et al 2022).

II-9.Élévation

Il est défini comme la différence entre le point le plus haut et le point le plus bas dans une région particulière (Choudhury, S., Basak et al 2022). La carte d'élévation a été produite à

partir du modèle numérique d'élévation dans le logiciel ArcGIS après que le puits a été rempli pour assurer la continuité de l'écoulement, et classé par rupture naturelle (Tella, A., et al 2020).

II-10.Aspect de la pente

La direction de la pente à la surface de la terre est connue sous le nom d'aspect de la pente, il peut être identifié comme un facteur clé dans l'élaboration de la carte de sensibilité aux inondations (Choudhury, S., Basak et al 2022).

II-11.Courbure

Un autre facteur important pour déterminer la gravité d'une crue éclair est la courbure, qui représente la forme de la Terre(Choudhury, S., Basak et al 2022).

Les cartes thématiques de LULC incluent généralement les bâtiments, les routes, les terres nues, la couverture végétale, les zones agricoles et les masses d'eau (Choudhury, S., Basak et al 2022).

II-12.NDVI

L'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) est un indice graphique utile qui décrit la répartition de la végétation saine dans une région particulière (Choudhury, S., Basak et al 2022).

$$NDVI = \frac{P_{NIR} - P_r}{P_{NIR} + P_r}$$

Où, représente la réflectance sous forme de portion infrarouge et représente réflectance dans le rouge (Choudhury, S., Basak et al 2022).

II-13.NDWI

Cet indice est capable de collecter correctement les données liées à l'eau par rapport à un autre indice (Choudhury, S., Basak et al 2022).

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Où, définit la bande proche infrarouge et SWIR présente les bandes infrarouges à ondes courtes (Choudhury, S., Basak et al 2022).

II-14.Distance à la route

La distance de tout emplacement par rapport à la route est un autre facteur important pour déterminer les endroits susceptibles d'être exposés à des crues soudaines (Choudhury, S., Basak et al 2022).

II-15.Distance à la rivière

La gravité et l'étendue d'une inondation dans une région sont principalement déterminées par la distance entre la rivière et cet endroit (Choudhury, S., Basak et al 2022).

II-16.Précipitations

Les précipitations ont le plus grand impact sur la survenue d'événements de crues soudaines parmi les différentes composantes climatiques du climat (Choudhury, S., Basak et al 2022). Les précipitations sont considérées comme le principal paramètre climatique déclenchant les inondations (Goumrassa, A., et al 2021). La carte des précipitations a été générée en interpolant les caractéristiques ponctuelles des données de précipitations à l'aide de la fonction de pondération de distance inverse de l'analyste spatial d'ArcGIS (Tella, A., et al 2020).

II-17.TPI

Cet indicateur est utilisé comme un autre facteur pour développer la cartographie de susceptibilité puisqu'il a une influence significative sur le ruissellement (Choudhury, S., Basak et al 2022).

II-18.TWI (Indice d'humidité topographique)

Un score TWI plus élevé implique une plus grande sensibilité d'une région spécifique aux crues éclair (Choudhury, S., Basak et al 2022). Les inondations sont sensibles à la forte humidité de la zone topographique (Tella, A., et al 2020).

III-Processus de hiérarchie analytique (AHP)

Un processus de hiérarchie analytique (AHP) est utilisé pour pondérer les facteurs provoquant des crues soudaines : géologie, pente de surface, densité de drainage, sens d'écoulement, utilisation des terres, densité de végétation, influences du sol (texture)(Tuyen, TT, et al 2022).

AHP représente un outil puissant pour l'analyse de problèmes de décision complexes basés sur une approche d'évaluation multicritères, impliquant généralement des données ou des facteurs incommensurables (Dahri, N., Abidaet al 2017). La méthode AHP a été utilisée pour déterminer le coefficient important des paramètres qui ont été évalués en concevant une hiérarchie de critères principaux et de sous-critères(Tuyen, TT, et al 2022).Et aussi la technique AHP doit être évaluée de manière exhaustive pour garantir sa robustesse dans un large éventail de conditions possibles (Dahri, N., Abidaet al 2017).L'AHP conventionnel nécessite des jugements précis pour des ratios ou des nombres exacts (Zou, Q., Zhou et al 2013).

AHP s'appuie sur des éléments triés par ordre hiérarchique et par valeur numérique pour des évaluations subjectives basées sur l'importance relative de chaque facteur (Ngo, TA, Nguyen et al 2022).

Par conséquent, Dix facteurs causaux, à savoir l'angle de pente, les types de sol (texture), l'utilisation des terres. la couverture terrestre (LULC), la densité des cours d'eau, l'indice de rapport d'eau (WRI), l'indice de différence accumulée normalisée (NDBI), l'indice d'humidité topographique (TWI), l'indice de puissance du courant (SPI), l'aspect de la pente et l'indice de transport des sédiments (STI) ont été sélectionnés pour le processus de cartographie (Vilasan, RT,et al 2022). L'AHP et une échelle basée sur la priorité ont été utilisées pour attribuer des poids à chaque facteur (Derdour, A., et al 2022).Les étapes AHP permettent une identification, une sélection et un calcul plus faciles et efficaces de l'importance relative des facteurs de conditionnement (Tella, A.,et al 2020).Le modèle AHP a été appliqué pour déterminer les pondérations et les rangs de différents paramètres pour le modèle d'indice de risque d'inondation. (Das, S 2018).

IV-Logique floue (Fuzzy)

Une approche alternative à la logique classique est la logique floue, permettant la modélisation d'un système complexe avec une plus grande complexité fondée sur la connaissance et l'expertise humaines (Tabbussum, R., et al 2021). La théorie des ensembles flous est considérée comme une extension de la théorie classique des ensembles ;Le Fuzzy contient trois indicateurs d'entrée : le facteur de danger, le facteur d'exposition et le facteur de

vulnérabilité (Nikolova, V.,et al 2017).Les facteurs de danger sont obtenus à l'aide de la carte d'inondation qui a été construite à partir d'images satellitaires radar (Sentinel-1). Ensuite, les facteurs de danger, les facteurs d'exposition et les facteurs de vulnérabilité sont tous intégrés au système d'information géographique (SIG) pour effectuer une analyse de superposition, AHP et un calcul de matrice floue(Nikolova, V.,et al 2017). La logique floue contient toutes les théories qui utilisent les concepts de base des ensembles flous ou des fonctions d'appartenance, pour déterminer les valeurs d'un ensemble, la fonction d'appartenance doit être définie, Dans la fonction d'appartenance les valeurs de n'importe quel critère peuvent varier de 0 à 1 ; Les valeurs 0 signifient que la valeur souhaitée n'appartient pas à cet ensemble et, au contraire, la valeur 1 est complètement membre de cet ensemble (Sepehri, M., Malekinezhad,et al 2020). La caractéristique majeure de la logique floue est son caractère intercritère, dans le sens où le poids de chaque critère est considéré séparément (Sepehri, M., Malekinezhad,et al 2020).

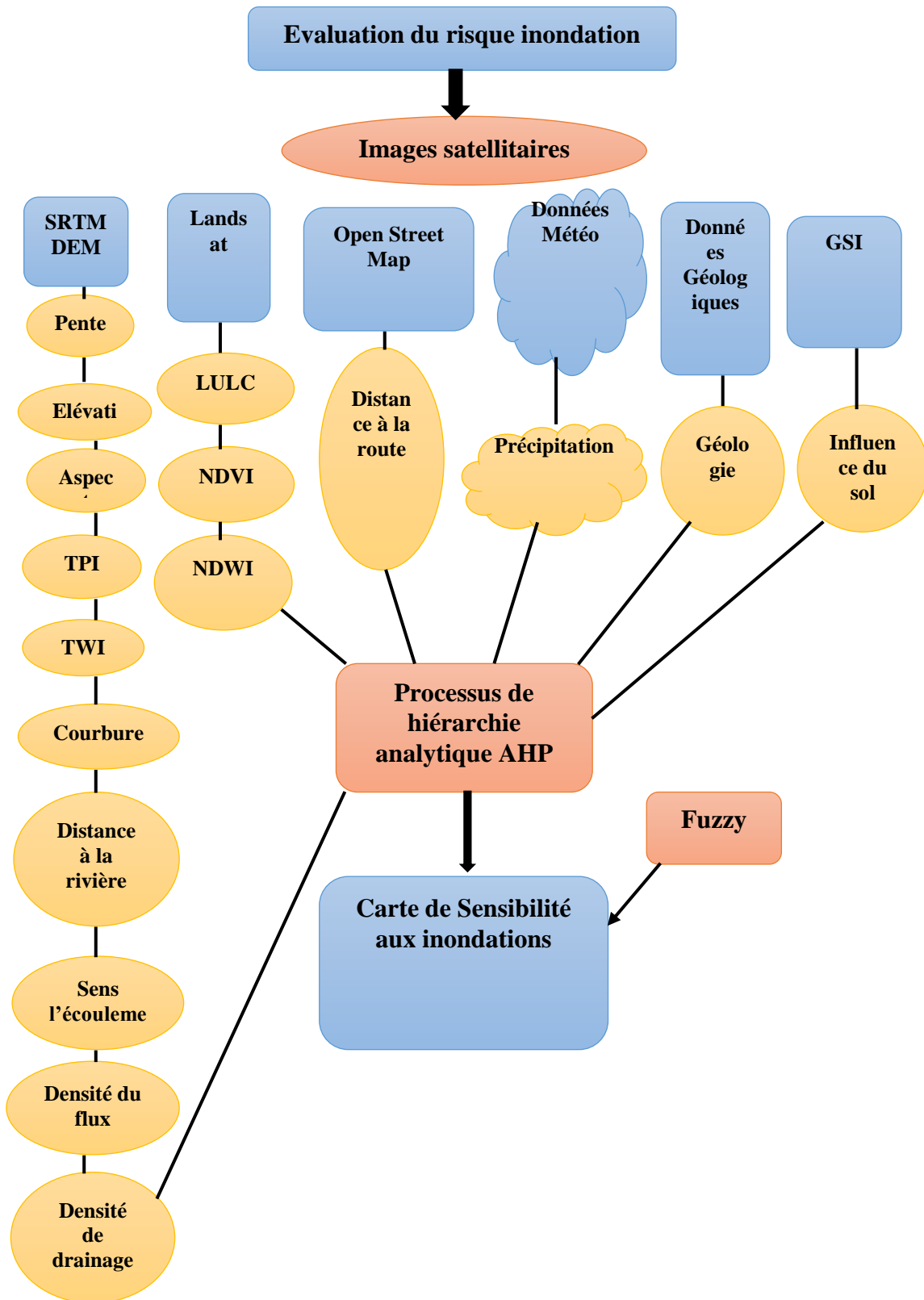
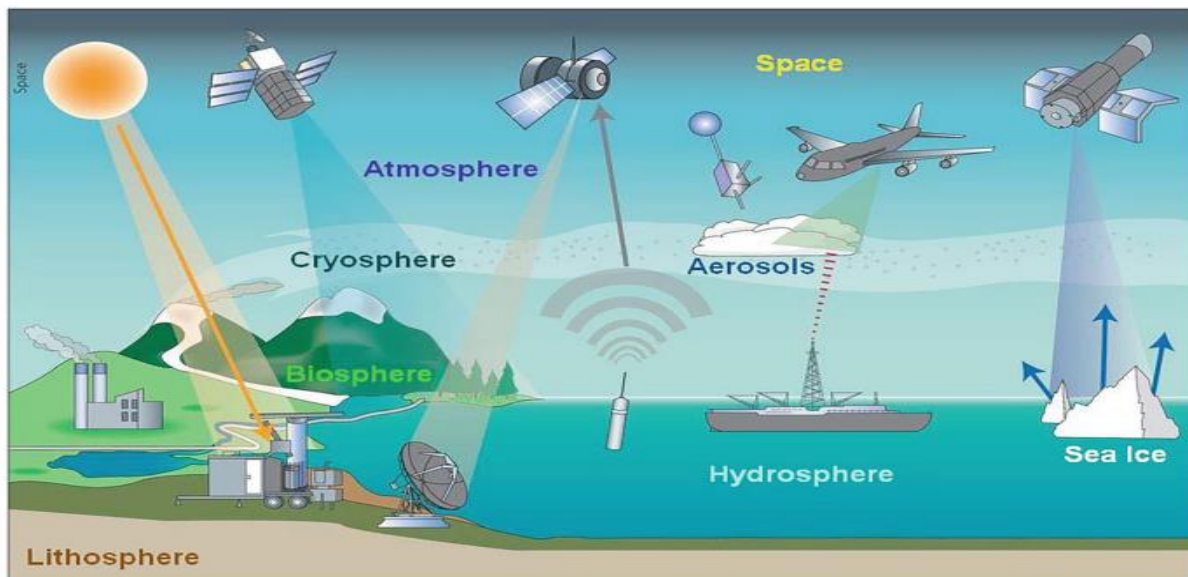


Figure 04 : Organigramme d'évaluation de la sensibilité aux risques inondations

V- Télédétection radar

La télédétection est la science qui consiste à faire des inférences à partir de mesures effectuées à distance sans aucun contact physique avec les objets étudiés (Navalgund R., Singh RP 2022). Il fait référence à l'identification des caractéristiques terrestres en détectant le rayonnement électromagnétique (EM) qui est réfléchi et/ou émis par la surface à différentes longueurs d'onde (Navalgund R., Singh RP 2022). L'information est obtenue en détectant l'énergie émise ou réfléchie par la surface ; ces informations sont ensuite traitées et analysées plus avant pour déterminer les caractéristiques particulières des caractéristiques de surface (Lindenschmidt, KE 2020). la télédétection est défini comme le processus de détection et de surveillance des différentes caractéristiques physiques d'une zone en mesurant son rayonnement réfléchi et émis à distance de la zone ciblée ;Des caméras spéciales collectent des images de la Terre captées à distance, ce qui aide les chercheurs à ressentir des choses sur la Terre(Ilcev, SD 2019 GSMO) .En d'autres termes, la télédétection est la science et la technique d'obtention et d'interprétation d'informations à distance, à l'aide de capteurs qui ne sont pas en contact physique avec l'objet observé (Ilcev, SD 2019 GSMO).

Aussi, La télédétection par satellite a permis l'étude des ressources naturelles, des activités humaines, des catastrophes naturelles, de l'atmosphère, des géosciences, des prévisions météorologiques, des terres, des océans, des ressources en eau, de la pêche, de la navigation, de l'agriculture, de la foresterie, de la détection des incendies et de la surveillance de différents facteurs environnementaux induits par l'homme (Ilcev, SD 2019 GSMO). Le capteur peut être monté sur une plate-forme telle qu'un satellite (télédétection spatiale), un Aéronef ou un drone (télédétection aéroportée) ou une plate-forme de fixation au sol telle qu'une grue (télédétection terrestre)(Lindenschmidt, KE 2020).



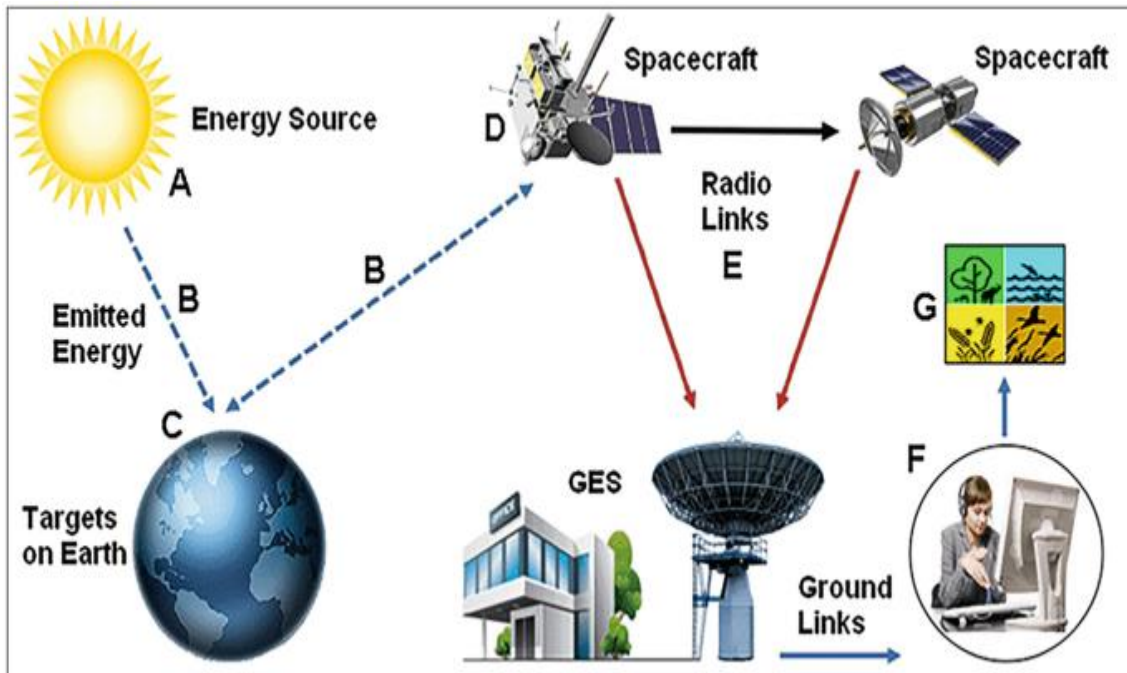
Source : Ilcev, SD 2019 GSMO

Figure 05 : Télédétection radar

La télédétection fait référence à la science de l'identification et de la classification des caractéristiques de la surface de la Terre en utilisant le rayonnement électromagnétique comme moyen d'interaction (Navalgund, RR 2001). Le terme "télédétection" a été utilisé pour la première fois au début des années 1960 pour décrire tout moyen d'observation de la Terre à distance, en particulier appliqué à la photographie aérienne, principal capteur utilisé à l'époque (Esbrí, M.Á 2021). Les images de télédétection, couvrant une grande surface, aident à analyser la situation au sol sur une courte durée sans se rendre réellement au sol (Sharma, VK, et al 2017). Les capteurs à micro-ondes, en raison de leurs longueurs d'onde plus longues, ont la capacité de pénétrer à travers la couverture nuageuse, y compris la pluie, la brume atmosphérique, la poussière et la fumée, et ne sont donc pas affectés par la diffusion atmosphérique qui affecte généralement les longueurs d'onde optiques plus courtes (Bhatt, CM, et al 2022). Tirant parti des capteurs basés sur le SAR qui fournissent des acquisitions de données indépendantes du temps et des conditions météorologiques, complétées par des ensembles de données optiques (Bhatt, CM, et al 2022). La télédétection joue un rôle important dans toutes les phases de la gestion des risques, de la phase d'alerte et de préparation à la gestion des urgences et à la protection civile et jusqu'à l'évaluation des dommages pour la réduction des risques (Refice, A., et al 2018).

