

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Institut : Gestion des Techniques

**Domaine : Architecture, Urbanisme
et Métiers de la Ville**



Urbaines Département de ville et d'Urbanisme

Filière : Urbanisme

Spécialité : Urbanisme

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

Préparé par : IKHEDDACHENE INES

Intitulé

La résilience urbaine face au risque d'inondations
« Etude de quartier EL KIA, AADL 1600 Logement – M'sila »

Soutenu devant le jury composé de :

Dr, feloussia lhcen	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Président
Dr, Dokma Abdelali	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Rapporteur
Dr, Hadjab Merwan	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Co-encadrant
Dr, Nagel Moustafa	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Examineur

Année universitaire : 2025 \ 2026



ملحق بالقرار رقم 1082 المؤرخ في 27 ديسمبر 2020
الذي يحدد القواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة العلمية و مكافحتها
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة التعليم
العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي والبحث العلمي : جامعة محمد بوضياف - المسيلة

تصريح شرفي

خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لاتجاز بحث

أنا الممضي أسفله:

المسيد (ة) :إخداشن إناس..... الصفة (أستاذ، باحث، طالب) :طالبة..... الحامل (ة) لبطاقة التعريف الوطنية

رقم :41161267..... والصائرة بتاريخ :11/05/2025.....

المسجل (ة) بكلية المعهدتصيير التقنيات الحضرية..... قسم :ال عمران و المكلف (ة) بانجاز أعمال بحث (مذكرة

التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)

عنوانها :المرونة الحضرية لتصدي خطر الفيضانات بالمسيلة دراسة حالة حي الكية و هي عدل 1600 مسكن ADDL.

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير لأخلاقيات المهنة والالتزام الأكاديمية المطلوبة في إنجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ :07/06/2026.....

توقيع المعني(ة)

Ines.ikheddachene

Dédicace

À mes parents, qui ont été mon refuge et ma force.

À mon père, source d'inspiration et de sagesse.

À ma mère, modèle de patience et de tendresse.

*À mes frères et sœurs, pour leur soutien et leurs encouragements
constants.*

À tous mes amis et à ceux qui m'ont tendu la main et ont cru en moi.

Aux urbanistes qui me succéderont, je vous dédie cet ouvrage.

Ines Ikheddachene

Remerciement :

Je tiens à remercier dans un premier temps Dieu pour la volonté et la santé qu'il m'a accordées pour réaliser ce travail.

Ce mémoire n'aurait pas pu voir le jour sans le soutien et les précieuses orientations de mes encadreur, que je remercie vivement pour leurs conseils, leur patience et leur disponibilité.

Mes remerciements s'adressent également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail en acceptant de le lire et de l'évaluer.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à toutes les personnes et institutions qui ont contribué à la réalisation de cette recherche,

notamment :

La Direction de la Protection Civile - Unité de M'Sila, pour l'accès aux données historiques des inondations.

L'urbas - Direction Régionale de M'Sila, pour le rapport du Pdau 2014.

Je remercie également tous mes enseignants de l'Université de M'sila, qui ont contribué à ma formation académique et scientifique.

Enfin, un grand merci à ma famille et à mes proches pour leur soutien moral et leurs encouragements tout au long de ce parcours.

Sommaire

1. Introduction :	1
2. Hypothèses :	3
3. Objectifs de l'étude :	3
4. Importance du sujet :	3
5. Motif de choix du sujet et de zone d'étude :	4
6. Méthodologie de recherche avec les outils :	4
7. Difficultés et obstacles :	4
Chapitre 01 : Cadre conceptuelle :	6
1. Aléa :	6
2. Risque :	7
2.1. Concept scientifique :	7
2.2. Concept technique :	7
2.3. Selon la Loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable, art 2 :.....	8
3. Risques Majeurs :	8
4. Risque naturel :	8
5. Danger :	8
6. Vulnérabilité :	8
7. Enjeux :	9
8. Phénomène :	9
9. Gestion :	9
10. Gestion des risques :	9

11. Type des risqué selon la loi 04/20 :	9
11.1. Risques naturels :	9
11.2. Risques technologiques :	9
12. Type d'inondation :	10
12.1. Les inondations causées par les cours d'eau (fleuves, rivières, oueds, torrents):	10
12.1.1.1 La crue lente (inondation de plaine) :	10
12.1.1.2 La crue torrentielle (inondation torrentielle) :	10
12.1.1.3 L'inondation par rupture de barrage ou de digue :	10
12.2. Les inondations causées par les pluies (sans intervention directe d'une rivière ou d'un oued) :	11
12.2.1.1 Les inondations dues au ruissellement (inondations pluviales en milieu urbain) :	11
12.2.1.2 Les inondations des plateaux et des pentes :	11
12.2.1.3 Les inondations des dépressions (accumulations d'eau) :	11
13. Classification des risques des inondations :	11
13.1. Classification de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) :	11
13.2. Selon l'écoulement (le débit) :	12
13.3. Selon le cours d'eau (topographie de la région) :	12
13.4. Selon la cinétique (vitesse d'apparition - classification selon des chercheurs comme Dauge et Ledoux) :	12
14. La résilience :	12
15. La résilience urbaine : Le concept de résilience urbaine découle du concept de résilience Écologique	12
16. Les principaux axes de la résilience :	13
17. Niveaux de résilience :	13
17.1. Niveau 1 : Résilience Absorptive (ou Résistance)	13
17.2. Niveau 2 : Résilience Adaptive (ou Adaptation)	13
17.3. Niveau 3 : Résilience Restaurative (ou Rétablissement)	14