V- 1.Types de la télédétection

La détection peut être passive, où l'énergie est collectée ou active, l'énergie étant émise par le capteur et perturbant l'environnement de détection (Noyhouzer, T et al 2014).

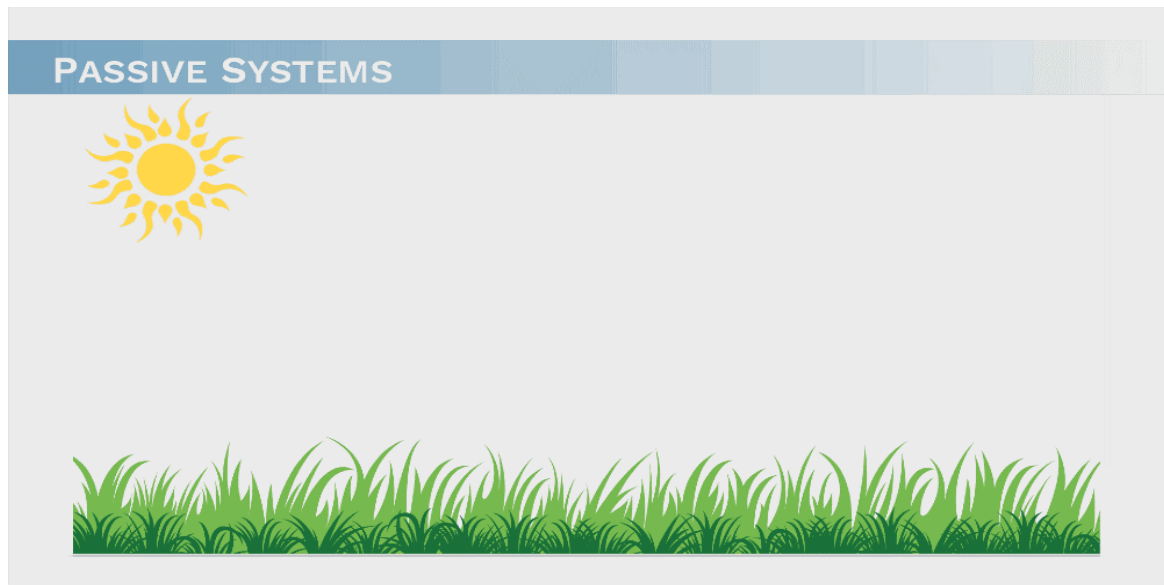


Source :Ilcev, SD 2019 GSMO

Figure 06 : Types de la télédétection

V- 1.1-Télédétection passive

- ✓ Le soleil illumine la surface terrestre dans tout son spectre de longueur d'onde.
- ✓ Le sol rétrodiffuse une partie de l'énergie reçue.
- ✓ Le satellite capte le signal rétrodiffusé et enregistre l'intensité lumineuse selon le spectre sensible du capteur.



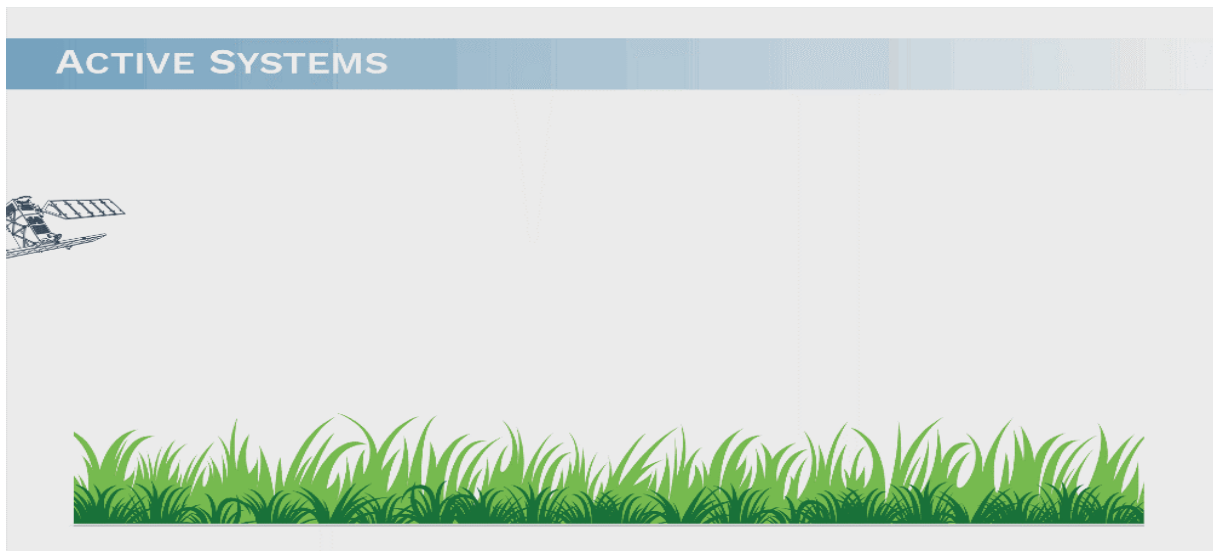
Sources: Echoes In Space – EO College

Figure 07: Télédétection passive

V- 1.2-Télédétection active

La télédétection radar est la version active de la télédétection hyperfréquence (longueur d'onde submillimétrique à plusieurs dizaines de centimètres), "actif" car le capteur transmet des impulsions radar et utilise le retour mesuré pour déduire les propriétés de la surface terrestre (Shokr, ME 2020).

- ✓ Le satellite génère son propre rayonnement, ayant une certaine fréquence. Polarisation, qui illumine la surface terrestre.
- ✓ Le sol rétrodiffuse une partie de l'énergie reçue.
- ✓ Le satellite capte le signal rétrodiffusé (selon une polarisation).



Sources: Echoes In Space – EO College

Figure 08: Télédétection active

V- 2.Image SAR

- ✓ Image complexe au sens mathématique du terme.
- ✓ L'image u est un signal complexe formé d'une amplitude A et d'une phase θ

$$u = Ae^{j\varphi} = A \cos \varphi + jA \sin \varphi$$
- ✓ En imagerie visible, on utilise principalement l'amplitude.
- ✓ En SAR, on utilise l'amplitude pour une série d'applications, mais la phase peut s'avérer extrêmement utile (cf. interférométrie SAR).

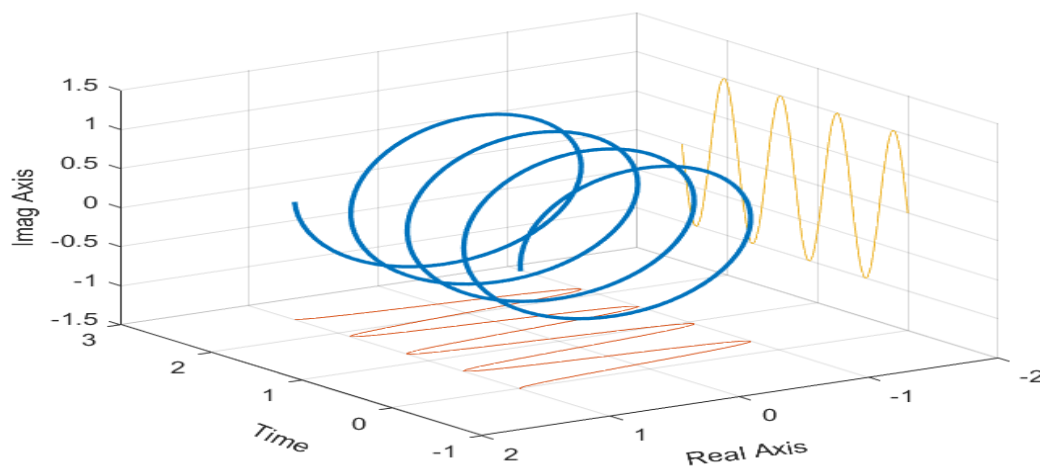


Figure 09 : Image SAR

Sources : Echoes In Space – EO College

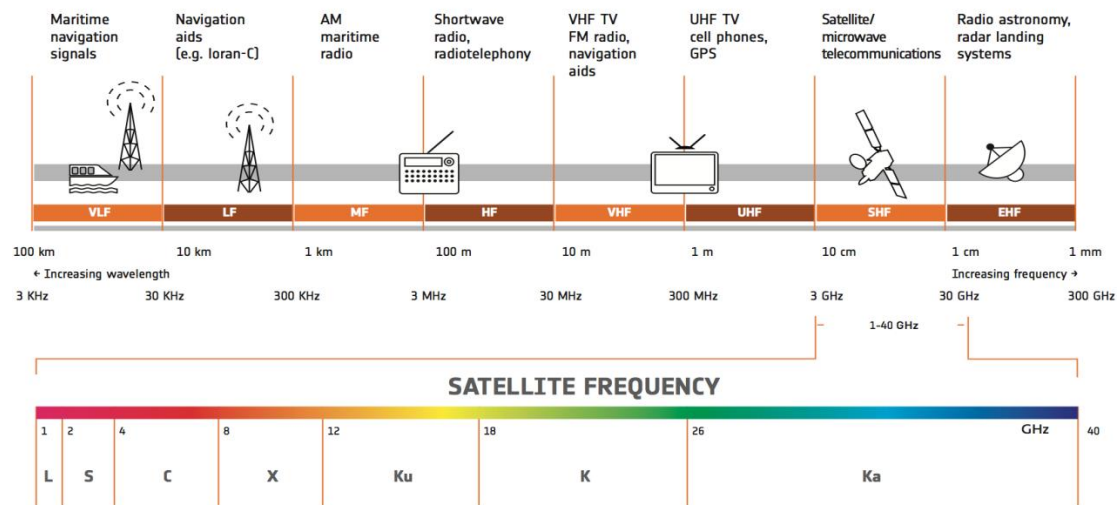
La détection de changement d'image est le processus d'analyse des images d'une même scène prises à des moments différents, ce qui nous permet d'identifier les changements qui peuvent survenir entre les dates d'acquisition considérées (Yu, J 2019).

V- 2.1-Avantages de l'imagerie RADAR

- ✓ Observations de nuit comme de jour.
- ✓ Pénétration de l'atmosphère. nuages.
- ✓ Choix de la fréquence et polarisation.

V- 3.Les bandes de fréquence en RADAR satellitaire

- ✓ Entre 1 et 40 GHz.
- ✓ Nomenclature confuse.
- ✓ Chaque bande dispose de propriétés qui déterminent les applications possibles (topographie, glaciologie, biomasse,)
- ✓ D'une manière générale un signal réagit fort avec des géométries de taille comparable à la longueur d'onde employée.



Sources: Echoes In Space – EO College

Figure 10: Les bandes de fréquence en RADAR satellitaire

VI-SIG

Un système d'information géographique (SIG) est un système informatisé de gestion et de traitement de données géospatiales ; pour rendre le SIG plus utilisable et utile aux utilisateurs du SIG, la communauté SIG a accordé une attention croissante aux interfaces SIG (En ligne Wang, H.2009). Le SIG place bien la visualisation, et d'autre part, il gère l'analyse des données, donc en utilisant ces outils, la prise de décision et la pré-planification sont beaucoup plus efficaces (Mondal, KC, et al 2020).

VIII-Application de la télédétection et SIG pour analyser la sensibilité aux inondations

Les applications de la télédétection et des techniques SIG ont été largement utilisées avec diverses combinaisons et permutations pour découvrir les causes et l'étendue spatiale des inondations et fournir des solutions pour minimiser ses effets (Gogoi, P., Patnaik et al 2022).

Ainsi que, L'utilisation des SIG et des données de télédétection est une nouvelle dimension dans l'évaluation des inondations et l'analyse des risques (Mondal KC et al 2020).

La télédétection et l'application du système d'information géographique (SIG) en ce qui concerne la gestion des inondations ont été considérées comme un outil important (Gogoi, P., Patnaik et al 2022).

Tandis que, La télédétection et le SIG aident à recueillir des informations sur les zones inondables et également à comparer les données recueillies avant et après l'inondation ; Grâce à la télédétection et au SIG, une carte des zones inondables peut être générée à l'aide d'images satellitaires et d'un modèle numérique d'élévation (DEM). (Gogoi, P., Patnaik et al 2022). Le RS et le SIG sont rapides et plus efficaces, ce qui peut offrir la meilleure opportunité de capturer, stocker, combiner, manipuler, récupérer, analyser et afficher les informations pour la détermination des zones de danger potentiel (Samanta, S., et al 2018).

Pour traiter et fournir un soutien opérationnel en cas d'inondation, la télédétection par satellite à partir de capteurs actifs est devenue l'un des outils les plus puissants et économiquement viables (Bhatt, CM et al 2020).

Le développement dans ce domaine a évolué de la télédétection optique à la télédétection radar, qui a fourni une capacité tous temps par rapport aux capteurs optiques aux fins de la cartographie des inondations. L'objectif central dans ce domaine tourne autour de la

délimitation des zones inondables et de la préparation de cartes des risques d'inondation pour les zones vulnérables (Sanyal, J, et al 2004).

Des outils de télédétection combinés à des données hydrologiques et géomorphologiques peuvent être combinés dans un SIG pour fournir un risque d'inondation soudaine basé sur notre meilleure compréhension actuelle des facteurs d'influence (Tuyen, TT, et al 2022).

VIII-1. Données Sentinel-1

Le Sentinel-1 est une source de données SAR en bande C librement disponible et enregistre les valeurs de rétrodiffusion dans deux polarisations comme transmis verticalement reçu verticalement (VV) et transmis verticalement reçu horizontalement (VH) (En ligne Mudi, S et al 2022).

Le satellite Sentinel-1 est une constellation de deux missions satellites, Sentinel-1A et Sentinel-1B, et les données sont acquises dans quatre modes spéciaux différents, qui sont Stripmap (SM), Wave (MV), Interferometry Wide Swath (IW) et Extra Bande large (EW) (Inteti, RS, Mandla, et al 2020). Les données Sentinel-1 ont une fréquence de répétibilité de 12 jours avec un satellite et de 06 jours avec deux satellites (Kumar, H., Karwariya, et al 2022). L'ensemble de données Sentinel-1 est hébergé sur la plate-forme GEE et l'outil disponible du progiciel SNAP a été utilisé pour le prétraitement (Kumar, H., Karwariya, et al 2022).

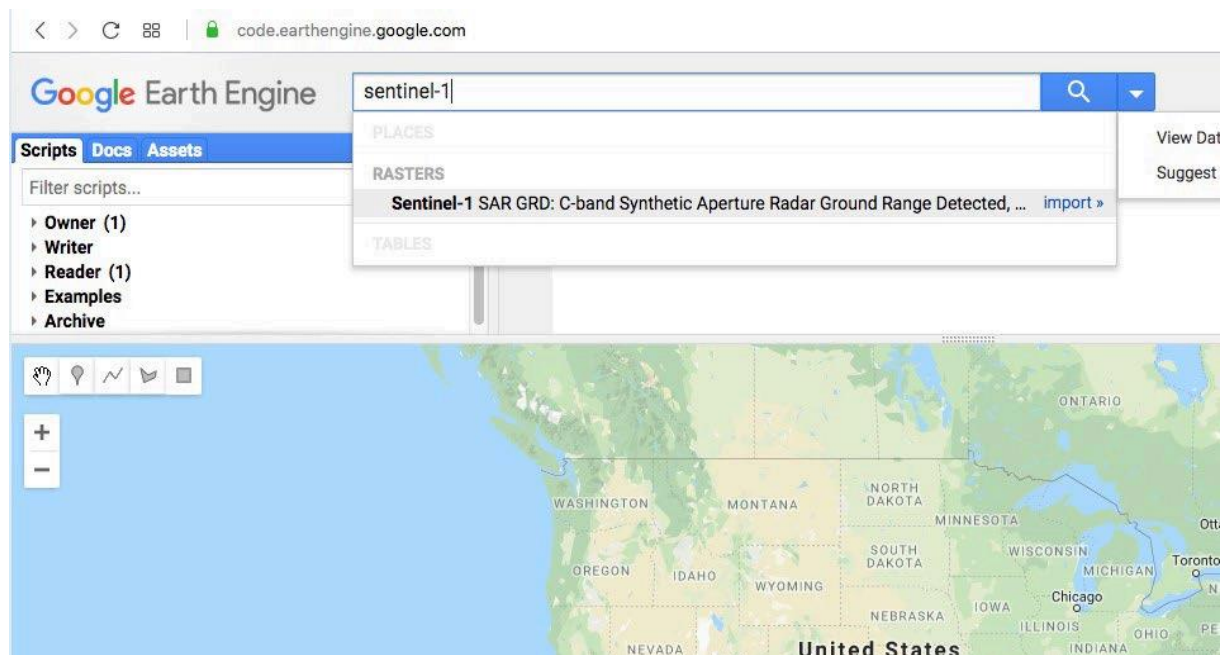
L'émergence de la série de satellites Sentinel et le libre accès à leurs images accélèrent l'application des images SAR aux sciences de la Terre (Moharrami, M., Javanbakht, M et al 2021).

VIII-1.1- Visualiser les données Sentinel-1

1. Commencez par ouvrir Google EarthEngine : <https://code.earthengine.google.com>
2. Recherche de données Sentinel-1 Une fenêtre avec une description des données s'ouvrira montrant :
 - ✓ les mesures prises pour traiter les données (suppression du bruit thermique, radiométrique calibrage, correction de terrain)
 - ✓ bandes et résolution
 - ✓ métadonnées (paramètres importants sont les propriétés de mode et d'orbite - descendant ou ascendant)
3. Répétez une recherche similaire pour Landsat 8 et sélectionnez Landsat 8 Surface Reflectance

(SR) Niveau 1. Passez en revue la description, les bandes et les propriétés de l'image.

4. Cliquez sur la partie carte de la page pour quitter l'onglet d'informations Landsat 8.



Source: NASA's Applied Remote Sensing Training Program

Figure 11: Google Earth Engine GEE.

5. Sélectionnez le domaine d'intérêt

- ✓ zoom la zone d'intérêt
- ✓ Définissez votre domaine d'intérêt
- ✓ Sélectionnez l'icône Dessiner une ligne
- ✓ Dessinez un rectangle comme celui d'ici sur notre zone d'intérêt
- ✓ Survolez la géométrie, puis cliquez sur l'icône de la roue pour changer le nom en roi (région d'intérêt),
- ✓ puis cliquez sur OK.