17.4. Niveau 4 : Résilience Transformatrice (ou Apprentissage).....	14
18. Critères de la résilience dans la ville :	15
18.1. Critères de résilience urbaine face aux inondations	15
18.2. Critères spécifiques de résilience face aux inondations	16
18.3. Exemples concrets d'application internationale.....	18
18.4. Application aux quartiers El Kiaa et AADL :	19
19. Simulation des réseaux d'assainissements :	19
Chapitre 02 :Présentation de la ville d'étude et du cas d'étude	22
1. Aperçu historique de la naissance et de l'évolution de la ville de M'sila :	22
1.1. L'époque romaine :	22
1.2. La période fatimide :.....	22
1.3. La période hammadide :	22
1.4. La période almoravide :.....	23
1.5. La période pré-ottomane (1350 - 1500 après J.C.) :	23
1.6. La période ottomane :.....	23
1.7. La période de la colonisation française (à partir de 1840) :	23
1.8. La période postindépendance :	23
1.8.1. Première phase (1962-1974) :.....	23
1.8.2. Deuxième phase (1974-1987) :.....	23
1.8.3. Fin des années 80 jusqu'au début du millénaire (redensification).....	24
1.8.4. Expansion contemporaine (depuis 2001 jusqu'à aujourd'hui)	24
1.9. Développement des infrastructures	24
2. Situation de la commune de m'sila :	26
2.1. Situation Géographique :	26
2.2. Situation Administrative :.....	27
3. Étude des données naturelles de la ville de m'sila :.....	27
3.1. Topologie de la ville :.....	27

3.1.1. Les Altitudes :.....	27
3.1.2 Les Pentcs 28	28
3.2. Aperçu géologique :.....	29
3.3. Réseau hydrographique :	29
3.4. Situation géographique et caractéristiques climatiques.....	31
3.4.1. Climat :	31
3.4.2. Températures et précipitation :	31
4. Donnée sociales , économiques et de logement.....	34
4.1. Population :.....	34
4.2. Emploi et chômage :	34
4.3. Logement et état des bâtiments :	35
5. Les infrastructures	35
5.1. Réseau routier	35
5.2. Réseau d'assainissement :	36
5.2.1. Type :	36
5.2.2. Direction :	36
6. La relation entre les zones d'extension urbaine et les risques d'inondation	37
6.1. Contraintes naturelles dans les zones d'extension programmée :	37
6.2. Analyse du risque d'inondation pour les agglomérations existantes :	37
7. Historique des inondations dans la ville de M'sila (2015-2024) :	37
8. Présentation détaillée de la zone d'étude (AADL 1600 et EL KIA) :	40
8.1. Situation :	40
9. Analyse des données naturelle de zone d'étude :	41
9.1. Topologie de zone d'étude :	41
9.1.1. Altitudes :	41
9.1.2. Pentcs :	42
9.2. Type de sol :	43

9.3.	Hydrographie et bassins versants :	44
9.3.1.	Bassin versant :	44
9.3.2.	Réseau hydrographique :	45
9.3.3.	Sous-bassin :	46
10.	Analyse spatiale et urbanistique :	47
10.1.	Surface et limite :	47
10.2.	Analyse de cadre bâti :	47
10.2.1.	Logements :	47
10.2.2.	Les équipements :	49
10.3.	Analyse de cadre non bâti :	50
10.3.1.	Les espaces publics :	50
10.3.2.	Les voiries :	51
10.3.2.1	L'accessibilité :	52
10.3.2.2	Etat des routes :	53
10.4.	Réseaux d'assainissements:	55
Chapitre 03 :	Evaluations et interprétations des résultats	57
1.	Simulation des précipitations et du ruissellement :	57
1.1.	Calcul période de retour :	57
1.1.1.	Sérier de précipitations : utilisation des pluies journalières maximales de la station de m'sila (05 10 03) (1988 -2021)	57
1.1.2.	La loi de probabilité : ajustements de la sérier pluviométrique selon la loi de Gumbel pour estimer l'intensité des pluies	59
1.1.3.	Période de retour calcules des débits pour des occurrences de ... Ans) fréquence décennale)	61
2.	Les Résultats de la Simulation :	62
2.1.	La quantité d'eau précipité :	62
2.1.1.	La quantité d'eau du Sous-Bassin de EL Kiaa :	62
2.1.2.	La quantité d'eau du Sous-Bassin de l'AADL :	62
2.2.	Transformation pluie-débit « HEC_HMS – HEC_RAS » :	63
3.	Les zones inondables :	67

4. Analyse de la vulnérabilité physique et sociale :	69
4.1. Aléa : la distance entre bâti et oued (El Kiaa)	69
4.2. Vulnérabilité (El Kiaa) :	70
4.3. Évaluation des risques :	71
4.3.1. Matrice des risques :	71
4.3.2. Résultat : Matrice de calcul du risque (Aléa × Vulnérabilité)	71
4.4. Aléa : la distance entre bâti et oued (AADL 1600 Log) :	71
4.5. Vulnérabilité (AADL 1600 Log) :	72
4.6. Évaluation des risques :	73
4.6.1. Matrice des risques :	73
4.6.2. Résultat :	74
5. Le projet « L'intervention » :	74
5.1. Solutions pour le Quartier EL KIA.....	74
5.1.1. Description du Système de Stockage Double.....	75
5.1.2. Fonctionnement du Système.....	77
5.2. Solutions pour le Quartier AADL	78
5.2.1. Description de la Réhabilitation de l'Oued	78
5.2.2. Fonctionnement du Système.....	79
6. Recommandations opérationnelles et institutionnelles	82
7. Conclusion générale :	84
8. Liste de référence :	86

الملخص:

تتناول هذه الدراسة المرونة الحضرية في مواجهة خطر الفيضانات في حيّ "الكية" و "عدل 1600 مسكن" بالمسيلة، بهدف الانتقال من التدخل العلاجي إلى التكيف المستدام مع الخطر.

اعتمدت الدراسة على HYFRAN PLUS وقانون Gumbel لحساب التساقطات لفترات عودة (5، 10، 100 سنة)، و HEC-HMS لتحويلها إلى تصريفات، و HEC-RAS لمحاكاة الفيضان، و ArcGIS لإنتاج خرائط الغمر وتحليل الهشاشة وتقييم الخطر.

أظهرت النتائج أن الكية الأكثر هشاشة (غمر يزيد عن 70% خلال فيضان 100 سنة) بسبب انخفاض منسوبه، وقوعه عند التقاء عدة أودية، تربته الطينية المحتفظة بالمياه، وضعف شبكة الصرف الصحي. بينما حمى ارتفاع منسوب العدل وتربته الكلسية غير النفوذة 95% من مساحته، رغم أن هذه التربة تزيد من كمية المياه المتجهة نحو الكية مما يفاقم خطورته.

اقترحت الدراسة حلاً متكاملاً: نظام تخزين مزدوج للكبة (حوض سطحي 275.000 م³، حوض أرضي 150.000 م³، صمام يعمل بالجاذبية، أنبوب 1.5 م)، وإعادة تأهيل الوادي مع جسر-قناة للعدل، بالإضافة إلى طرق إخلاء ومخارج طوارئ ونقاط تجمع، وسبع توصيات إدارية (منع البناء، إنذار مبكر، توعية، لجنة محلية).

تؤكد الدراسة أن نجاح المرونة الحضرية يعتمد على تكامل الحلول التقنية مع الأدوات القانونية (PDAU ، POS) وإشراك المجتمع المحلي.

Résumer :

Cette étude aborde la résilience urbaine face aux inondations dans les quartiers « El Kiaa » et « AADL 1600 logements » à M'sila, visant à passer d'une logique curative à une adaptation durable.

La méthodologie combine HYFRAN PLUS et la loi de Gumbel pour le calcul des précipitations (périodes 5, 10, 100 ans), HEC-HMS pour la transformation pluie-débit, HEC-RAS pour la simulation des crues, et ArcGIS pour la cartographie de l'aléa, de la vulnérabilité et du risque.

Les résultats montrent qu'El Kiaa est le plus vulnérable (>70% inondé lors d'une crue centennale) en raison de sa faible altitude, sa position au confluent de plusieurs oueds, son sol argileux et son réseau d'assainissement défaillant. L'altitude plus élevée d'AADL et son sol calcaire imperméable protègent 95% de sa superficie, mais cette imperméabilité accroît les eaux dirigées vers El Kiaa.

Les solutions proposées incluent : un système de stockage double pour El Kiaa (bassin de rétention 275.000 m³ + bassin souterrain 150.000 m³, vanne gravitaire, conduite Ø1,5 m), la réhabilitation de l'oued et un pont-canal pour AADL, ainsi que des voies d'évacuation, issues de secours, points de rassemblement, et sept recommandations opérationnelles.

L'étude confirme que la résilience urbaine repose sur l'intégration des solutions techniques avec les outils réglementaires (PDAU, POS) et la participation citoyenne.

Mots-clés : résilience urbaine, risque d'inondation, cours d'eau, alea, vulnérabilité, évaluation des risques, bassins.

Liste des abréviations :

Abréviation	Signification en français
AADL	Agence nationale de l'Amélioration et du Développement du Logement
BAFER	Buffer (zone tampon)
CLIS	Comité Local de Gestion des Inondations
DPAT	Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaire
EPIC	Établissement Public à caractère Industriel et Commercial
HEC-HMS	Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center - River Analysis System
HYFRAN	Logiciel d'analyse fréquentielle hydrologique
ONS	Office National des Statistiques
OPGI	Office de Promotion et de Gestion Immobilière
PDAU	Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
PJ max	Précipitation journalière maximale
POS	Plan d'Occupation des Sols
PUD	Plan d'Urbanisme Directeur
RN	Route Nationale
TPC	Trottoir (Largeur du trottoir)
URBASE	Centre d'Études et de Réalisation en Urbanisme de Sétif
ZUN	Zone d'Urbanisme Nouvelle
DCE :	Débit de Crue Extrême
Q	Débit
T	Période de retour

Liste des figures :

N°	Titre de la figure	Page
01	La Structure conceptuelle de l'aléa	(7)
02	Schéma illustrant la relation entre Aléa, Enjeux, Vulnérabilité et Risque	(7)
03	Schéma des quatre niveaux de résilience (Absorptive, Adaptive, Restaurative, Transformative)	(14)
04	Illustration des 7 caractéristiques des villes résilientes (Rockefeller)	(16)
05	Diagramme ombrothermique de Gaussen (Station de M'sila) – Période sèche et humide	(33)
06	Photos réelles de l'état des bâtiments dans la zone d'étude (Logements collectifs R+3, R+5, R+9)	(44)
07	Photos de l'état des voiries dans la zone d'étude (Routes, trottoirs, dégradations)	(54)
08	Photos de l'état des avaloirs et réseaux d'assainissement dans la zone d'étude	(55)
09	Observation sur papier de probabilités (Ajustement de Gumbel – HYFRAN PLUS)	(60)
10	Tracé de la droite sur papier Gumbel (Intervalle de confiance 95%)	(60)
11	Le sous-bassin d'étude « El Kiaa » (Extraction pour simulation HEC-HMS)	(63)
12	Hydrographe de crue du sous-bassin « El Kiaa » (Pic de crue à 30,8 m ³ /s à 12h)	(65)
13	Zone inondable dans El Kiaa (Résultat HEC-RAS – Période de retour 100 ans)	(65)
14	Profil altimétrique du tracé proposé pour le tuyau d'évacuation – Extraction Google Earth Pro.	(76)
15	Schéma du Système de Stockage Double pour le quartier EL KIA (Bassin surface + Bassin souterrain + Vanne)	(77)
16	Schéma de la Réhabilitation de l'Oued pour le quartier AADL (Pont-canal sur N60 + Bandes vertes)	(79)
17	Visualisation 3D des solutions	(81)

Liste des cartes :