6. Filtrer les données Sentinel-1

- ✓ ajouter le code suivant

.. Load Sentinel-1 C-band SAR Ground Range collection (log scale, VV,
descending)

```
var collectionVV = ee.ImageCollection('COPERNICUS.S1_GRD')
```

```
.filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
```

```
.filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VV'))

.filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'DESCENDING'))

.filterMetadata('resolution_meters', 'equals', 10)

.filterBounds(roi)

.select('VV');

print(collectionVV, 'Collection VV');
```

7. Répétez l'étape 6 mais cette fois filtrez les données pour la polarisation VH

✓ Cliquez sur Entrée ou Retour et ajoutez le code suivant :

```
.. Load Sentinel-1 C-band SAR Ground Range collection (log scale, VH, descending)

var collectionVH = ee.ImageCollection('COPERNICUS.S1_GRD')

.filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))

.filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VH'))

.filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'DESCENDING'))

.filterMetadata('resolution_meters', 'equals', 10)

.filterBounds(roi)

.select('VH');

Print(collectionVH, 'Collection VH');
```

8. Assurez-vous que votre script est identique à l'image ci-dessous

Remarque, vous devriez peut-être entrer chaque morceau de code pour être sur une ligne distincte afin qu'ils soient indiqués en tant qu'actions.

9. Cliquez sur Exécuter dans le menu supérieur

La fenêtre console à droite affiche les résultats pour VV (654 images) et VH (650 images)

10. Filtrer le Sentinel-1 par date

11. Filtrer par plage de dates.

12. Cliquez sur Entrée ou Retour et ajoutez le code ci-dessous :

..Filter by date

```
var SARVV = collectionVV.filterDate('2019-08-01', '2019-08-10').mosaic();
```

```
var SARVH = collectionVH.filterDate('2019-08-01', '2019-08-10').mosaic();
```

13. Cliquez sur Exécuter dans le menu supérieur.

VIII-1.2-Pré-traitement des images Sentinel-1

Les images Sentinel-1 ont été prétraitées dans Google EarthEngine (Cloud Platform) sur la base de la boîte à outils Sentinel-1, Cette opération ajuste précisément les paramètres orbitaux du satellite (Moharrami, M., Javanbakht, M et al 2021). Le prétraitement de Sentinel-1 a été effectué par la plate-forme d'application Sentinel pour représenter les nombres naturels en intensité de rétrodiffusion sigma zéro à partir de la surface réfléchie, pour cela l'étalonnage radiométrique a été effectué (Inteti, RS, Mandla, et al 2020).

Ainsi que Les images Sentinel-1 SAR nécessitent un certain nombre de corrections d'image telles que des corrections géométriques, radiométriques, thermiques et de chatoiement robustes (En ligneMudi, S et al 2022).

Après avoir terminé la génération de l'image de différence logarithmique, afin d'améliorer encore le contraste, nous utilisons la méthode de seuil pour binariser l'image de différence. Pour ce faire, nous obtenons d'abord l'histogramme gris de l'image de la différence logarithmique. En utilisant l'idée du filtre, plus de la moitié de la différence de la valeur de gris est utilisée comme point de sélection du seuil(Yu, J 2019).

VIII-2.Données Sentinel-2

Les données Sentinel-2 sont les canaux proche infrarouge, rouge, vert et bleu de l'instrument multispectral (MSI), traitement de niveau 1C, 500 lignes par 800 colonnes de 10 m pixels (Nielsen, AA,et al 2017).

Sentinel-2 est un capteur satellite multispectral développé par l'Agence spatiale européenne (ESA) dans le cadre des services de surveillance terrestre Copernicus (Tempa, K.,et al 2022).

VIII-3.Méthode de seuillage

La segmentation d'images est l'une des techniques de base du traitement, de la compréhension et de la description d'images (Moharrami, M., Javanbakht, M et al 2021).

Cette méthode est principalement basée sur la présomption que les valeurs de rétrodiffusion de la zone inondée dans les images SAR sont très faibles et, par conséquent, il suffit de sélectionner des pixels inférieurs à une valeur seuil donnée pour reconnaître les zones affectées (Mehrabi, A 2021).

Otsu est l'une des méthodes de seuillage les plus pratiques. Dans cette étude, l'algorithme automatique Otsu a été utilisé pour séparer les zones inondées et non inondées dans une série d'images Sentinel-1 via Google EarthEngine (Moharrami, M., Javanbakht et al 2021).

L'idée de base du seuillage est de sélectionner une valeur de niveau de gris optimale pour séparer les objets d'intérêt de l'arrière-plan d'une image, Le seuillage de l'image la segmente en deux classes : 1 et 0. L'une correspond à l'objet d'intérêt et 0 correspond à l'arrière-plan, l'image en niveaux de gris sera convertie en une image binaire (Moharrami, M., Javanbakht et al 2021).

Le traitement et l'analyse des données se composent de cinq étapes : (1) téléchargement des données depuis le hub de données Sentinel de l'ESA et extraction de sous-ensembles, (2) correction géométrique et étalonnage radiométrique, (3) filtrage du chatoiement, (4) détection de l'eau par seuillage automatique, et (5) évaluation des polarisations VH et VV et validation des résultats par photo-interprétation.(Ezzine, A., Darragi, F et al 2018).

Seuil local est le procédé de seuillage adaptatif local définit une valeur de seuil dynamique basée sur l'intensité locale d'une image (Elkhrachy, I.2018).

Seuil d'Otsu Il s'agit également d'une méthode de seuil global, qui choisit T pour minimiser la variance intraclasse des pixels noirs et blancs (Elkhrachy, I.2018).

VIII-4.L'approche de seuil

(1)L'application du fichier d'orbite, (2) la suppression du bruit thermique, (3) l'étalonnage radiométrique, (4) le filtrage du chatoiement, (5) la correction du terrain et (6) la conversion en dB (Moharrami, M., Javanbakht et al 2021).

L'idée de base du seuillage est de sélectionner une valeur de niveau de gris optimale pour séparer les objets d'intérêt de l'arrière-plan d'une image, le seuillage de l'image la segmente en

Deux classes : 1 et 0. L'une correspond à l'objet d'intérêt et 0 correspond à l'arrière-plan, l'image en niveaux de gris sera convertie en une image binaire (Moharrami, M., Javanbakht et al 2021).

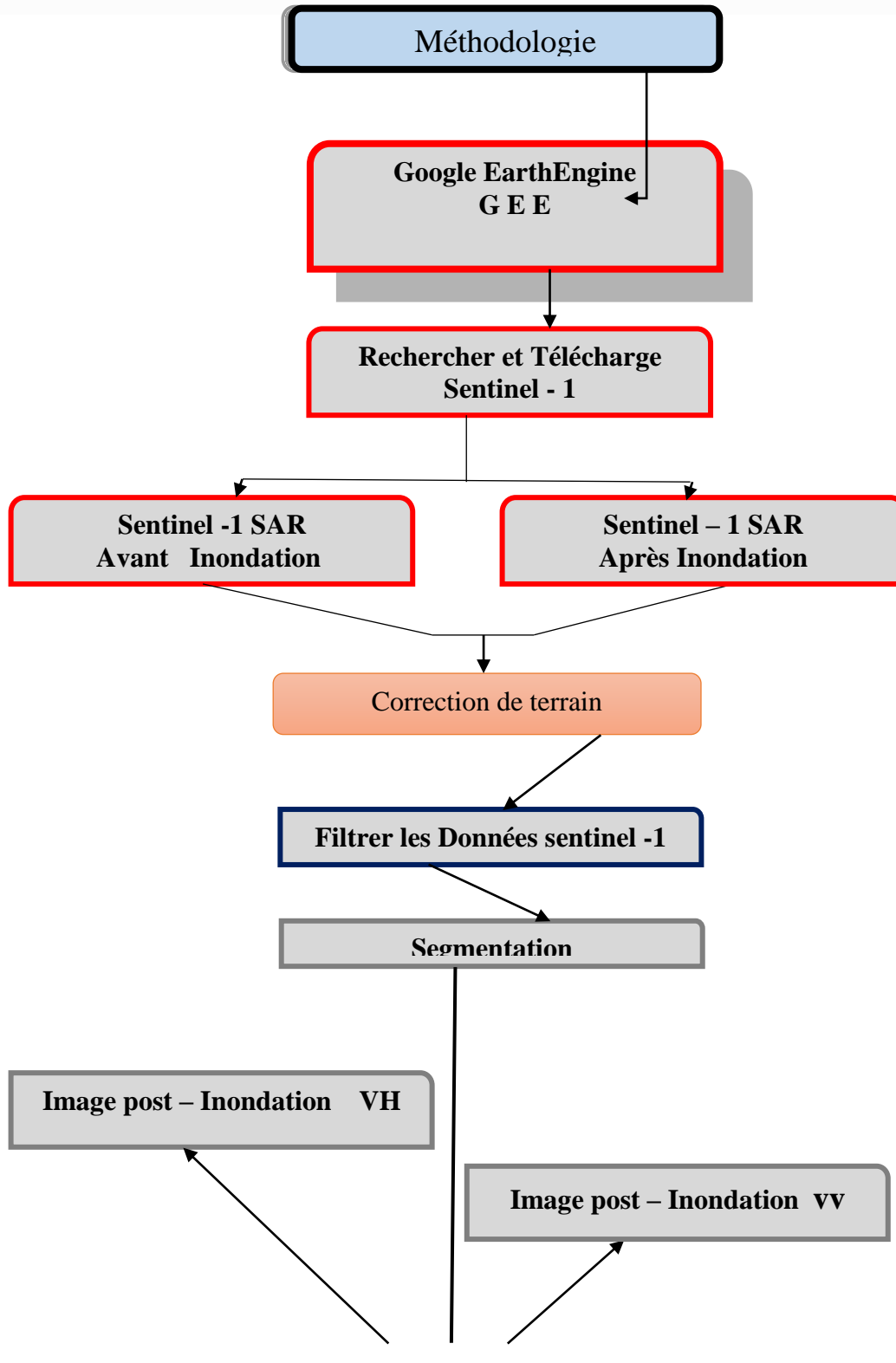


Figure 12 : Organigramme de la méthodologie de segmentation

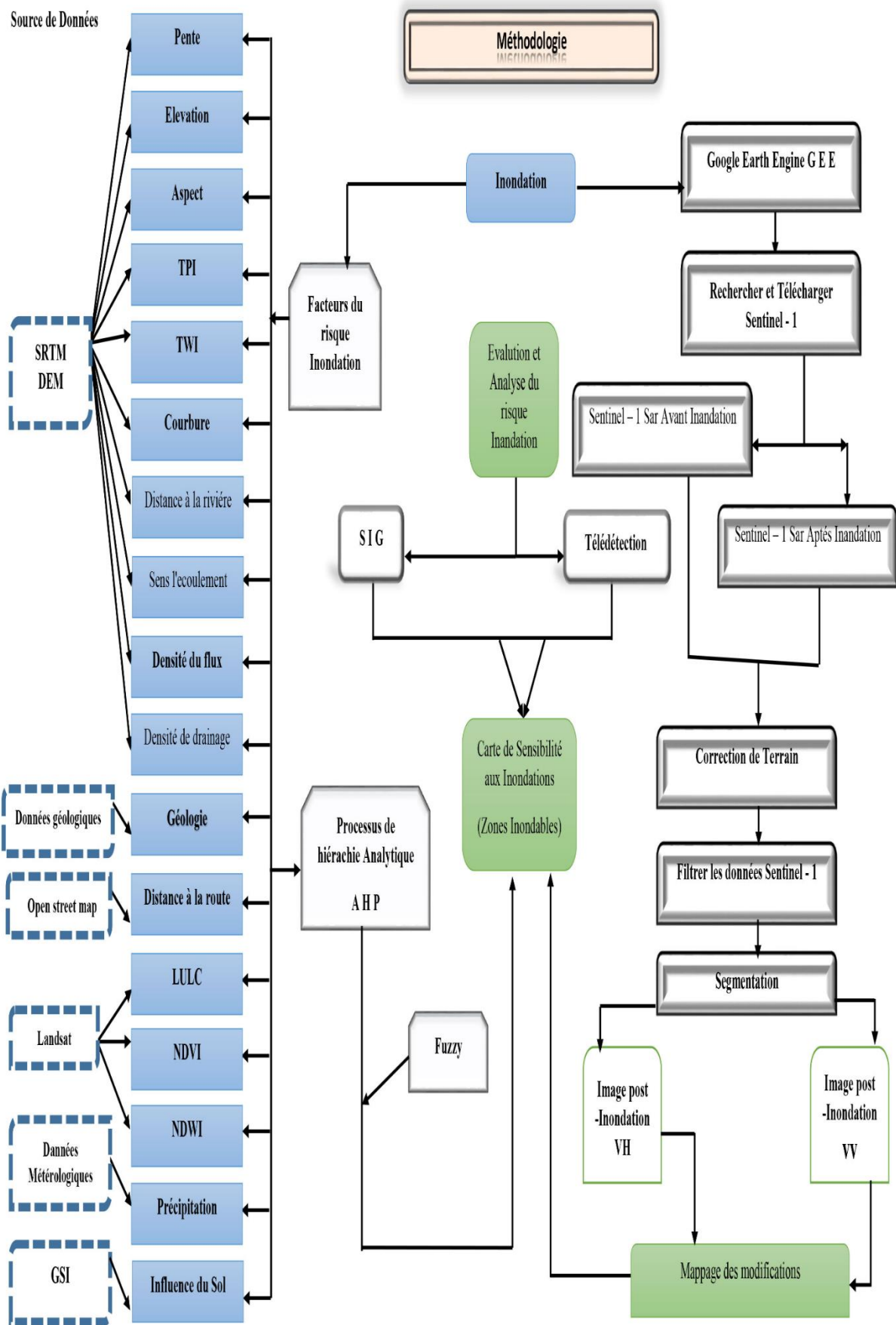


Figure 13 : Organigramme de la méthodologie d'évaluation des inondations.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé les méthodes d'évaluation du risque d'inondation tel que le processus de hiérarchie analytique AHP, la logique floue FUZZY aussi la télédétection et système d'information géographique SIG et leurs rôles dans l'analyse des inondations et fournir des solutions de gestion et d'intervention en peu de temps. Nous avons dessiné des organigrammes (figure 04,12 et 13).

Cette étude utilise les données SAR à double polarisation VH, VV de Sentinel-1 pour cartographie les inondations et analyser leur sensibilité. Quant aux méthodes AHP et FUZZY, elles ont déjà été adoptées pour l'évaluation des zones inondables par le professeur Boudjema Sahel.

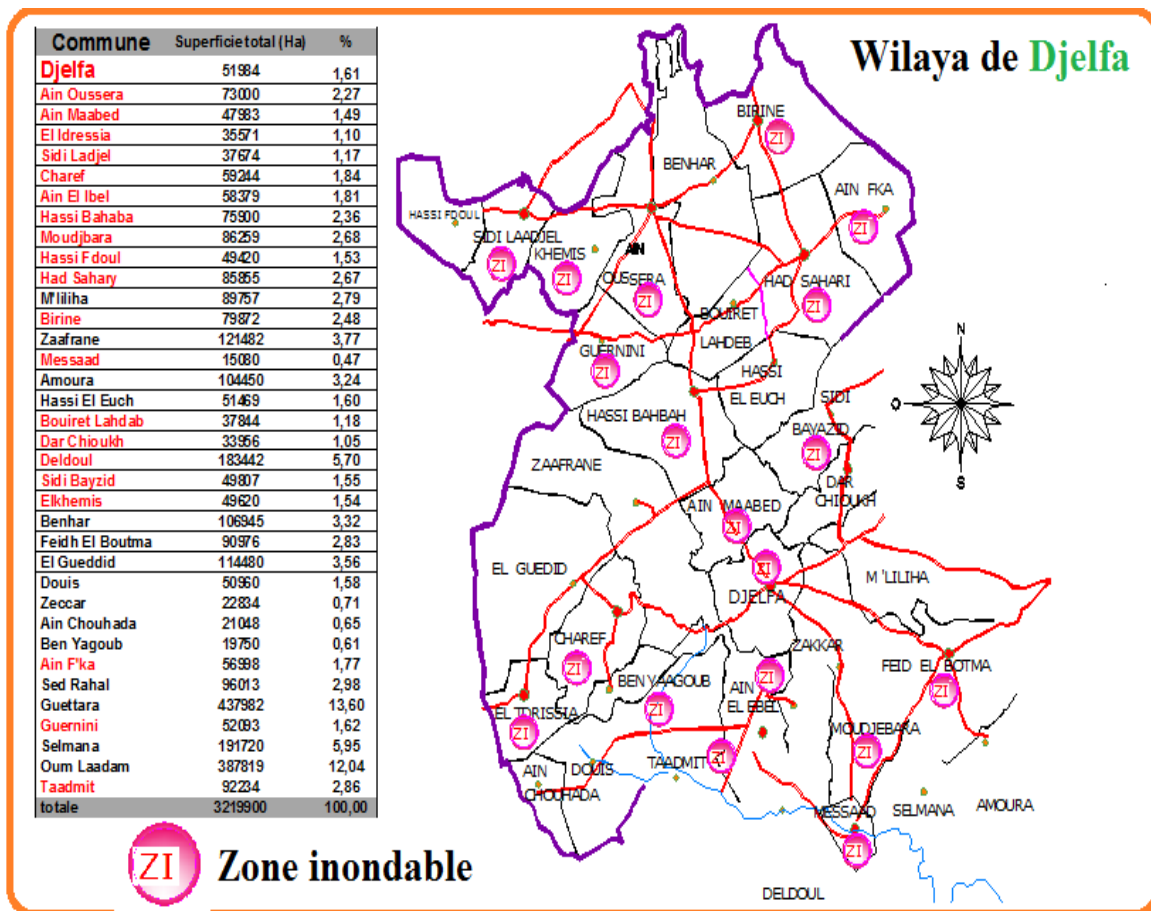
Chapitre III

Introduction

L'identification des zones urbaines potentiellement inondables, des zones à risque et des zones de menace probables est très essentielle dans la gestion des inondations, ce qui aide le planificateur, le gouvernement et même les organisations non gouvernementales (ONG) à se concentrer sur les zones prioritaires, en allouant ressources dans les zones appropriées (Mondal, BK et al 2022). Dans ce chapitre, nous discuterons des résultats de cette étude, où nous apprendrons à connaître les zones se risquer fort, moyen et faible, et à ce titre, nous discuterons des moyens de gérer les inondations et de la façon de s’y adapter.

I-1. Communes inondables au niveau de la wilaya de Djelfa

La carte ci-dessous montre les communes inondables dans la wilaya de Djelfa. D’après la carte, nous constatons que dix-neuf (19) villes sont vulnérables aux inondations, y compris la ville de Djelfa, Massaad et Ainouessara.