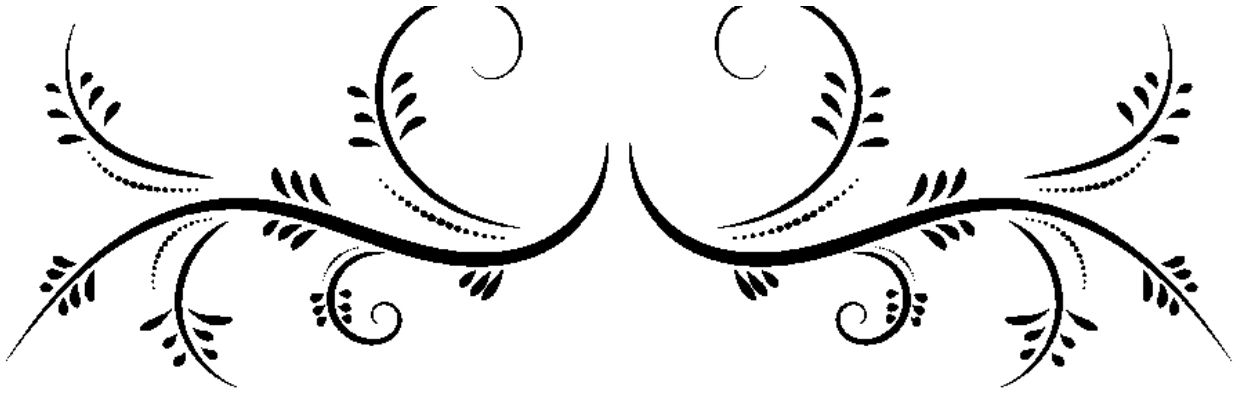
N°	Titre de la carte	Page
01	Développement de la ville de M'sila à travers les périodes historiques	(25)
02	Direction de l'expansion urbaine de la ville de M'sila (Nord et Nord-Ouest)	(26)
03	Situation administrative de la commune de M'sila (Limites et communes voisines)	(27)
04	Carte hypsométrique (altitudes) de la commune de M'sila (400 m – 830 m)	(28)
05	Carte des pentes de la commune de M'sila (Orientation Nord-Sud)	(28)
06	Carte géologique de la région de M'sila (Alluvions récentes et anciennes, calcaire)	(29)
07	Réseau hydrographique de la commune de M'sila (Oued Ksob et affluents)	(30)
08	Bassins hydrographiques de la commune de M'sila (Du Nord vers le Sud – Chott el Hodna)	(31)
09	Carte des précipitations annuelles dans la ville de M'sila (Zones 2 à 4)	(33)
10	Réseau routier de la commune de M'sila (RN40, RN45, RN60 + contournements)	(36)
11	Situation de la zone d'étude (EL KIA + AADL) par rapport à la commune de M'sila	(41)
12	Carte hypsométrique (altitudes) de la zone d'étude (AADL: 513-575 m / EL KIA: 461-513 m)	(42)
13	Carte des pentes de la zone d'étude (AADL: 3-17% / EL KIA: 0-3%)	(42)
14	Type de sol dans la ville de M'sila et la zone d'étude (Alluvial / Calcaire imperméable)	(43)
15	Bassin versant de la zone d'étude (Accumulation des débits – Flow Accumulation)	(44)
16	Réseau hydrographique de la zone d'étude (AADL en amont – EL KIA au confluent)	(45)
17	Sous-bassins dans la zone d'étude (Sous-bassin AADL / Sous-bassin EL KIA)	(46)
18	Superficie de la zone d'étude (103,8 ha – EL KIA: 83 ha / AADL: 20,8 ha)	(47)
19	Cadre bâti de la zone d'étude (Logements collectifs, R+3, R+5, R+9)	(48)
20	Équipements dans la zone d'étude (Éducatifs, religieux, sanitaires, loisirs, administratifs)	(50)
21	Cadre non bâti de la zone d'étude (Espaces publics, espaces vides, trottoirs)	(51)
22	Réseau routier dans la zone d'étude (Route principale N60 + routes secondaires)	(52)

23	État des routes dans le quartier AADL 1600 Logements (Bon état – Largeur 10m et 6m)	(53)
24	État des routes dans le quartier EL Kiaa (État moyen à mauvais – Accumulation d'eau)	(54)
25	Sous-bassins de la zone d'étude pour le calcul des quantités d'eau précipitée	(62)
26	Elévations d'eau sur la surface (WES)	(66)
27	Zones exposées à l'inondation – Période de retour 100 ans (Zoom sur la zone d'étude)	(67)
28	Bâtiments exposés au risque d'inondation (EL KIA >70% – AADL 5%)	(68)
29	Aléa (période de retour 100 ans) dans la zone d'étude « El Kiaa » (Buffer 0m, 150m, 300m)	(69)
30	Vulnérabilité face aux risques d'inondation dans la zone d'étude « El Kiaa »	(70)
31	Aléa (période de retour 100 ans) dans la zone d'étude « AADL 1600 Logements »	(71)
32	Vulnérabilité face aux risques d'inondation dans la zone d'étude « AADL 1600 Logements »	(73)
33	Solutions résilientes proposées pour la réduction des inondations (Vue d'ensemble)	(74)
34	Détail des solutions proposées sur la carte (Issues, points de rassemblement, voiries, zones inondables)	(80)

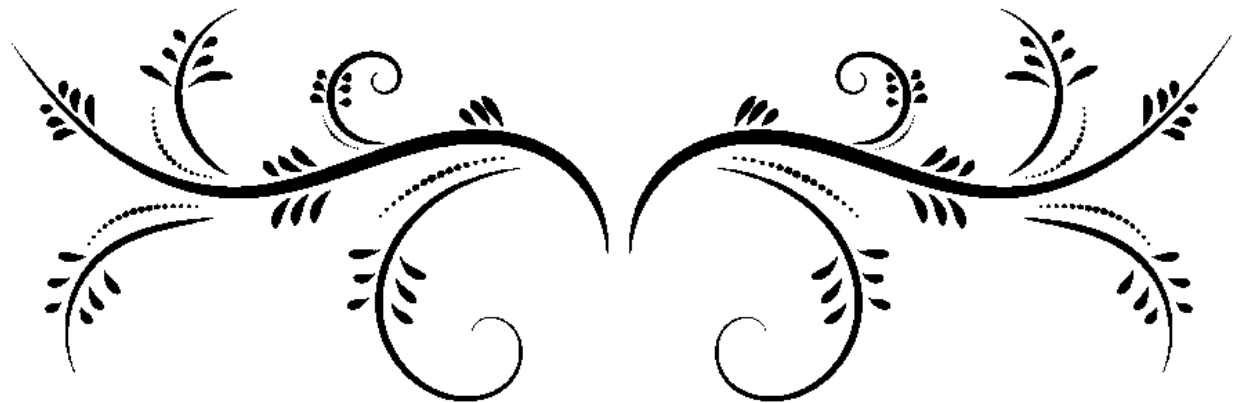
Liste des tableaux :

N°	Titre du tableau	Page
01	Les quatre dimensions de la résilience urbaine selon la Fondation Rockefeller	(15)
02	Les sept caractéristiques des villes résilientes (Rockefeller)	(15)
03	Critères de l'infrastructure verte face aux inondations	(16)
04	Critères de l'infrastructure grise (Mesures de protection physique)	(17)
05	Mesures sociales et communautaires pour la résilience	(17)
06	Mesures institutionnelles et politiques	(18)
07	Exemples concrets d'application internationale des critères de résilience	(18)
08	Évaluation préliminaire des critères de résilience pour El Kiaa et AADL	(19)
09	Synthèse du développement historique et de l'expansion urbaine de M'sila	(25)
10	Moyennes mensuelles des températures et précipitations (Station de M'sila)	(32)
11	Évolution de la population de la commune de M'sila (1987-2022)	(34)
12	Répartition de la population par tranches d'âge (Commune de M'sila)	(34)
13	Emploi et chômage dans la commune de M'sila	(35)
14	État des logements dans la commune de M'sila (PDAU, 2014)	(35)
15	Historique des inondations à M'sila (2015-2024) – Synthèse des dégâts	(37-40)
16	Série des pluies journalières maximales (PJ max) – Station de M'sila (1988-2021)	(57-58)
17	Précipitations maximales (Pj max) pour différentes périodes de retour (loi de Gumbel)	(61)
18	Résultats de la transformation pluie-débit pour le sous-bassin d'El Kiaa (HEC-HMS)	(63-64)
19	Classification de l'aléa selon la distance à l'oued (Zone El Kiaa)	(69)
20	Calcul de la vulnérabilité pour le quartier El Kiaa (population, logements, distance)	(70)
21	Matrice de calcul du risque (Aléa × Vulnérabilité)	(71)
22	Classification de l'aléa pour le quartier AADL 1600 Logements	(72)
23	Calcul de la vulnérabilité pour le quartier AADL 1600 Logements	(72)
24	Matrice de calcul du risque (Aléa × Vulnérabilité) – AADL	(73)
25	Caractéristiques topographiques du tracé du tuyau d'évacuation	(76)
26	Récapitulatif des solutions proposées sur la carte d'intervention	(80)

27	Recommandations opérationnelles et institutionnelles	(82)
----	--	------



Chapitre
Introductif



1. Introduction :

Les risques urbains naissent de la confrontation entre les phénomènes naturels et la sensibilité du milieu urbain, incluant l'homme, ses biens et l'environnement qui l'entoure. Les dégâts et impacts qui en résultent sont généralement dévastateurs, comme cela se produit dans divers pays du monde, avec des spécificités propres à chaque région et selon le type de risque encouru. Le risque d'inondation est souvent en tête de liste des risques les plus impactants pour la ville et l'urbanisme en général, et pour l'homme en particulier. Il représente près de 43 % de l'ensemble des catastrophes naturelles recensées entre 1994 et 2013 (**Centre de Recherche sur l'Épidémiologie des Désastres, 2015**).

Au cours de ces deux décennies, les inondations ont tué près de 158 000 personnes dans le monde et ont affecté plus de 2,3 milliards de personnes à des degrés divers.

Cette réalité a poussé les gouvernements à adopter des politiques de prévention des catastrophes naturelles et technologiques pour protéger les vies et les biens, en s'appropriant les nouvelles avancées dans ce domaine et en tirant profit des expériences étrangères. Cependant, les inondations d'Alger en 2001 et le séisme de Boumerdès en 2003, avec leurs lourds bilans humains et matériels, ont révélé la faiblesse du système législatif en vigueur. Par conséquent, une nouvelle loi a été adoptée concernant la prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes, accompagnée d'une révision des lois et règlements relatifs à l'urbanisme. Depuis lors, l'Algérie considère la politique d'aménagement et d'urbanisme comme l'un des piliers fondamentaux du développement urbain, notamment face aux problèmes chroniques de ce secteur, tels que la crise du logement et la prolifération des habitations informelles, qui sont les plus vulnérables en cas de catastrophe. Cela place le secteur de l'urbanisme au premier rang des secteurs concernés par la prévention, à travers la recherche continue des moyens et méthodes les plus efficaces à appliquer pour construire un cadre bâti plus résistant à ces risques.

Dans ce cadre, le concept de **résilience urbaine** a émergé comme l'une des approches contemporaines qui dépasse la logique de simple résistance aux risques pour adopter celle de l'adaptation et du "vivre avec". Elle vise à renforcer la capacité de la ville à absorber les chocs, à s'adapter aux changements, puis à retrouver son état normal, voire à l'améliorer après une catastrophe. Cette approche repose sur des niveaux interdépendants : la résilience absorptive (résistance aux chocs), la résilience adaptative (capacité de réorganisation pendant la crise), et enfin la résilience transformative (capacité d'apprentissage et de tirer des leçons pour améliorer l'avenir). Cela nécessite d'intégrer les principes de la résilience dans la planification urbaine, la

conception des infrastructures et l'organisation des quartiers résidentiels, rendant ainsi la ville plus préparée et plus apte à faire face aux risques.