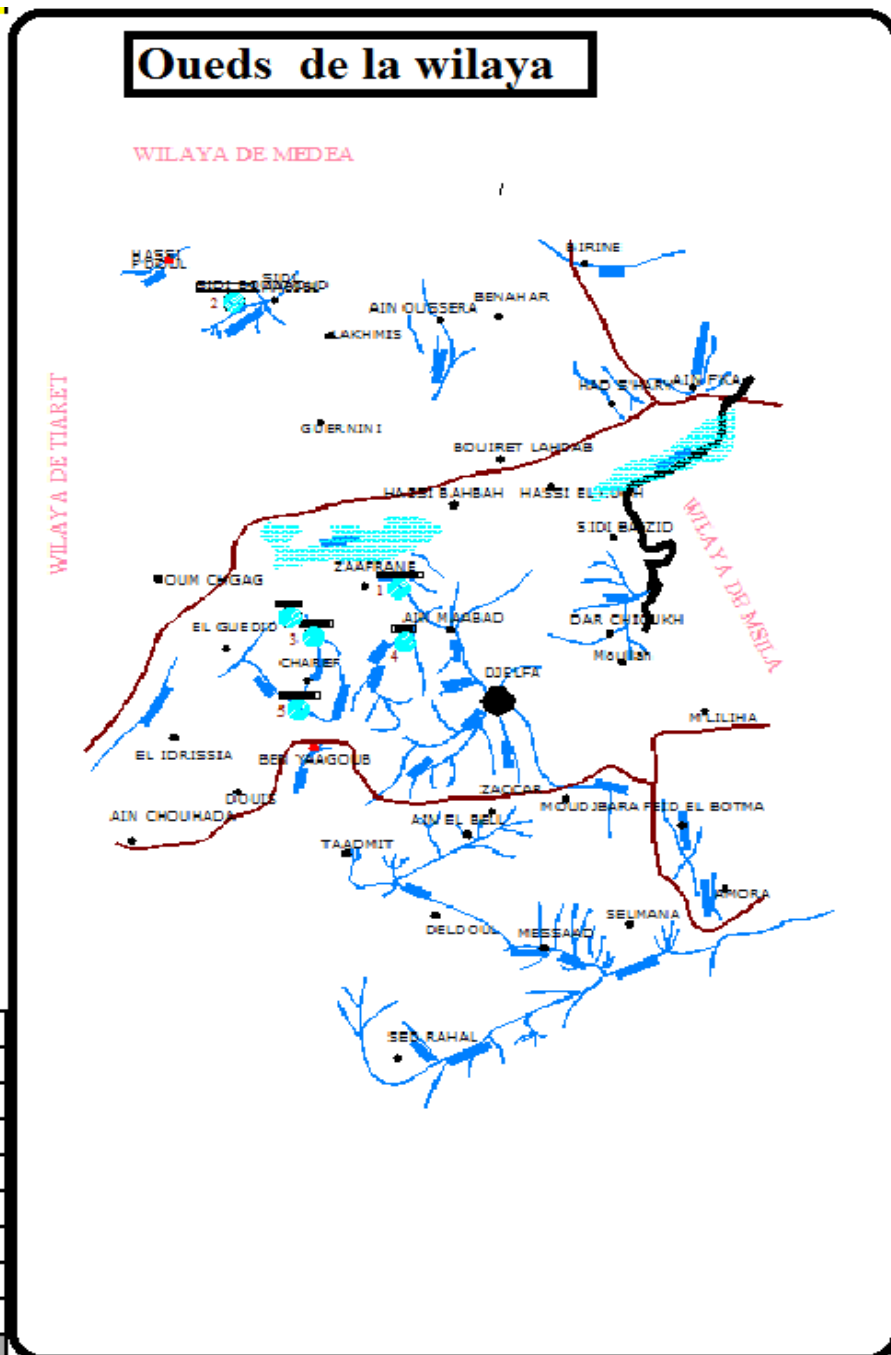
Source : Protection civile de la wilaya de Djelfa

Figure 01 : Carte des communes inondables dans la wilaya de Djelfa.

I-2. Communes traversées par les oueds dans la wilaya de Djelfa

Le non-respect des règles de constructions (sur les berges des oueds) combiné à l'inadaptation des systèmes d'évacuation des eaux pluviales sont généralement à l'origine des problèmes des inondations dans les agglomérations de la wilaya particulièrement en périodes de pluies. La carte indique les oueds qui traversent les communes de la wilaya de Djelfa.

Commune	S Ha
Djelfa	51984
Ain Oussera	73000
Ain Maabed	47983
El Idressia	35571
Sidi Ladjel	37674
Charef	59244
Ain El Ibel	58379
Hassi Bahab	75900
Moudjbara	86259
Hassi Fdoul	49420
Had Sahary	85855
M'lilha	89757
Birine	79872
Zaafrane	121482
Messaad	15080
Amoura	104450
Hassi El Euc	51469
Bouiret Lahda	37844
Dar Chioukh	33956
Deldoul	183442
Sidi Bayzid	49807
Elkhemis	49620
Benhar	106945
Feidh El Bou	90976
El Gueddid	114480
Douis	50960
Zeccar	22834
Ain Chouhad	21048
Ben Yagoub	19750
Ain F'ka	56998
Sed Rahal	96013
Guettara	437982
Guernini	52093
Selmana	191720
Oum Laadam	387819
Taadmit	92234
totale	3219900



Source : Protection civile de la wilaya de Djelfa

Figure 02 : Carte des Communes traversées par les oueds dans la wilaya de Djelfa

I-3.Certain inondation au niveau des trois villes

La wilaya de Djelfa a été soumise à une série d'inondations ces dernières années. L'inondation la plus importante a été celle du 08.09.2015, qui a causé 2 morts et d'énormes pertes matérielles dont 25 quartiers de la ville ont été inondés. Le tableau ci-dessous montre certaines inondations observées par la ville de Djelfa, Ain Ouessara et Messaad.

Tableau 01 : Certain inondation dans les trois villes Djelfa, Messaad et Ainouessara

Lieu	Evènement	Date	Durée (nombre de jours)	Dégâts
Djelfa	Crue	04.08.2015	1	Dégâts très importants notamment sur les infrastructures hydrauliques (Réseaux d'AEP et d'Assainissement, ouvrages de protection des berges des Oueds). Fuite d'eau de pluie à l'intérieur des maisons
		27.08.2015		
		18.08.2018		
		2019		
Messaad	Crue	18.05.2018	1	dégâts très importants notamment sur les infrastructures hydrauliques (Réseaux d'AEP et d'Assainissement, ouvrages de protection des berges des Oueds) -les eaux de ruissellement ont provoqué des dégâts au niveau de certaines habitations.
		06.08.2018	1	
Ain Ouessara	Crue	25.07.2019	1	Démolition d'une partie du mur de soutènement.
		sept.2019		

II-Résultats et Discussion

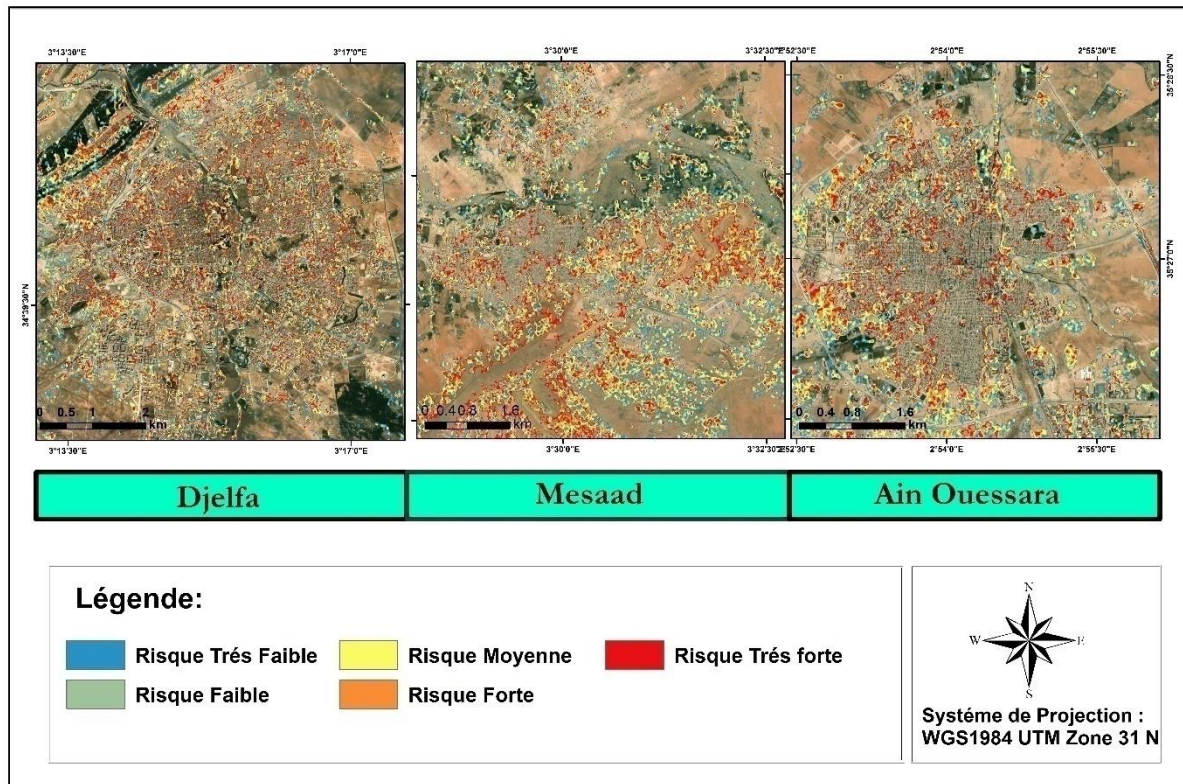


Figure 03 : Carte des zones inondables dans les trois villes Djelfa-Messaad- Ain ouessara

La figure au-dessus montre les cartes des inondations des trois villes Djelfa, Messaad et Ain Ouessara.

La carte des inondations a été préparée pour les trois villes les plus touchées et la zone inondée a été analysée. La partie rouge de la carte indique la zone à risque très fort, l'orange indique risque fort, les zones à risque moyen en jaune, le vert représente le risque faible et enfin le bleu risque très faible. Les trois villes ont une forte probabilité d'inondation. La plupart de la ville de Djelfa est touchée aux inondations, la partie Est et le Sud-ouest de la ville de Messaad est plus touchés à l'inondation, concernant la ville d'Ain Ouessara la partie Nord-ouest et la partie Sud-ouest sont plus touchés au risque d'inondations.

II-1. La ville de Djelfa

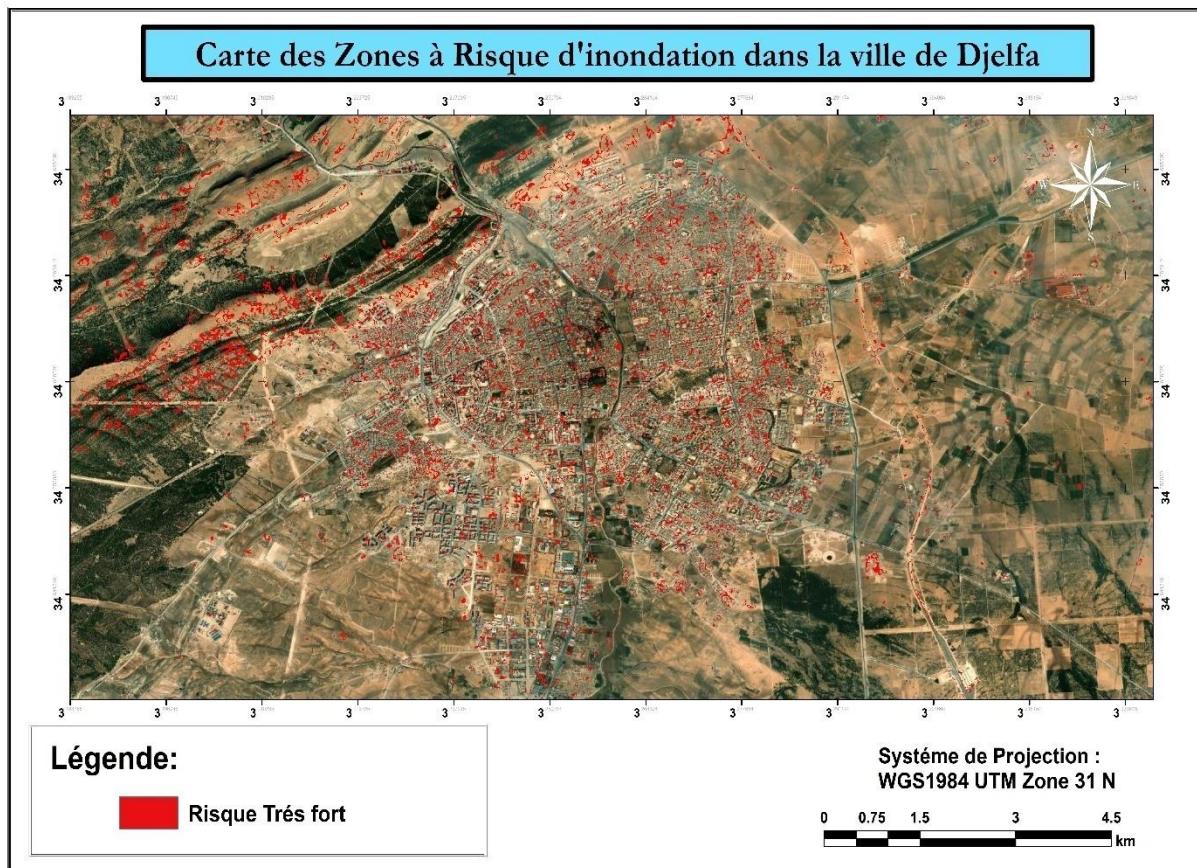


Figure 04 : Carte des zones à risque inondation dans la ville de Djelfa.

La carte montrant les zones inondées dans la ville de Djelfa est présentée à la Figure ci-dessus. Les zones inondables importantes sont les zones basses et les zones proches à l'amont. La carte montre que quartier Boutrifis, Belbidh et Bahrara sont les plus touchés dans la partie nord de la ville de Djelfa, la gare routière touchée par l'inondation dans la partie Est de la ville de Djelfa, dans l'ouest de la ville de Djelfa, nous trouvons le quartier Ain chih touché par l'inondation. En ce qui concerne le sud de la ville (zone amont), nous trouvons le quartier Berbih touché aussi par l'inondation notamment Boulevard 6.

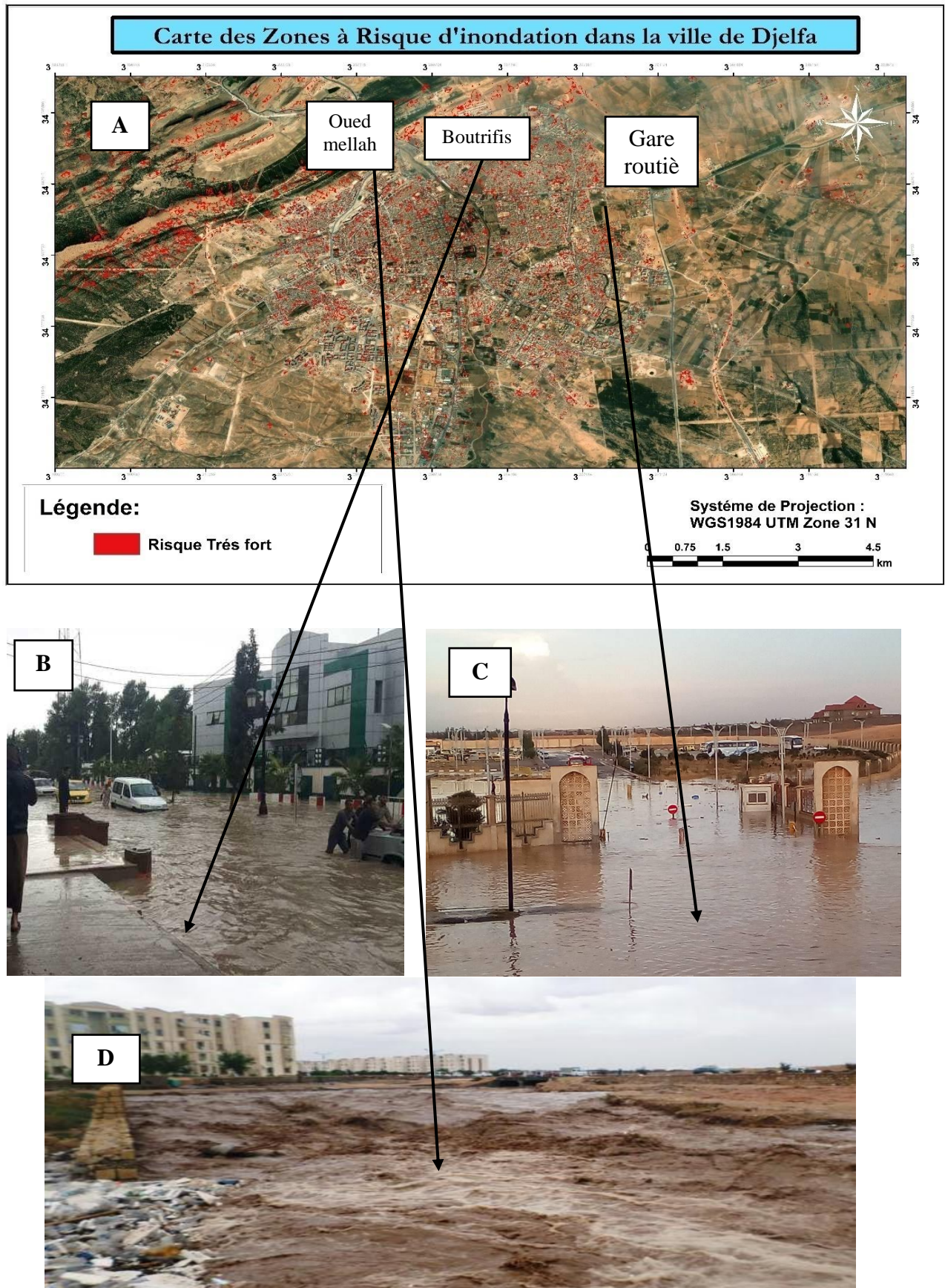


Figure 05 : A (carte des zones inondables de la ville de Djelfa), B (quartier Boutrifis), C (la gare routière), D (oued mellah).