La ville de M'sila compte parmi les villes algériennes qui ont été exposées aux risques majeurs, notamment les inondations, et qui continuent de l'être, avec des conséquences répétées. En 1994, la montée des eaux de l'oued Ksoub a provoqué des inondations ayant fait un mort et déplacé 810 familles. En 2007, les inondations ont submergé les zones inondables de la ville, causant 39 morts et 88 blessés, ainsi que des pertes matérielles estimées à plus de 200 milliards de centimes. Le scénario s'est répété en juin 2015, lorsque la zone d'extension urbaine de la ville a connu de nouvelles inondations, principalement en raison de la situation de ces extensions dans des zones inondables traversées par de nombreux oueds et affluents. Il est frappant de constater que ces inondations se répètent malgré l'élaboration d'études et de plans d'urbanisme tels que les Plans Directeurs d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) et les Plans d'Occupation des Sols (POS), qui sont censés prendre ce phénomène en compte. Cela soulève de nombreuses interrogations quant à la résilience du tissu urbain de la ville et sa capacité à faire face à ce risque récurrent.

Face à la répétition des inondations dans la ville de M'sila 1994, 2007, 2015....., et malgré les alertes des études d'urbanisme (PDAU, POS) signalant l'exposition de certaines zones à ce risque, on assiste à un paradoxe urbain préoccupant : comment se fait-il que des extensions urbaines récentes et des quartiers modernes (tel que le site AADL 1600 logements) soient vulnérables dès leur apparition, sans aucune mesure préventive intégrée

Dans ce contexte, la question centrale de cette recherche est la suivante :

Comment appliquer le concept de résilience urbaine pour permettre aux quartiers El Kia et AADL 1600 logements de la ville de M'sila de faire face au risque d'inondation, et passer d'une logique d'intervention immédiate (curative) à une logique d'adaptation et de coexistence durable avec ce risque, tout en évitant que les futures extensions ne reproduisent les mêmes vulnérabilités ?

2. Hypothèses :

- ✓ Interventions non réfléchies : bien que le PDAU signale que la zone est menacée par le risque d'inondation, l'extension et la construction s'y sont poursuivies sans précautions et sans prendre ce risque en considération.
- ✓ Changements climatiques et augmentation des précipitations dans la ville.
- ✓ Problèmes au niveau des réseaux techniques, notamment le réseau d'assainissement.
- ✓ L'intégration des principes de résilience dès la phase de planification des nouvelles extensions (zones d'expansion future) permettrait d'éviter la reproduction des vulnérabilités observées dans les quartiers El Kia et AADL.

3. Objectifs de l'étude :

- Améliorer la capacité d'adaptation et de résistance aux impacts des inondations dans la zone d'étude.
- Réduire les dommages causés par le risque, tant pour l'homme que pour son environnement.

4. Importance du sujet :

- Prendre en considération les risques, en particulier les inondations, car ils affectent sérieusement le milieu et menacent la vie humaine et les biens.
- Aborder l'un des nouveaux concepts en urbanisme, la résilience urbaine, et l'appliquer dans les plans pour renforcer la capacité de la ville à faire face aux inondations et à s'en remettre.
- Identifier des solutions techniques applicables et concrétisables pour faire face au risque.
- Renforcer la planification et la réponse au niveau local pour atténuer les effets néfastes des inondations.

5. Motif de choix du sujet et de zone d'étude :

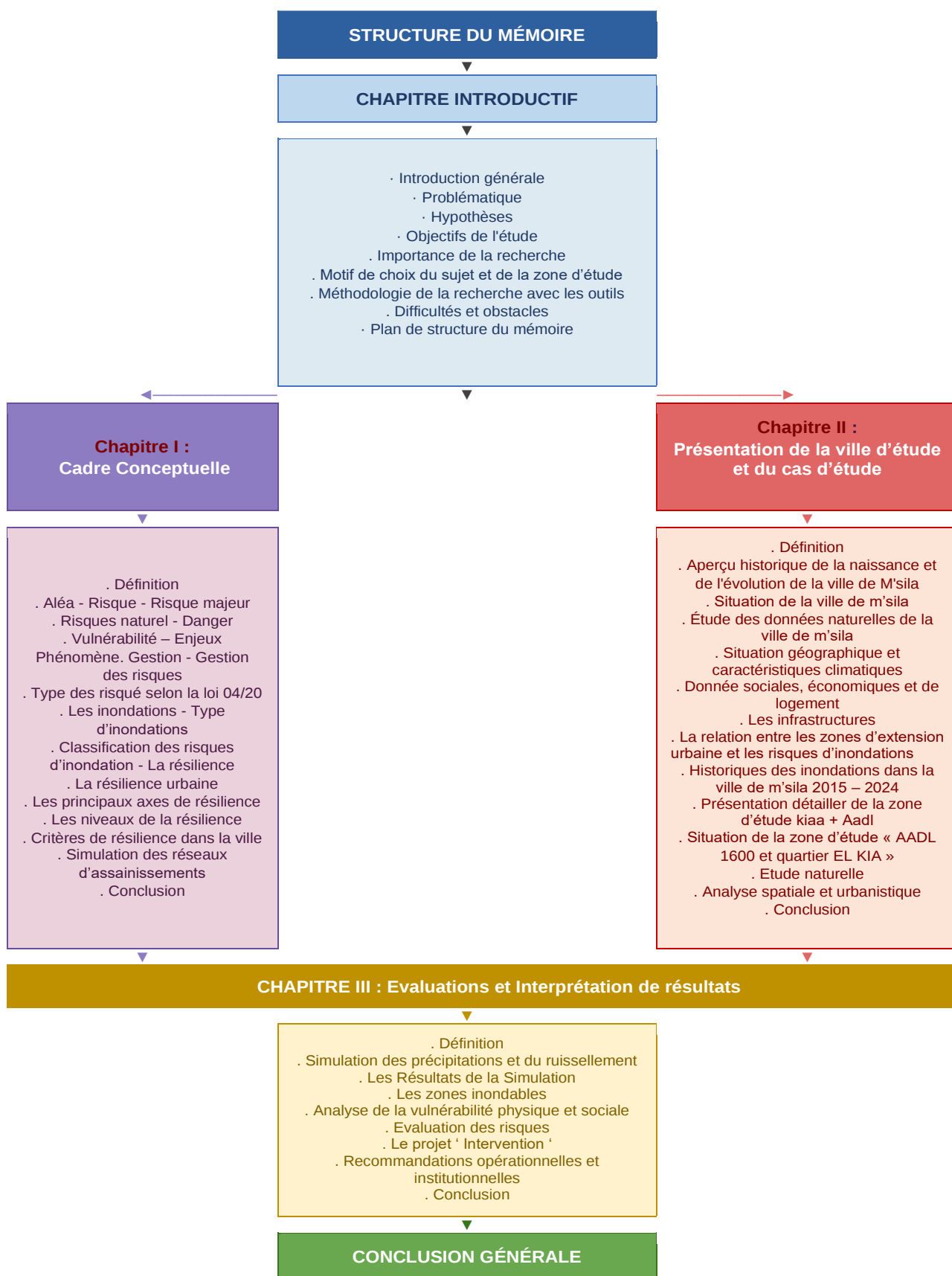
- L'aggravation des dommages dans la zone d'étude, en particulier parce qu'il s'agit d'une zone d'extension urbaine.