II-2.Zone inondables de la ville de Djelfa selon la protection civile

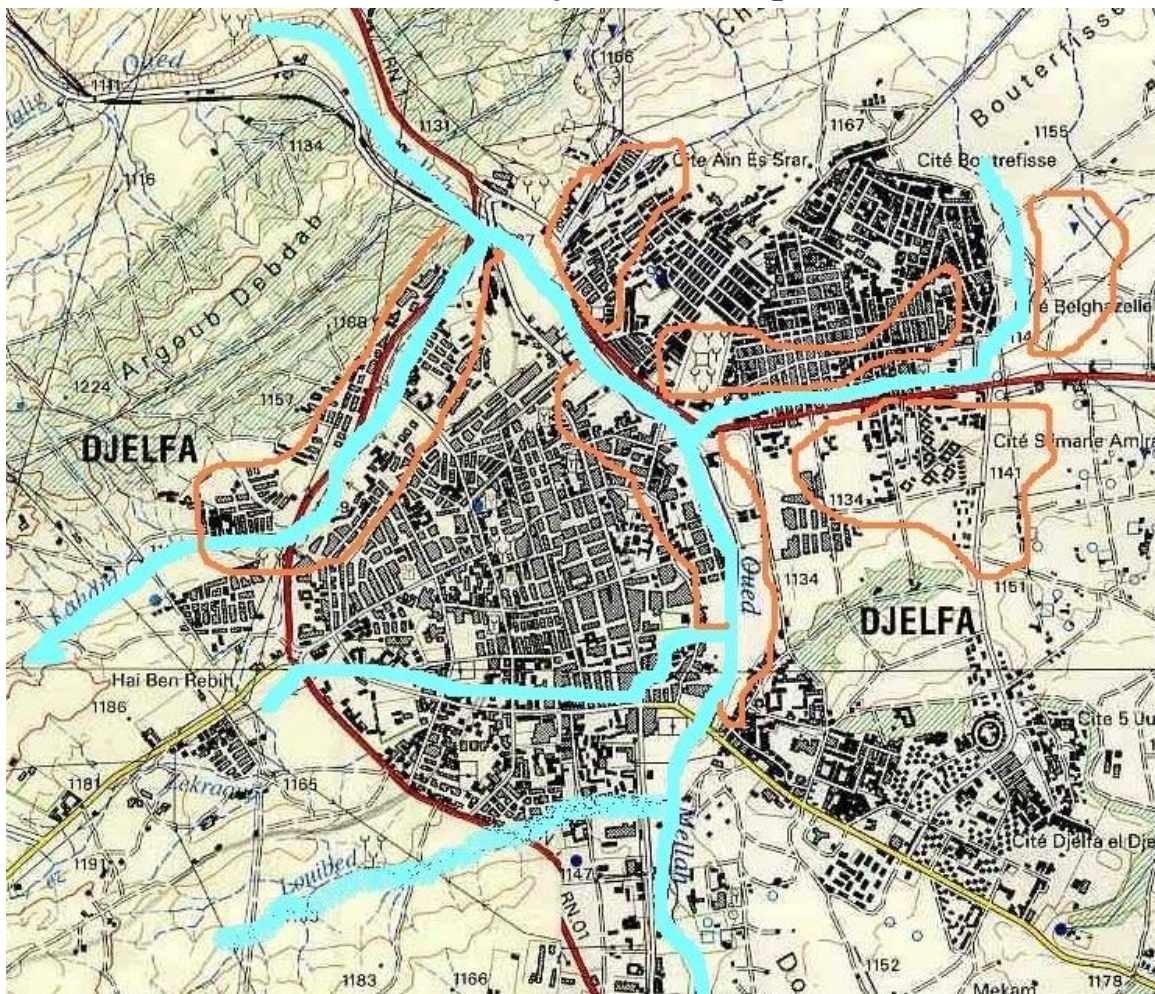


Figure 06 : carte des zones inondables de la ville de Djelfa selon la protection civile

II-2.1-Zones sujettes aux inondations (points noirs)

- ✓ Quartier de Botrifis
- ✓ Quartier al-wiaam(carrefour) Bossaada Road
- ✓ Barnada
- ✓ Quartier de SlimanAmirat
- ✓ Ain chih: Centre de formation et résidences situés près de l'école Hamdoun
- ✓ Gare routière
- ✓ Quartier Al-Zahaf, quartier 100 Dar et Souk Al-Rahma.
- ✓ Quartier de Shtouh (400 logements).
- ✓ Quartier d'Al-Saadat : Derrière le Haut Gouvernorat de la steppe et à côté du stade Khaoniya
- ✓ Quartier des Jardins : en face de la caserne et en face du siège du DUC

- ✓ Quartier de Barbih : La route de contournement sud et près de l'école privée (anciennement April) et du boulevard 6
- ✓ Boulevard 6
- ✓ Pont situé près du siège de DSA

II-3.La ville de Messaad

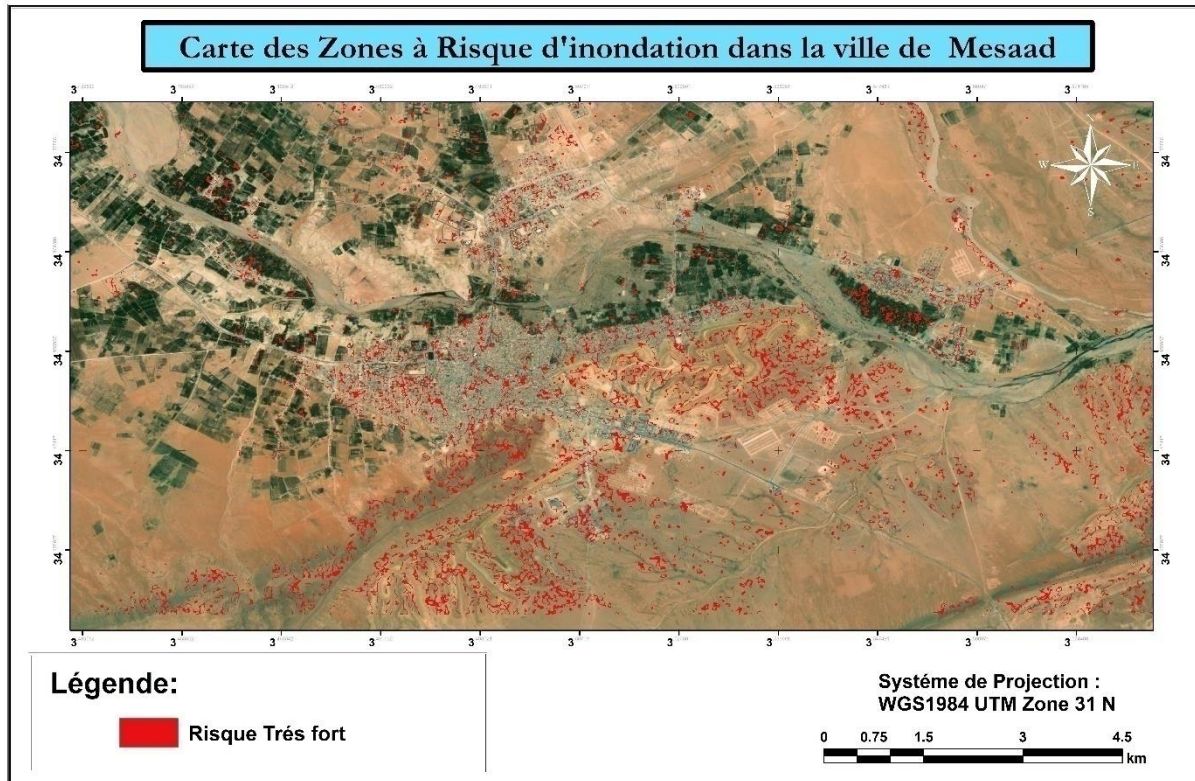


Figure 07 : Carte des zones à risque inondation dans la ville de Messaad.

La carte des inondations illustre la zone inondée autour de la ville de Messaad, sur la carte, nous voyons que les zones de plaine (près de la vallée) sont les plus exposées et les plus touchées par les inondations. À partir de la carte nous remarquons que l'oued divise la ville horizontalement, où le quartier El-Saifi et le quartier de Demed dans la partie Est de la ville sont plus touchés par les inondations, dans le Nord quartier de El-Kodes touché par l'inondation. Dans le centre-ville, nous remarquons le marché touché par les inondations et aussi l'ouest et le Sud de la ville plus touchée à l'inondation.

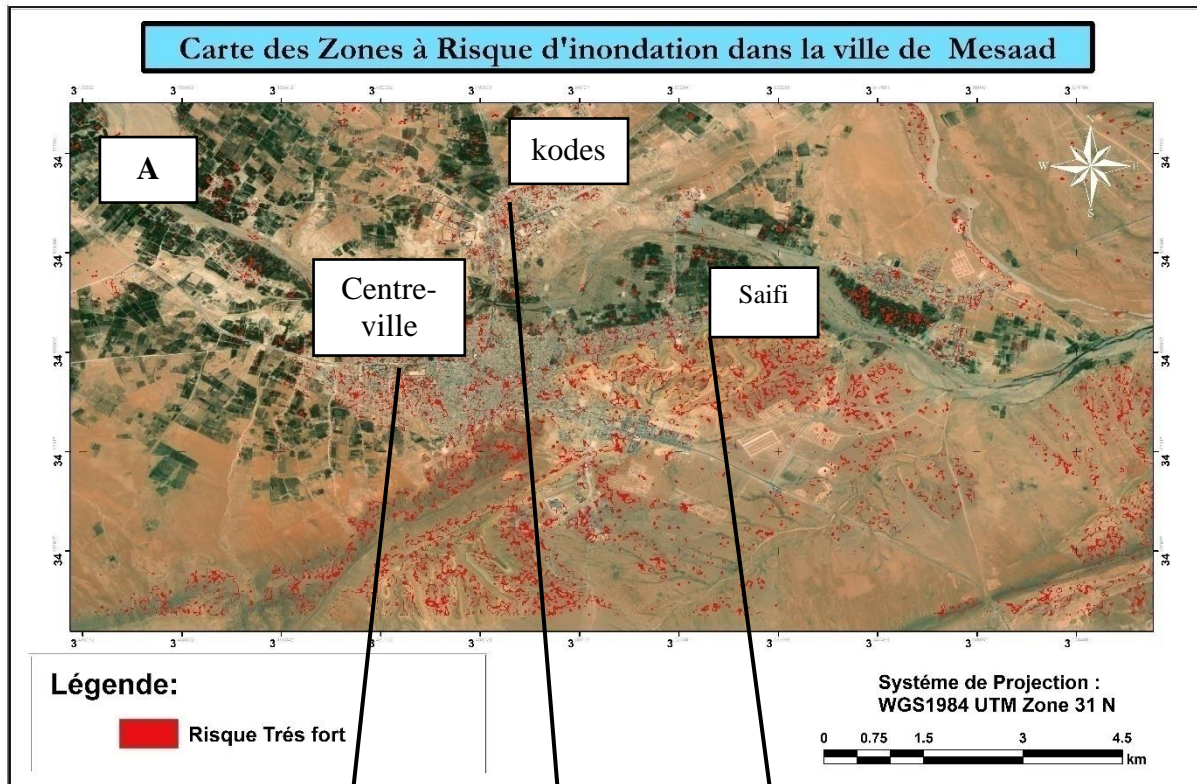


Figure 08 :A(cartes des zones inondables de la ville de Mesaad), B(centre-ville) , C(quartier saifi), D(quartier el kodes).

II-4.Zones inondables de la ville de Messaad selon la protection civile

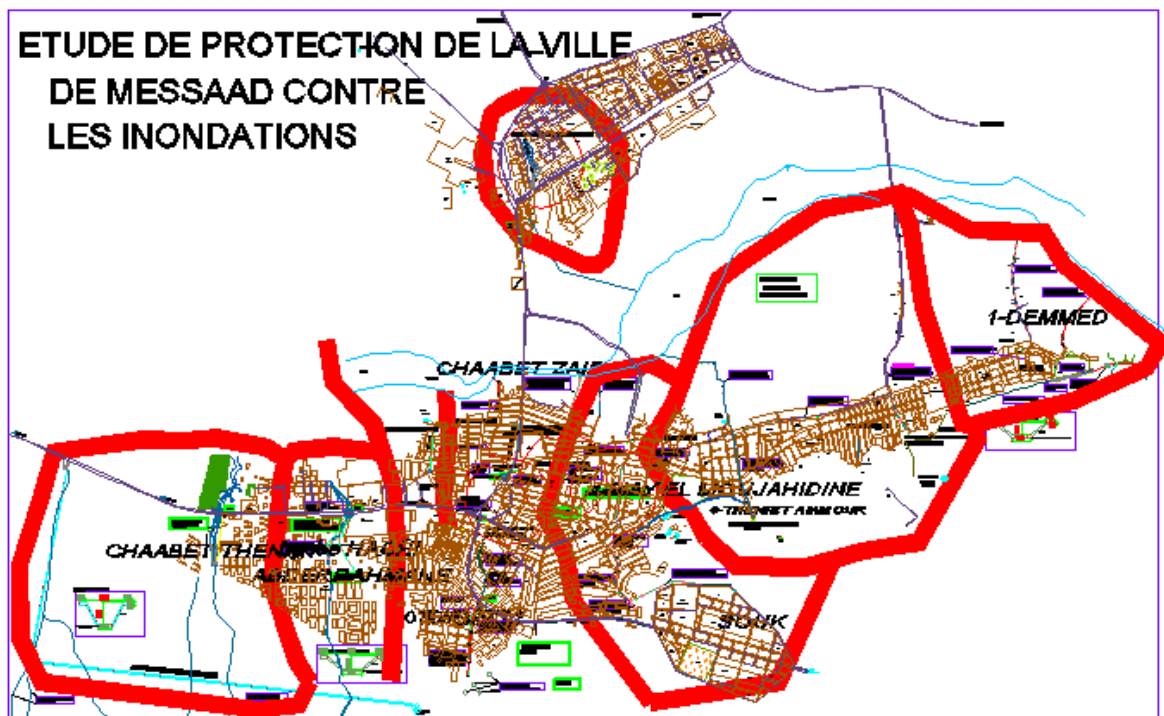


Figure 09 : Carte des zones inondables de la ville de Messaad selon la protection civile

II-4.1-Quartiers inondables de la ville de Messaad selon la protection civile

- ✓ Demed
- ✓ Saifi
- ✓ Thnia amour
- ✓ Quartier al-moujahdin
- ✓ Chaabetzid
- ✓ Chaabet sisi nile
- ✓ Chaabethani
- ✓ Chaabetjaroub
- ✓ Chaabethachi
- ✓ Quartier el kodes

II-5. La ville de Ain Ouessara

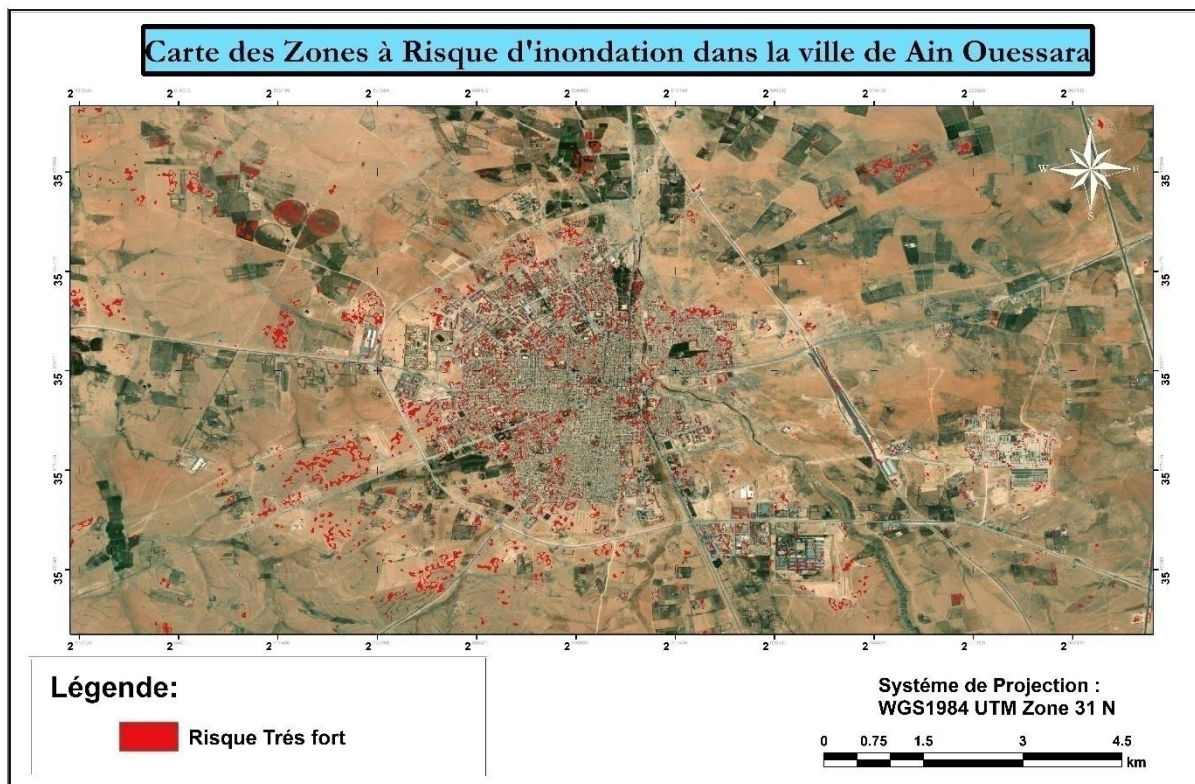


Figure 10 : Carte des zones à risque inondation dans la ville d'Ain ouessara

La carte indique clairement la ville d'Ain Ouessara touchée par les inondations, où, la zone plus touchée par les inondations dans le centre-ville et la partie Nord de la ville quartier El-Salam et en l'Ouest de la ville quartier El Wiam. Dans le Sud-ouest nous remarquons la voie de Chellala, le quartier El Moudjahidin dans le Sud de la ville est également touché par les inondations.

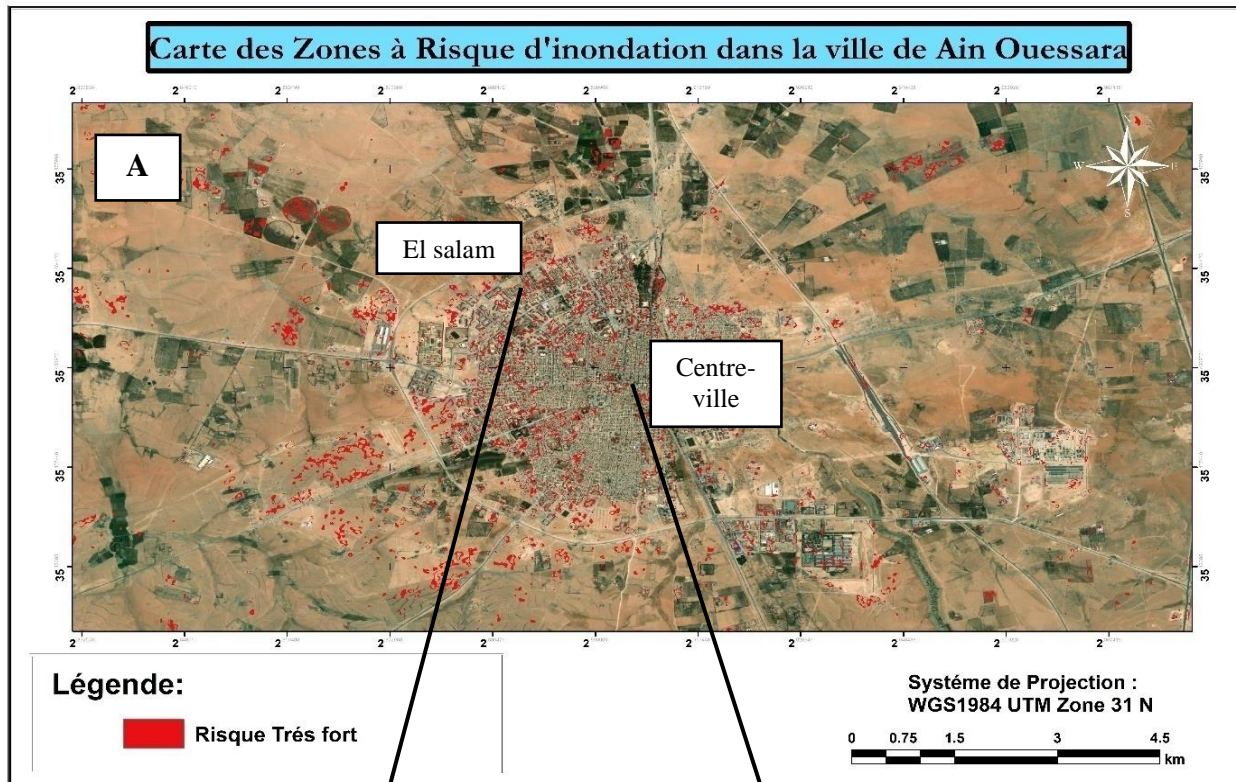


Figure 11 : A (carte des zones inondables de la ville d’Ain ouessara), B (quartier el salam), C (centre-ville)

II-6.Zone inondables de la ville d'Ain ouessara selon la protection civile

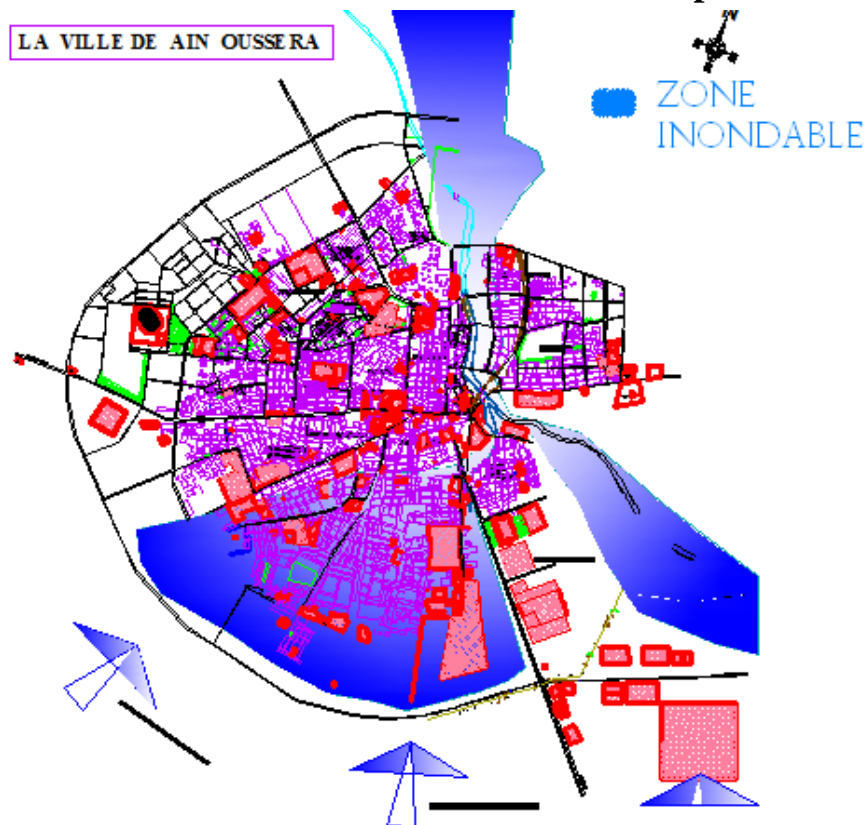


Figure 12 : Carte des zones inondables de la ville d'Ain ouessara selon la protection civile

II-7.Projets réalisés au niveau des trois villes

II-7.1-La ville de Djelfa

- ✓ Travaux de construction d'oued Mellah (du pont du quartier du 05 juillet à la sortie nord de la ville) dans la période entre 2003-2012 "construction d'un mur de protection avec des pierres"
- ✓ (Galerie) tranchée d'évacuation des eaux pluviales dans le quartier de khaonia 2008
- ✓ Galerie tranchée d'évacuation des eaux pluviales au quartier berbih 2011

II-7.2-La ville de Messaad

- ✓ Travaux pour la préparation d'oued Messaad (2002)
- ✓ Construction d'une tranchée pour drainer les eaux de pluie dans le quartier d'Al-Saifi
- ✓ Configuration de chaabet Zaid

II-7.3-La ville d'Ain Ouessara

- ✓ Travaux de préparation de oued Bosdera : construction d'un mur de protection en pierre avec la construction de couloirs « Dalots » dans la période (2003-2015)

III-Adaptation aux risques inondation

Les mesures d'adaptation peuvent être perçues dans le contexte du cycle de gestion des risques d'inondation. Les phases du cycle peuvent être considérées comme la prévention, la protection et la préparation. La prévention peut être comprise comme la prévention des dommages causés par les inondations en évitant la construction d'infrastructures dans les zones inondables actuelles et futures (par exemple, la restriction de l'implantation dans les zones à risque) ; soit en adaptant les aménagements futurs au risque d'inondation (Kundzewicz, ZW, et al 2010).

III-1.Mesures structurelles

Les mesures structurelles sont des mesures techniques de protection contre les crues. Elles sont bien connues et consistent en des travaux d'ouvrages de génie civil dans le lit du cours d'eau et sur les versants. Elles visent à influencer sur les conditions d'écoulement des crues et leur hydrologie pour réduire le risque d'inondation.

Les ouvrages et aménagements préventifs peuvent être notamment composés :

- ✓ d'estacades fixes ou flottantes ;
- ✓ de seuils ou de séries de seuils avec ou sans clé ;
- ✓ de digues-levées et d'ouvrages de protection des berges ;
- ✓ de barrages pour la glace ;
- ✓ de barrages pour le contrôle des crues déclenchant la débâcle ;
- ✓ d'aménagements de l'hydraulicité du cours d'eau.

III-2.Mesures non structurelles

Les mesures non structurelles sont plus nombreuses. Il s'agit notamment de dispositifs d'alerte précoce alertant les résidents du danger accru d'inondation, de l'éducation de la population locale sur ce qu'il convient de faire en cas d'inondation, de la diffusion d'informations sur l'hygiène, de la réalisation d'exercices d'inondation dans les écoles et les hôpitaux, de l'élaboration de cartes des zones inondables et de des cartes d'évacuation et l'installation de bornes indiquant le niveau d'eau dans les zones exposées(Tiepolo, M. 2014).

IV-Gestion du risque inondation

IV-1.La préparation pré-inondation peut comprendre :

- ✓ la gestion des risques d'inondation en tenant compte de toutes les causes possibles d'inondation ;
- ✓ la construction d'infrastructures physiques de protection contre les inondations ;
- ✓ législation ;
- ✓ investissement dans la recherche et le développement sur les inondations ;
- ✓ contrôle du développement dans les plaines inondables ;
- ✓ accroître les installations de contrôle à la source, d'infiltration et de stockage. retardement dans les bassins urbains ;
- ✓ planification et gestion de l'utilisation des terres ;
- ✓ codes du bâtiment, protection contre les inondations ; la mise en œuvre des dispositifs de prévision et d'annonce des crues ;
- ✓ la communication et l'éducation du public sur l'étendue du risque d'inondation et les mesures à prendre en cas d'inondation ;
- ✓ planification d'urgence en cas de catastrophe ; maintien de la préparation des activités communautaires d'autoprotection ;
- ✓ régimes d'assurance.(Kundzewicz, ZW,et al 2010).

IV-2.La gestion opérationnelle des crues comprend

- ✓ détection de la probabilité de formation d'inondations ;
- ✓ la prévision des conditions futures du débit fluvial à partir d'observations hydrométéorologiques ;
- ✓ avertissement adressé aux autorités compétentes et au public sur l'étendue, la gravité et le moment de l'inondation ;
- ✓ protection d'urgence des digues contre les brèches et les débordements ;
- ✓ renforcement des défenses ; décision d'exploiter des réservoirs et des bassins de décantation ;
- ✓ émettre un avertissement préalable en cas de déversement d'urgence aux personnes concernées ;
- ✓ sauvetage d'urgence de vies et de biens dans les zones inondées.

Enfin, la réponse post-inondation comprend une zone d'activité telle que

- ✓ secours pour les besoins immédiats des personnes touchées par la catastrophe ;

- ✓ reconstruction des bâtiments endommagés, des infrastructures et des défenses contre les inondations ;
- ✓ récupération et régénération de l'environnement et des activités économiques dans la zone inondée ;
- ✓ examen des activités de gestion des inondations pour améliorer le processus et la planification des événements futurs.(Kundzewicz, ZW,et al 2010).

La gestion du risque lié aux inondations se décompose en trois volets : le volet de prévention et d'atténuation, le volet de gestion de crise et le volet de retour d'expérience. Le volet de prévention et d'atténuation prend appui sur la connaissance et la localisation des zones à risque, et vise à réduire les vulnérabilités humaine et économique, en protégeant l'existant, en informant la population ou encore en limitant l'implantation des biens et des personnes dans les zones exposées à l'aléa inondation.

La phase de gestion de crise correspond quant à elle à des actions en état d'urgence, et comporte donc une contrainte temporelle importante. Une des préoccupations majeures est alors de connaître dans les délais les plus brefs l'ampleur précise de l'inondation mais aussi la localisation des populations les plus vulnérables.

La gestion du risque est régie par les trois P

- ✓ La Prévision
- ✓ La Prévention
- ✓ La Protection

IV-2.1-Prévision

La compréhension et connaissance du risque passe par la prévision de l'aléa crue c'est-à-dire anticiper la réponse hydrologique du bassin versant en définissant :

- ✓ Le débit probable par rapport à une averse d'intensité donnée en tenant compte des caractéristiques physiques du bassin versant
- ✓ Il est nécessaire de disposer d'informations pluviométriques météorologiques fiables (des équipements de mesures adéquats)
- ✓ Mettre en place une banque de donnée régionale et nationale, notamment la connaissance préliminaire des aspects géographique du risque d'inondation (répartition spatiale)
- ✓ Savoir évaluer le niveau du risque c'est mieux le maîtriser

IV-2.2-Prévention

La prévention permet de limiter les pertes humaines et de minimiser considérablement le coût Des répartitions .Prend plusieurs aspects :

1-l'information : est à la charge de la puissance publique vis-à-vis des personnes susceptible d'être menacées.

2-la prise en compte par les aménageurs de l'espace public et privé.

3-la mention du risque grevant le bien considéré dans tous les documents de transaction.

4-les secours : l'efficacité des secours est liée à la rapidité d'intervention : conception concertée des plans ORSEC.

5-organiser des exercices d'alerte pour évaluer la performance et le degré d'efficacité dans l'intervention et organisation des secours.

IV-2.3-Protection

Chaque risque nécessite une réponse spécifique, cependant la protection à deux orientations majeures : S'opposer à l'expression d'un phénomène :

- ✓ C'est la défense active. Laminer une crue en retardant ses effets qui risque d'inonder un espace urbain.
- ✓ Modification des enjeux : Il s'agit de modifier suffisamment les enjeux pour réduire leur vulnérabilité.

1-protéger l'enjeu : c'est la défense passive

2-diminuer l'enjeu : le zonage est la méthode la plus efficace. Il s'agit de délocaliser l'enjeu en dehors de l'atteinte du phénomène.

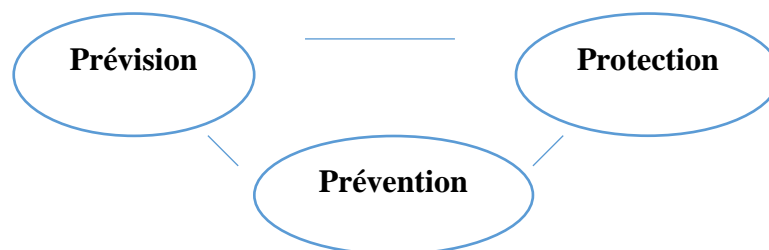


Figure 13 : La gestion du risque.

IV-3. La maîtrise du risque d'inondation

Elle se base sur trois (03) principes fondamentaux de maîtrise :

- ✓ La répartition des responsabilités
- ✓ Les travaux de protection pour réduire l'aléa
- ✓ Maîtrise de l'urbanisation pour réduire la vulnérabilité

IV-4. Mesures à prendre avant, pendant et après l'inondation

IV-4.1- Mesures à prendre avant

1. Définition du danger et du risque

- ✓ Enquête sur les périodes de retour des crues ;
- ✓ Détermination de la zone à risque potentiel d'inondation ;
- ✓ Elaboration des cartes des zones inondables et des risques (Kumcu, SY 2022).

2. Réduire la quantité de danger

- ✓ Conjuguer gestion du risque inondation et aménagement du territoire ;
- ✓ Application des techniques de mesure des crues structurelles et non structurelles ;
- ✓ Estimation du risque d'inondation et application des systèmes d'alerte précoce ;
- ✓ Préparation des plans d'action afin de réduire les pertes de vies et de biens (Kumcu, SY 2022).

3. Planification et préparation

- ✓ Établir les mesures structurelles et non structurelles pour réduire le risque inondation ;
- ✓ Elaboration des plans d'action (Kumcu, SY 2022).

IV-4.2- Mesures à prendre pendant et après l'inondation

1. Interventions

- ✓ Activités de sauvetage ;
- ✓ Santé publique ;
- ✓ Permettre d'ouvrir la route d'accès ;
- ✓ Réparer les installations critiques ;
- ✓ Systèmes d'alerte ;
- ✓ Assurer la santé et la sécurité du groupe d'intervention en cas d'inondation ;
- ✓ Gestion des réseaux sociaux et VIP ;
- ✓ Contrôle et coordination des opérations ;
- ✓ Assurer le transport, l'hébergement des personnes évacuées (Kumcu, SY 2022).

2. Actions de récupération

- ✓ Transition des travaux de sauvetage aux actions de récupération ;
- ✓ Assurer le retour à une vie normale ;
- ✓ Réalisation d'une évaluation des dommages ;
- ✓ Recouvrement des coûts financiers de l'aléa ;
- ✓ Recevoir des informations ;
- ✓ Récupération des services (Kumcu, SY 2022).

V- Politiques de gestion des inondations dans le monde

Les principales mesures de protection contre les inondations en Europe comprennent : la protection technique contre les inondations (par exemple, digues, murs anti-inondation, canaux de décharge) et le stockage naturel des eaux de crue, par exemple en restaurant les plaines inondables et les zones humides (Kundzewicz, ZW, et al 2010).

En Angleterre, la gestion des inondations est divisée en une politique de protection (flood defence) et une politique de maîtrise de l'urbanisation et de l'occupation des sols en zones inondables flood plain management. La recherche est menée par le Flood Hazard Research Center ; un des premiers centres travaillant sur la problématique de gestion du risque inondation autour d'une équipe interdisciplinaire qui étudie plus spécialement les relations entre les inondations et la société.

En France, les risques naturels et particulièrement les inondations sont devenus un objet de politique publique à partir des années 1970, alors qu'ils n'étaient pas auparavant l'objet d'une gestion spécifique. Une analyse historique rapide d'un siècle et demi de gestion des inondations permet de constater que les politiques de gestion de ces risques se sont construites au fil du temps. La première étape consistait à une politique de sécurité orientée vers des actions basées sur l'aléa ; que ce soit par construction d'ouvrages de protection essentiellement au travers de digues ou par des actions sur la couverture forestière des bassins versants, ensuite une politique d'urbanisme.

A. La réglementation

Elle devrait prendre en compte les actions anthropiques aboutissant à une modification substantielle du relief, à l'édification de toute construction en zones inondable.

B. La prévision

L'inondation est un risque prévisible dans son intensité, mais il est difficile de connaître le Moment où il se manifestera. Les paramètres concourant à la formation des crues sont nombreux, cependant l'un d'eux est déterminant : la pluie.

La prévision des inondations compte sur l'observation permanente des données de précipitation. Le centre météorologique de Toulouse publié quotidiennement une carte de vigilance à 04 niveaux.

C. La prévention

Des outils adaptés de prévention ont progressivement été élaborés par l'état afin de baisser la Vulnérabilité des territoires et préserver des vies.

La politique de prévention des risques naturels peut s'adapter aux dynamiques régionales et Aux évolutions sociales et économiques. Cela se fait en reconfirmant ou en modifiant les Systèmes de régulation des risques naturels (en établissant notamment un zonage).

Là où la politique de prévention des risques inclut le changement climatique et c'est pour s'adapter au changement climatique. Il améliore ou préserve en fait la qualité de vie des humains. Ensuite, réduire la sensibilité des systèmes aux inondations ne nécessitera pas de prévention ou d'adaptation, mais de prévention et d'adaptation.

VI-Politique algérienne de gestion du risque inondation

Loi N° 04-20 du 13 DhouElKaada 1425 correspondant au 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable a institué dix (10) risques majeurs dont celui relatif aux risques climatiques se subdivise en 06 autres risques majeurs soit au total 15 risques majeurs dont les plus importants sont :

Inondations, feux de forêts, séismes, risques industriels et énergétiques et risque touchant la santé humaine (covid-19).

Cette loi prévoit l'élaboration pour chaque risque un PPR publié par décret

- ✓ Décret exécutif n°11-194 du 19 Joumada Ethania 1432 correspondant au 22 mai 2011 portant missions, organisation et fonctionnement de la délégation nationale aux risques majeurs,
- ✓ Décret exécutif n°15-71 du 21 Rabie Ethani 1436 correspondant au 11 février 2015 fixant les conditions et modalités d'élaboration et d'adoption des plans particuliers d'intervention pour les installations ou ouvrages,
- ✓ Décret exécutif n°17-126 du 28 Joumada Ethania 1438 correspondant au 27 mars 2017 précisant le dispositif de prévention des risques radiologiques et nucléaires ainsi que les modalités de lutte contre ces sinistres lors de leur survenance,
- ✓ Décret exécutif n°19-59 du 26 Joumada El Oula 1440 correspondant au 2 février 2019 fixant les modalités d'élaboration et de gestion des plans d'organisation des secours.
- ✓ Décret N°04-181 du 24 Juin 2004 portant création de la Commission Nationale de Communication sur les Risques majeurs (formation, information, sensibilisation, communication et alerte précoce),
- ✓ Ordonnance du 26 août 2003 relative aux assurances CATNAT applicable depuis 1^{er} Septembre, 2004.