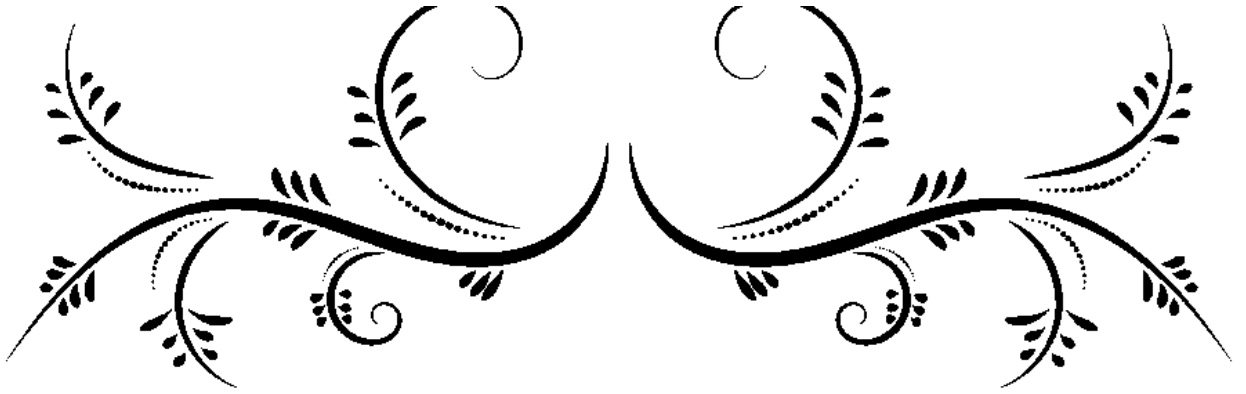
6. Méthodologie de recherche avec les outils :

- L'approche descriptive et analytique a été adoptée pour la méthodologie de recherche, car elle permet d'étudier le phénomène de manière intégrée, de le décrire avec précision, d'identifier les causes du problème et de parvenir à des solutions.
- Arc Gis ; Google Earth Pro ; Auto Cad ; HYFRAN ; HEC-HMS ; HEC-RAS

7. Difficultés et obstacles :

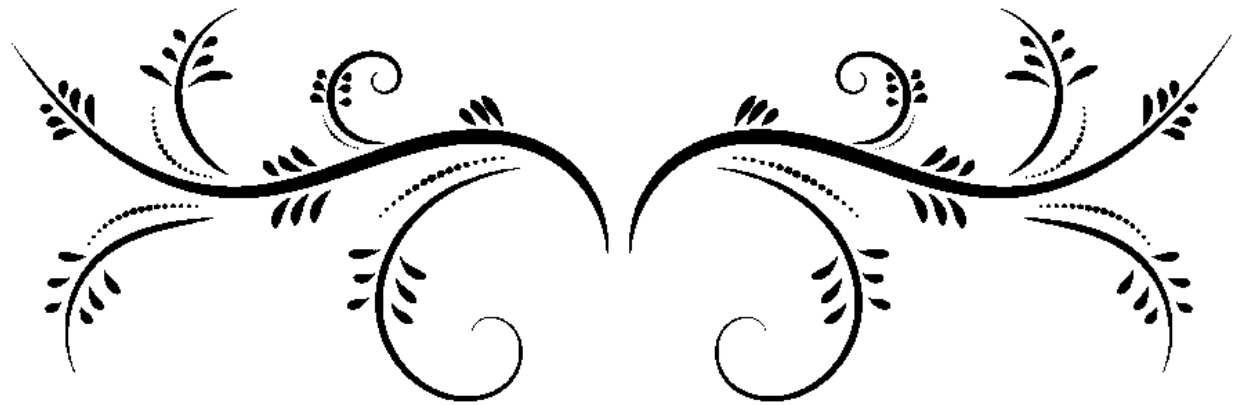
- Indisponibilité des données, en particulier les données climatiques, et bureaucratie de certaines administrations.
- Difficulté d'accès à certaines références nécessitant une autorisation.