La stratégie Algérienne prise en compte au risque d'inondation s'introduit dans la politique générale de prévention des risques majeurs, elle se résume à une politique de prévention basée sur l'évolution de la législation et des comportements ; ce sont les procédures et les règles visant à limiter la vulnérabilité des hommes et des biens face aux aléas naturels. Le cœur de cette politique préventive est l'institution d'un (PGP) ; il s'agit de :

- ✓ Un établissement de la carte nationale d'inondabilité avec les zones inondables ;
- ✓ Mise en place du système de veille et d'alerte.

Ensuite, l'Agence Nationale de Prévention et de Gestion des Risques Majeurs a apparu pour prendre en charge les activités suivantes :

- ✓ Proposer les éléments d'une stratégie nationale dans le domaine de la prévention et la gestion des risques majeurs
- ✓ Mener des études sur les systèmes de gestion des catastrophes naturelles et écologiques
- ✓ Assister les institutions chargées d'élaborer les plans en matière de prévention et de réduction des risques majeurs ;

- ✓ Collecter, traiter, diffuser et conserver les données à caractère scientifique, statistique, technique, économique et social en matière de prévention et gestion des risques majeurs
- ✓ Contribuer à la formation des compétences nationales chargées de la de prévention et gestion des risques majeurs.

Et enfin et afin de garantir la protection des biens et des personnes, la loi prévoit deux autres mesures importantes :

- ✓ Le recours obligatoire au système national d'assurance, dans le cadre des plans.

VI-1. Risques naturels dans les règles et les outils de planification

Le droit de l'aménagement et de l'urbanisme comprend une approche préventive des risques, au titre des règles générales d'urbanisme et des plans d'aménagement et d'urbanisme ou de prévention. Cependant, face à la récurrence des événements naturels extrêmes, le législateur algérien a fait appel à d'autres mesures foncières.

A. Les risques naturels dans La réglementation générale d'aménagement et d'urbanisme :

La réglementation générale d'aménagement et d'urbanisme est un cadre qui permet de réglementer uniformément la localisation des constructions et l'aménagement du territoire de chaque commune. Elle s'applique également et de façon subsidiaire sur toute portion du territoire national qui ne serait pas régie par un instrument local d'aménagement et d'urbanisme. La réglementation générale existe ainsi pour pallier l'absence dans certaines communes de documents de référence relatifs aux règles de construction. La réglementation générale d'aménagement et d'urbanisme est placée au cœur des mécanismes de prévention des risques naturels en exigeant une lecture quasi-systématique de tout projet de construction au contenu de cette réglementation. Elle s'impose même aux instruments locaux : le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) et le plan d'occupation de sol (POS).

B. Les instruments locaux d'urbanisme au service de la prévention des risques naturels :

Les instruments d'urbanisme à vocation générale, qui sont les PDAU et les POS compte tenu de leur objet, l'encadrement de l'usage des sols, sont des outils de prévention des risques naturels, puisque ils doivent déterminer les conditions qui permettent de prévoir les risques naturels prévisibles. Ces documents d'urbanisme comportent plusieurs mesures, notamment, les règles générales et les servitudes d'utilisation des sols qui peuvent comporté des

prescriptions spéciales voire une limitation ou interdiction de construire en fonction des dangers et des risques présents dans une zone du territoire communal. Il appartient aux autorités locales d'adopter de tels dispositions.

C. Le plan général de prévention de risque naturel

Ce plan constitue le principal outil juridique de prévention des risques naturels majeurs créé par la loi 04-20 relative aux risques majeurs et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable. Il s'agit d'un document élaboré par l'état et adopté par décret¹⁹ dans le but de prévenir les effets induit par la survenance des risques naturels majeurs. Ce plan délimite les différentes zones exposées, en tenant compte de la nature et de l'importance du risque encouru, et le cas échéant interdire toute construction dans ces zones.

D. L'expropriation pour cause de risques majeurs : une mesure foncière préventive

La procédure d'expropriation pour risques majeurs, qui découle de la loi 04-20 relative à la prévention des risques majeurs, est un régime particulier de prévention des risques naturels majeurs. Cette procédure juridique, mise en œuvre pour prévenir la survenance de certains risques, permettra à l'État d'évacuer les personnes vivant dans des zones à risque en facilitant leur réinstallation dans des zones sans risque.

VI-2. Proposition pour la gestion du risque inondation

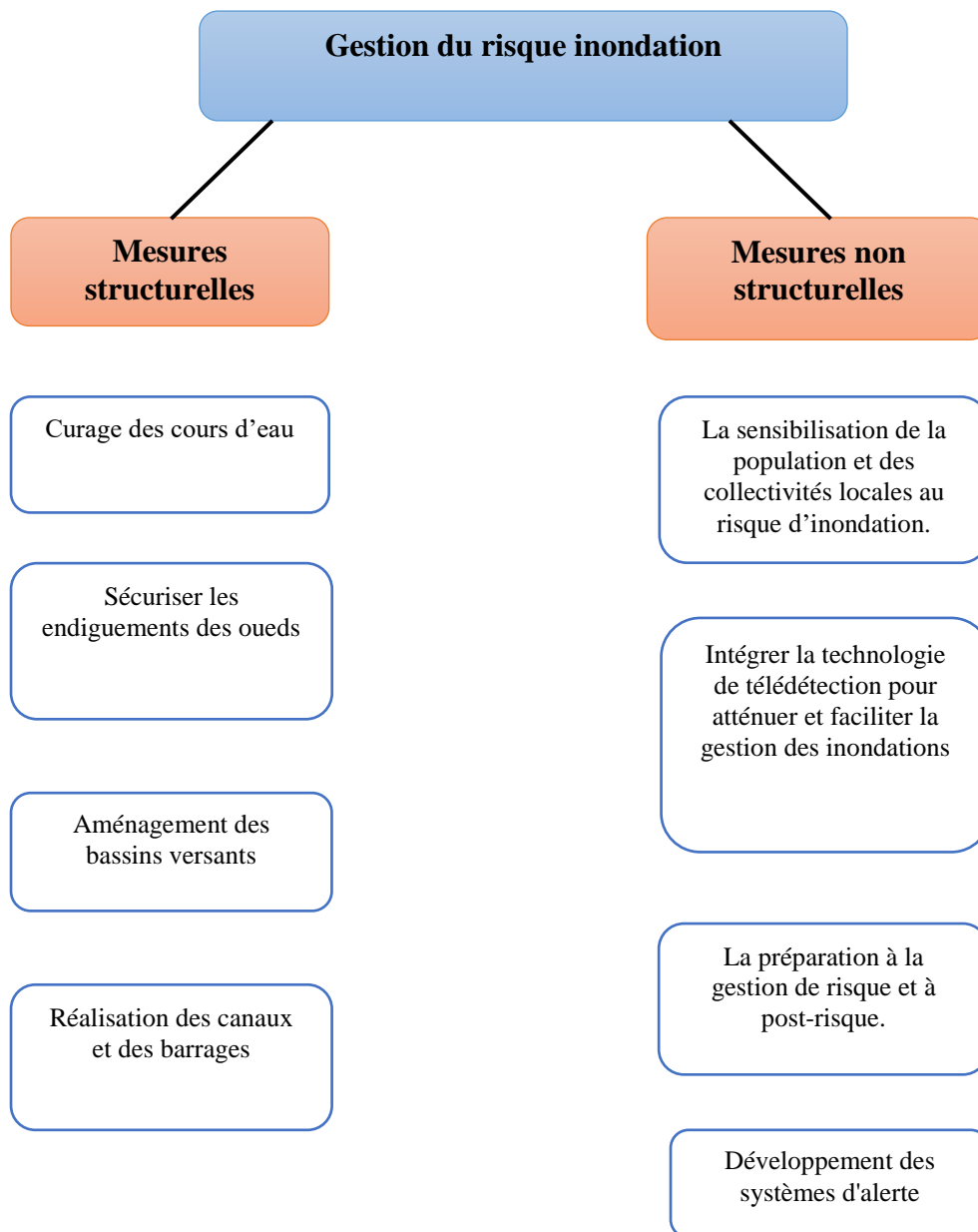


Figure 14 : Propositions pour la gestion des inondations

Conclusion

La cartographie des inondations est considérée comme un moyen de prendre des mesures non structurelles dans le processus de gestion des inondations. Dans ce chapitre les cartes montrant les zones inondables des trois villes Djelfa, Messaad et Ain Ouessara, indique que les trois villes plus touchées par le risque d'inondation.

La politique de protection de l'Algérie contre les risques se concentre sur l'intervention par la protection pendant et après le risque. C'est-à-dire qu'il n'y a pas de planification préalable pour prévenir le risque.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de cette étude est de proposer une méthode d'évaluation en temps quasi-réel du risque d'inondation en milieu urbain. Afin de répondre à cet objectif, une méthodologie d'analyse la sensibilité aux inondations à l'aide des données SAR.

Dans un premier temps, nous avons discuté des méthodologies d'évaluation des risques d'inondation telles que le processus de hiérarchie analytique AHP, la méthode de logique floue FUZZY et l'application de la télédétection pour analyser la sensibilité aux inondations mais Cette étude a appliqué une approche de télédétection utilisant les polarisations VH et VV des données radar (SAR) via le moteur Google Earth Engine pour délimiter les zones inondables dans les trois villes Djelfa , Messaad et Ain ouessara.

La wilaya de Djelfa est l'une des wilayas algériennes les plus vulnérables aux inondations et selon les statistiques de la protection civile, les inondations ont touché de nombreuses villes et causé des pertes matérielles et humaines y compris

- ✓ La ville de Djelfa, inondation de 2015 touchés les quartiers Boutrifis, Zerria et Bensaïd ont causé de Mort d'un homme, Sauver 03 hommes, Pertes matérielles dans les maisons.
- ✓ La ville de Messad et Ain ouessara, inondation 2016 touché les quartiers de centre-ville et ont causé de Fuite d'eau de pluie à l'intérieur des maisons.
- ✓ Parallèlement, les résultats obtenus à la fin de cette étude, il est apparu clairement que les villes de Djelfa, Messaad et Ain ouessara sont des zones inondables.
- ✓ la ville de Djelfa est une zone sujett aux inondations où la plupart de la ville touchée par l'inondation notamment quartier boutrifis , la gare routière ...ect
- ✓ Quant à la ville de Massad, il s'est avéré que les zones basses près de la vallée sont les plus touchées par les inondations, comme Saïfi, demed.
- ✓ Concernant la ville d'Ain ouessara, où le nord (quartier El salam) et le centre de la ville sont plus touchés par l'inondation

Conclusion générale

Après avoir discuté des résultats au niveau de la ville de Djelfa, nous trouvons la compatibilité et la convergence avec les résultats de la protection civile.

En conclusion, l'application de la télédétection et les données satellitaires sont des outils pour l'évaluation du risque d'inondation tandis que l'évaluation du risque d'inondation constitue une étape importante vers la prévision et la gestion des risques d'inondation

Références bibliographiques

Liste des références

- Ali Rahmani, SE, Chibane, B. & Boucefiène, A. Estimation de la recharge des eaux souterraines en zone semi-aride : un cas d'étude de la région de Djelfa (Algérie). *Appl Water Sci* **7**, 2255–2265 (2017). <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0399-y>
- Approche interdisciplinaire pour la résilience et la durabilité face aux catastrophes. MDRRE 2017. Réduction des risques de catastrophe. Springer, Singapour. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9527-8_10
- Bhandari, AK, Kumar, A. & Singh, GK Schéma d'extraction de caractéristiques amélioré pour les images satellites utilisant les techniques NDVI et NDWI basées sur DWT et SVD. *Arab J Geosci* **8**, 6949–6966 (2015). <https://doi.org/10.1007/s12517-014-1714-2>
- Bhatt, CM, Thakur, PK, Singh, D., Chauhan, P., Pandey, A., Roy, A. (2022). Application de la télédétection hyperfréquence spatiale active dans la gestion des risques d'inondation. Dans : Pandey, A., Chowdary, VM, Behera, MD, Singh, VP (eds) *Geospatial Technologies for Land and Water Resources Management*. Bibliothèque des sciences et technologies de l'eau, vol 103. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90479-1_25
- Bouragba Faten cherifa (2019/2020) Perspective de l'organisation de Djelfa à l'horizon de 2030- [Mémoire de Master]. Faculté des sciences de la nature et de la vie Département des sciences de la terre et de l'univers-Université ZIANE ACHOUR – DJELFA
- Boutaghane, H. *et al.* (2022). Analyse des crues et stratégies d'atténuation en Algérie. Dans : Sumi, T., Kantoush, SA, Saber, M. (eds) *Wadi Flash Floods*. Science des catastrophes naturelles et ingénierie de l'atténuation : rapports du DPRI. Springer, Singapour. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2904-4_3
- Boussafsaf Khaled Le droit de la prévention des risques naturels en Algérie *Revue Académique de la Recherche Juridique*. Maitre de conférences classe A, Faculté de Droit et sciences politiques, Université Sétif 2, Algérie. E-mail : boussafsafkhaled@gmail.com
- Borah, SB, Sivasankar, T., Ramya, MNS *et al.* Cartographie et surveillance des inondations dans le parc national de Kaziranga, Assam, à l'aide des données Sentinel-1 SAR. *Environ Monit Assess* **190**, 520 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6893-y>
- Bhan, SK, Team, F. Étude des inondations au Bengale occidental en septembre 2000 à l'aide de données satellitaires indiennes de télédétection. *J Indian Soc Remote Sens* **29**, 1–2 (2001). <https://doi.org/10.1007/BF02989907>

Références bibliographiques

-Bhateja, V., Biswal, B. (eds) *Advances in Micro-Electronics, Embedded Systems and IoT*. Notes de cours en génie électrique, vol 838. Springer, Singapour. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8550-7_22

CRSTRA Centre de recherches scientifiques et techniques sur les régions arides en collaboration avec l'Université de Batna, Département des sciences de la terre, le laboratoire LRNAT et le réseau Euro-Méditerranéen des Centres Spécialisés EUR-OPA-RISQUE MAJEURS 15 et 16 décembre 2004 à Batna- des journées techniques : risques naturels : inondation, prevision, protection.<https://crstra.dz/telechargement/seminaires/les-actes-des-journees-techniques-risque-naturels-inondatio.pdf>

-Chithra, K., Binoy, BV et Bimal, P. Cartographie spatiale des régions touchées par les inondations du nord du Kerala : étude de cas des inondations du Kerala en 2018. *J Indian Soc Remote Sens* **50** , 677–688 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12524-021-01485-5>

-Chakraborty, S., Mukhopadhyay, S. Évaluation des risques d'inondation à l'aide du processus de hiérarchie analytique (AHP) et du système d'information géographique (SIG) : application dans le district de Coochbehar au Bengale occidental, en Inde. *Nat Hazards* **99**, 247–274 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03737-7>

-Choudhury, S., Basak, A., Biswas, S., Das, J. (2022). Cartographie de la sensibilité aux crues éclair à l'aide de la méthode AHP basée sur le SIG. Dans : Pradhan, B., Shit, PK, Bhunia, GS, Adhikary, PP, Pourghasemi, HR (eds) *Modélisation spatiale des risques d'inondation et des risques d'inondation. GIScience et modélisation géo-environnementale*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94544-2_8

-Derdour, A., Benkaddour, Y. & Bendahou, B. Application de la télédétection et du SIG pour évaluer le potentiel des eaux souterraines dans le bassin versant transfrontalier du Chott-El-Gharbi (frontière algéro-marocaine). *Appl Water Sei* **12** , 136 (2022). <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01663-x>

-Danumah, JH, Odai, SN, Saley, BM *et al.* Évaluation et cartographie des risques d'inondation dans le district d'Abidjan à l'aide d'un modèle d'analyse multicritère (AHP) et de techniques de géoinformation, (côte d'ivoire). *Geoenviron Catastrophes* **3**, 10 (2016). <https://doi.org/10.1186/s40677-016-0044-y>

-Dahri, N., Abida, H. Processus de hiérarchie analytique assisté par simulation de Monte Carlo (AHP) pour la cartographie de la sensibilité aux inondations dans le bassin de Gabès (sud-est de la Tunisie). *Environ EarthSci* **76**, 302 (2017). <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6619-4>

Références bibliographiques

- Das, S. Système d'information géographique et zonage des risques d'inondation basé sur l'AHP du bassin de Vaitarna, Maharashtra, Inde. *Arab J Geosci* **11**, 576 (2018). <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3933-4>
- Danbara, TT, Belete, MD, Tasew, AG (2022). Évaluation des zones inondables à l'aide de la télédétection et du système d'information spatiale dans le bassin de la rivière Bilate, en Éthiopie. Dans : Berihun, ML (eds) *Advances of Science and Technology. ICAST 2021. Notes de cours de l'Institut d'informatique, d'informatique sociale et d'ingénierie des télécommunications*, vol 412. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-93712-6_12
- Ezzine, A., Darragi, F., Rajhi, H. *et al.* Evaluation des données Sentinel-1 pour la cartographie des crues en amont du barrage de Sidi Salem (Nord Tunisie). *Arab J Geosci* **11**, 170 (2018). <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3505-7>
- Esbrí, M.Á. (2021). Télédétection. Dans : Södergård, C., Mildorf, T., Habyarimana, E., Berre, AJ, Fernandes, JA, Zinke-Wehlmann, C. (eds) *Big Data in Bioeconomy*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-71069-9_4
- En ligne Mudi, S., A, JP, Das, P. (2022). Cartographie des risques d'inondation dans l'Assam à l'aide des données Sentinel-1 SAR. Dans : Shit, PK, Pourghasemi, HR, Bhunia, GS, Das, P., Narsimha, A. (eds) *Technologie géospatiale pour les risques environnementaux. Progrès de la science de l'information géographique*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75197-5_20
- Erika Podest, Amber McCullum, Juan Luis Torres Perez, Sean McCartney May 14, 2020. *Forest Mapping and Monitoring with SAR Data: LandCover Classification with Radar and Optical Data*. (NASA's Applied Remote Sensing Training Program).
- En ligne Wang, H. (2009). Relation d'influence et d'impact entre les utilisateurs SIG et les interfaces SIG. Dans : Kurosu, M. (eds) *Human Centered Design. HCD 2009. Notes de cours en informatique*, vol 5619. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02806-9_94
- FAKROUN Khaoula (2019/2020) Implantation d'une station de traitement des eaux usées
Dans la commune de Messaad. Analyse quantitative des rejets et choix optimale. [Mémoire de Master]. Faculté des sciences de la nature et de la vie Département des sciences de la terre et de l'univers-Université ZIANE ACHOUR – DJELFA
- GUESMIA Abdelhak BAGHDOUD Bilal (2020/2021) Vulnérabilité des routes face aux inondations-
» [Mémoire de Master]. Faculté des Sciences et de la Technologie-Département de Génie Civil- Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem.
- Goumrassa, A., Guendouz, M., Guettouche, MS *et al.* Évaluation de la sensibilité aux risques d'inondation dans le bassin versant de l'oued Chiffa et le long du premier tronçon de l'autoroute Nord-

Références bibliographiques

Sud en Algérie à l'aide de la méthode SIG et AHP. *ApplGeomat* **13**, 565–585 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12518-021-00381-4>

-Ghosh, D., Banerjee, M., Karmakar, M., Mandal, D. (2022). Application de la géoinformatique et de la technique AHP pour délimiter la zone de risque d'inondation : une étude de cas du bassin de la rivière Silabati, Bengale occidentale, Inde. Dans : Shit, PK, Pourghasemi, HR, Bhunia, GS, Das, P., Narsimha, A. (eds) Technologie géospatiale pour les risques environnementaux. Progrès de la science de l'information géographique. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75197-5_6

-Gogoi, P., Patnaik, Sask. (2022). Télédétection et application SIG dans la gestion des crues : une étude de cas du bassin de la rivière Jiadhul du district de Dhemaji, Assam, Inde. Dans : Bhunia, GS, Chatterjee, U., Lalmalsawmzauva, K., Shit, PK (eds) Anthropogeomorphology. Géographie de l'environnement physique. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77572-8_5

-Hamid AFRA, Directeur de Recherche, Délégué National aux Risques Majeurs. Ministère de l'Intérieur, des Collectivités Locales et de l'Aménagement du Territoire Délégation Nationale aux Risques Majeurs. Le Projet de Stratégie Nationale de Prévention et de Gestion des Risques Majeurs. Webinaire Banque Mondiale.

-Hanger-Kopp, S., Palka, M. (2020). Exploration de la résilience à la sécheresse à travers une optique de gestion des risques de sécheresse en Autriche. Dans : Yokomatsu, M., Hochrainer-Stigler, S. (eds) Réduction des risques de catastrophe et résilience. Recherche sur les catastrophes et les risques : série de livres GADRI. Springer, Singapour. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4320-3_7

-Helga-Jane Scarwell Richard Laganier- RISQUE D'INONDATION ET AMÉNAGEMENT DURABLE DES TERRITOIRES- Chapitre 2 : L'intégration matérielle du risque par le biais des mesures structurelles. <https://books.openedition.org/septentrion/15687>

-Irimescu, A., Stancalie, G., Craciunescu, V., Fluerau, C., Anderson, E. (2009). L'utilisation de la télédétection et des techniques SIG dans la surveillance des inondations et l'évaluation des dommages : une étude de cas en Roumanie. Dans : Jones, JAA, Vardanian, TG, Hakopian, C. (eds) Menaces pour la sécurité mondiale de l'eau. La science de l'OTAN au service de la paix et de la sécurité, série C : Sécurité environnementale. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2344-5_18

-Inteti, RS, Mandla, VR, Peddada, JR, Ramesh, N. (2020). Analyse de la phénologie des cultures de riz à l'aide des données satellitaires Sentinel-1 et Sentinel-2. Dans : Saride, S., Umashankar, B., Avirneni, D. (eds) Advances in Geotechnical and Transportation Engineering .Notes de cours en génie civil, vol 71. Springer, Singapour. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3662-5_21

Références bibliographiques

- Ilcev, SD (2019). Télédétection par satellite en météorologie. Dans : Applications mondiales d'observation météorologique par satellite (GSMO). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67047-8_3
- Kumar, H., Karwariya, SK et Kumar, R. Identification basée sur le moteur Google Earth de l'étendue des inondations et des rizières inondées à l'aide des données Sentinel-2 MSI et Sentinel-1 SAR dans l'État du Bihar, en Inde. *J Indian Soc Remote Sens* (2022). <https://doi.org/10.1007/s12524-021-01487-3>
- KHERROUBA Imane OUELHI Meriem (2015/2016) Identification des zones inondables par logique floue et analyse multicritères « Application sur la région de Ain Oussera » [Mémoire de Master]. SAV- Université de Djelfa. Chapitre 01
- Kabenge, M., Elaru, J., Wang, H. *et al.* Caractérisation du risque d'inondation dans les zones où les données sont rares, à l'aide d'un indice de risque d'inondation basé sur la télédétection et le SIG. *Nat Hazards* **89** , 1369–1387 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3024-y>
- Kundu, S., Aggarwal, SP, Kingma, N. *et al.* Surveillance des inondations par télédétection micro-ondes dans une partie du bassin de la rivière Nuna, Odisha, Inde. *Nat Hazards* **76** , 123–138 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1478-8>
- Kron, W., Tingsanchali, T., Loucks, DP, Renaud, FG, Bogardi, JJ, Fekete, A. (2021). Gestion des dangers et des risques liés à l'eau. Dans : , *et al.* Manuel de gestion des ressources en eau : discours, concepts et exemples. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60147-8_22
- Kundzewicz, ZW, Luger, N., Dankers, R. *et al.* Évaluation du risque d'inondation fluviale et adaptation en Europe - examen des projections pour l'avenir. *MitigAdaptStrategGlob Change* **15** , 641–656 (2010). <https://doi.org/10.1007/s11027-010-9213-6>
- Kumcu, SY (2022). Gestion des inondations sous un climat changeant. Dans : Bahadir, M., Haarstrick, A. (eds) Gestion de l'eau et des eaux usées. Gestion de l'eau et des eaux usées. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95288-4_4
- Laatamna, A., Ebi, D., Brahim, K. *et al.* Fréquence et diversité génétique d'*Echinococcus granulosus* sensu stricto chez les ovins et les bovins de la région steppique de Djelfa, Algérie. *ParasitolRes* **118** , 89–96 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00436-018-6118-x>
- LEDOUX Bruno /La gestion du risque inondation / Edition TEC DOC ,11rue lavoisier 75008 Paris - Partie 1-connaissance du risque inondation (pages/16-17-27-28)
- Lindenschmidt, KE. (2020). Télédétection. Dans : River IceProcesses and Ice Flood Forecasting. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28679-8_5

Références bibliographiques

- LahmazaInesAbaidia Oussama (2019/2020.) Repenser la gestion du risque d'inondation : vers l'adoption de nouveaux mécanismes écologiques.Cas du quartier 20 aout à Skikda. [Mémoire de Master]. Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi-Institut de Gestion des Techniques Urbaines.
- Mehrabi, A. Surveillance de l'étendue de l'inondation Iran Pol-e-Dokhtar et détection de son déplacement induit du sol à l'aide de techniques d'imagerie sentinelle 1. *Nat Hazards* **105** , 2603–2617 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04414-w>
- Mishra, AK Récupération de l'EVI à partir des données Oceansat 2 et comparaison avec l'EVI dérivé de MODIS. *J Indian Soc Remote Sens* **42** , 877–883 (2014). <https://doi.org/10.1007/s12524-014-0369-5>
- Mondal, BK, Sahoo, S. (2022). Application des techniques géospatiales pour la gestion des inondations urbaines : un examen. Dans : Pradhan, B., Shit, PK, Bhunia, GS, Adhikary, PP, Pourghasemi, HR (eds) Modélisation spatiale des risques d'inondation et des risques d'inondation. GIScience et modélisation géo-environnementale. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94544-2_13
- Mon climat, ma santé pour mieux s'adapter au changement climatiques (institut national de santé publique Québec). <http://www.monclimatmasante.qc.ca/adaptation-inondations.aspx>
- Muhamed, H., Hamoodi, MN, Ziboon, AAT (2022). Cartographie et analyse des risques d'inondation à l'aide de techniques de télédétection et de SIG dans le bassin de la rivière Diyala, en Irak. Dans : Karkush, MO, Choudhury, D. (eds) Ingénierie géotechnique et construction durable. Springer, Singapour. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6277-5_61
- Mondal, KC, Saha, S., Aitch, P., Bhandari, G. (2020). Application de la télédétection et des SIG dans l'évaluation de la vulnérabilité aux inondations - Une étude de cas du bassin inférieur d'Ajay, en Inde. Dans : Pal, I., vonMeding, J., Shrestha, S., Ahmed, I., Gajendran, T. (eds) Une approche interdisciplinaire pour la résilience et la durabilité face aux catastrophes. MDRRE 2017. Réduction des risques de catastrophe. Springer, Singapour. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9527-8_10
- Moharrami, M., Javanbakht, M. &Attarchi, S. Détection automatique des inondations à l'aide d'images sentinel-1 sur le moteur Google Earth. *Environ MonitAssess* **193**, 248 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09037-7>
- MADI Réda (septembre 2014) CONTRIBUTION A L'ETUDE DES CRUES POUR UNE GESTION DU RISQUE AUX INONDATIONS [Mémoire de Master]. ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah- DEPARTEMENT AMENAGEMENT ET GENIE HYDRAULIQUE
- Marion TANGUY. Thèse doctorat : Cartographie du risque d'inondation en milieu urbain adapté à la gestion de crise. Analyse Préliminaire .Présenté à : Direction de la sécurité civile -Ministère de la

Références bibliographiques

Sécurité publique du Québec .Dans le cadre de son examen doctoral pour l'obtention du doctorat en Sciences de l'eau -Institut national de la recherche scientifique .Centre Eau Terre Environnement 490, rue de la Couronne Québec (Québec) G1K 9A9

-Monographie 2020 de la wilaya de Djelfa

-Monographie 2021 de la wilaya de Djelfa

-Nielsen, AA, Larsen, R. (2017). Analyse canonique du radar Sentinel-1 et des données optiques Sentinel-2. Dans : Sharma, P., Bianchi, F. (eds) Image Analysis. SCIA 2017. Notes de cours en informatique (), vol 10270. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59129-2_13

-Nasiri, H., Yusof, MJM, Ali, TAM *et al.* Indice de vulnérabilité des quartiers aux inondations : outil d'aide à la décision urbaine. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* **16**, 2249-2258 (2019). <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1797-5>

-Navalgund R., Singh RP (2022) Télédétection. Dans : Daya Sagar B., Cheng Q., McKinley J., Agterberg F. (eds) Encyclopedia of Mathematical Geosciences. Série Encyclopédie des sciences de la Terre. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26050-7_275-1

-Navalgund, RR Télédétection. *Réson* **6**, 51–60 (2001). <https://doi.org/10.1007/BF02913767>

-Noyhouzer, T., Mandler, D. (2014). Télédétection. Dans : Moretto, L., Kalcher, K. (eds) Analyse environnementale par capteurs électrochimiques et biocapteurs. Science et technologie des nanostructures. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0676-5_23

-Ngo, TA, Nguyen, XH, Truong, PTT, Van Phan, T. (2022). Cartographie des risques d'inondation basée sur la technologie AHP, floue et géomatique pour le bassin de Lai Giang sur la côte centre-sud du Vietnam. Dans : Ha-Minh, C., Tang, AM, Bui, TQ, Vu, XH, Huynh, DVK (eds) CIGOS 2021, Technologies et applications émergentes pour les infrastructures vertes. Notes de cours en génie civil, vol 203. Springer, Singapour. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7160-9_109

-Nikolova, V., Zlateva, P. (2017). Évaluation de la vulnérabilité aux inondations à l'aide de la logique floue et des systèmes d'information géographique. Dans : Murayama, Y., Velev, D., Zlateva, P., Gonzalez, J. (eds) Information Technology in Disaster Risk Reduction. ITDRR 2016. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 501. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68486-4_20

-Naima Zekouda, Meddi, M., LaVanchy, GT *et al.* L'impact des activités humaines sur les tendances des crues dans le climat semi-aride du bassin du Cheliff, Algérie. *Ressource en eau* **47**, 409–420 (2020). <https://doi.org/10.1134/S0097807820030136>

Références bibliographiques

- Projet de Renforcement de la Gouvernance Climatique au service de la CPDN-Ministère des Affaires Etrangères et de la Communauté Nationale à l'Étranger- Ministère de l'Environnement
- Papaioannou, G., Vasiliades, L. & Loukas, A. Cadre d'analyse multicritères pour la cartographie des zones potentiellement inondables. *Gestion des ressources en eau* **29**, 399–418 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0817-6>
- Qi, H., Altinakar, MS Système d'aide à la décision basé sur la simulation pour l'évaluation des dommages causés par les inondations dans des conditions d'incertitude à l'aide de la télédétection et des informations sur les blocs de recensement. *Nat Hazards* **59**, 1125–1143 (2011). <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9822-8>
- Qi, W., Ma, C., Xu, H. *et al.* Un examen des applications des modèles d'inondations urbaines dans les stratégies d'atténuation des inondations. *Nat Hazards* **108**, 31–62 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04715-8>
- Refice, A. *et al.* (2018). Surveillance de l'étendue et de la zone d'inondation grâce à la télédétection multicapteur et multitemporelle : l'inondation de la rivière Strymonas (Grèce). Dans : Refice, A., D'Addabbo, A., Capolongo, D. (eds) Surveillance des crues par télédétection. Springer Télédétection/Photogrammétrie. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63959-8_5
- Radwan, F., Alazba, AA & Mossad, A. Évaluation et cartographie des risques d'inondation à l'aide de l'AHP dans les régions arides et semi-arides. *Acta Géophys.* **67**, 215–229 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11600-018-0233-z>
- Saghafian, B., Ghermezcheshmeh, B. & Kheirkhah, MM Cartographie de la gravité des inondations iso : un nouvel outil pour l'identification distribuée des sources d'inondation. *Nat Hazards* **55**, 557–570 (2010). <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9547-0>
- Shin, E., Kim, HJ., Rhee, DS *et al.* Évaluation spatio-temporelle du risque d'inondation de l'espace souterrain en tenant compte de l'intensité de l'inondation et de la voie d'évacuation. *Nat Hazards* **109**, 1539–1555 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04888-2>
- Sanyal, J., Lu, XX Application de la télédétection à la gestion des crues avec une référence spéciale à la mousson en Asie : une revue. *Dangers naturels* **33**, 283–301 (2004). <https://doi.org/10.1023/B:NHAZ.0000037035.65105.95>
- Sené, K. (2016). Crues éclair. Dans : Hydrométéorologie. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23546-2_9
- Sepehri, M., Malekinezhad, H., Jahanbakhshi, F. *et al.* Intégration de l'intervalle approximatif AHP et de la logique floue pour l'évaluation des zones inondables à l'échelle régionale. *Acta Géophys.* **68**, 477–493 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11600-019-00398-9>

Références bibliographiques

- Shokr, ME (2020). Applications de télédétection radar en Égypte. Dans : Elbeih, S., Negm, A., Kostianoy, A. (eds) *Environmental Remote Sensing in Egypt*. Géophysique de Springer. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39593-3_5
- Quentin GLAUDE ph. D Student (08 Mai 2018) SAR Remote Sensing
- Saur, R., Rathore, VS (2022). Modélisation de la vulnérabilité aux crues éclair et de la dynamique de sensibilité du bassin de la rivière Jiadhal de la chaîne himalayenne orientale à l'aide de la technologie spatiale et de l'AHP. Dans : Chakravarthy, VVSSS, Flores-Fuentes, W., Bhateja, V., Biswal, B. (eds) *Advances in Micro-Electronics, Embedded Systems and IoT*. Notes de cours en génie électrique, vol 838. Springer, Singapour. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8550-7_22
- Samanta, S., Pal, DK & Palsamanta, B. Analyse de la sensibilité aux inondations par télédétection, SIG et modèle de rapport de fréquence. *Appl Water Sci* **8**, 66 (2018). <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0710-1>
- Sharma, VK, Rao, GS, Bhatt, CM *et al.* Procédures automatiques analysant les données de télédétection pour minimiser le temps de réponse aux inondations : un pas vers un service national de cartographie des inondations. *Prise de bec. Inf. Rés.* **25**, 657–663 (2017). <https://doi.org/10.1007/s41324-017-0132-4>
- Tella, A., Balogun, AL. Ensemble flou MCDM pour l'évaluation spatiale de la sensibilité aux inondations à Ibadan, Nigeria. *Nat Hazards* **104**, 2277–2306 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04272-6>
- Thieken, AH, Cammerer, H., Dobler, C. *et al.* Estimation des changements dans les risques d'inondation et les avantages des stratégies d'adaptation non structurelles - une étude de cas du Tyrol, en Autriche. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* **21**, 343–376 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11027-014-9602-3>
- Tempa, K., Aryal, KR Classification semi-automatique pour une délimitation rapide des zones sujettes aux géorisques à l'aide de l'imagerie satellite Sentinel-2. *SN Appl. Sci.* **4**, 141 (2022). <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05028-6>
- Tiepolo, M. (2014). Mesures d'adaptation aux inondations en cours et futures dans la municipalité de Maputo. Dans : Macchi, S., Tiepolo, M. (eds) *Vulnérabilité au changement climatique dans les villes d'Afrique australe*. Climat Springer. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-00672-7_13
- Tabbussum, R., Dar, AQ Modélisation de systèmes d'inférence neuro-floues adaptatifs hybrides et à rétropropagation pour la prévision des inondations. *Nat Hazards* **108**, 519–566 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04694-w>

Références bibliographiques

- Tuyen, TT, Thuy, HT (2022). Évaluation des risques de crues éclair sur la base du processus de hiérarchie analytique (AHP) et du système d'information géographique (SIG) : une étude de cas du bassin versant de Hieu (Nghe An, Vietnam). Dans : Nguyen, AT, Hens, L. (eds) Changements globaux et développement durable dans les économies émergentes d'Asie Vol. 2. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81443-4_50
- Kumcu, SY (2022). Gestion des inondations sous un climat changeant. Dans : Bahadir, M., Haarstrick, A. (eds) Gestion de l'eau et des eaux usées. Gestion de l'eau et des eaux usées. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95288-4_4
- Vilasan, RT, Kapse, VS Évaluation de la capacité de prédiction des méthodes AHP et F-AHP dans la cartographie de la sensibilité aux inondations du district d'Ernakulam (Inde). *Nat Hazards* (2022). <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05248-4>
- Wang, F., Wang, X., Zhao, Y. *et al.* Variations temporelles du NDVI et corrélations entre le NDVI et les variables hydro-climatologiques au lac Baiyangdian, Chine. *Int J Biometeorol* **58**, 1531-1543 (2014). <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0758-4>
- Yu, J. (2019). Détection de changement d'image SAR à l'aide de plusieurs filtres combinés avec une image de différence de journal. Dans : Zhai, G., Zhou, J., An, P., Yang, X. (eds) Télévision numérique et communication multimédia. IFTC 2018. Communications in Computer and Information Science, vol 1009. Springer, Singapour. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8138-6_9
- Zou, Q., Zhou, J., Zhou, C. *et al.* Évaluation complète des risques d'inondation basée sur l'analyse des paires d'ensembles, le modèle d'ensembles flous variables et l'AHP floue. *Stoch Environ ResRiskAssess* **27**, 525–546 (2013). <https://doi.org/10.1007/s00477-012-0598-5>