I. Chapitre 01 :

Cadre conceptuelle



Chapitre 01 : Cadre conceptuelle

Définition :

Les zones urbaines ne sont plus à l'abri des risques liés aux diverses catastrophes naturelles, notamment les inondations, qui constituent désormais une menace croissante pour les villes en raison de l'aggravation du phénomène du changement climatique et de l'accélération du rythme de l'expansion urbaine. Avec l'augmentation de la densité démographique et la concentration des activités humaines dans les grandes agglomérations, les risques naturels se sont multipliés et ont imposé une nouvelle réalité qui exige de cohabiter avec eux et de les étudier en profondeur, en particulier dans les domaines de la prévention et de l'adaptation, ce qui a suscité un intérêt croissant de la part des organisations internationales et locales ainsi que des gouvernements. Cet intérêt croissant pour ces phénomènes a donné naissance à un domaine de connaissances à part entière, étroitement lié à d'autres disciplines scientifiques, ce qui a conduit à la création de termes et de concepts spécifiques, au premier rang desquels figure le terme « résilience urbaine », qui est devenu un pilier fondamental des politiques d'urbanisme et de gestion des villes pour faire face aux risques naturels.

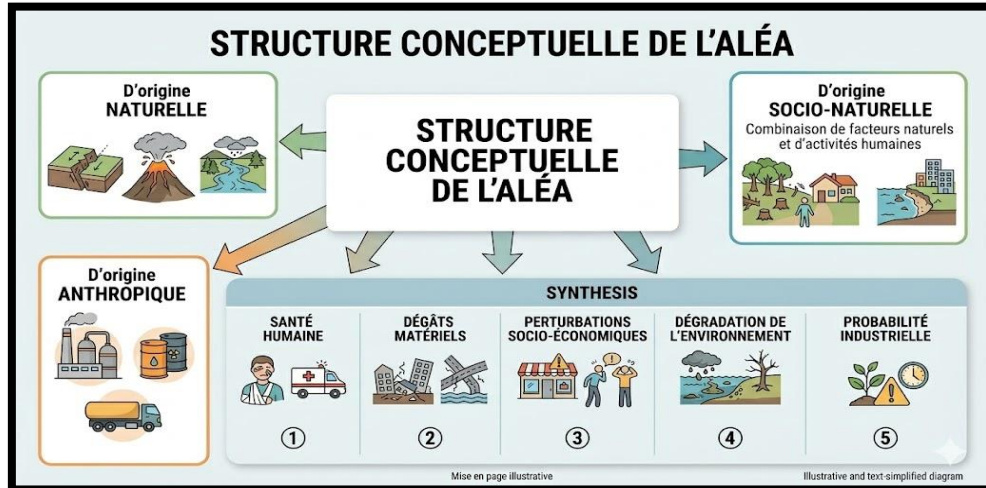
Avant d'aborder le thème de la résilience urbaine face aux inondations, il est nécessaire de s'accorder sur certains termes et concepts fondamentaux, ce que nous avons tenté de faire dans ce chapitre, dans lequel nous avons présenté ce qui, selon nous, sert notre domaine d'étude et en enrichit particulièrement le contenu.

1. Aléa :

L'aléa correspond à un “ processus, phénomène ou activité humaine pouvant faire des morts ou des blessés ou avoir d'autres effets sur la santé, ainsi qu'entraîner des dégâts matériels, des perturbations socio-économiques ou une dégradation de l'environnement ”.

Il est précisé que “ les aléas peuvent être d'origine naturelle, anthropique ou socio naturelle ”. (AMICHE, s.d., cours n° 04, p4.)

- Correspond à la probabilité de manifestation d'un phénomène accidentel se produisant sur un site industrie . (Dokma Abdellali, cours, IGTU M'sila, s.d.)

Fig N01 : Structure conceptuelle de l'aléa

2. Risque :

2.1. Concept scientifique :

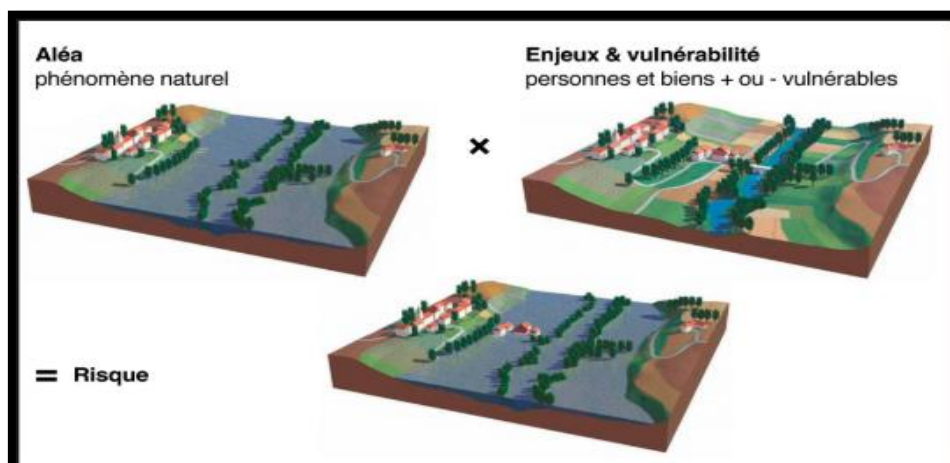
La « combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences ». Le risque est donc la possibilité d'apparition d'un dommage produit d'une exposition aux effets d'un phénomène dangereux.

2.2. Concept technique :

Risque = Danger ou (aléa) x Enjeux (Ce que l'on peut gagner ou perdre)

Risque = Danger ou (aléa) x Vulnérabilité (faible résistance de ce qui est exposé au risque)

Risque = danger ou Aléa X Enjeux (Vulnérabilité ou fragilité)

Fig N02 : Schéma illustrant la relation entre Aléa, Enjeux, Vulnérabilité et Risque

Source : d'après le site du Ministère de la Transition Écologique (www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr), consulté en avril 2026

2.3. Selon la Loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable, art 2 :

“ le risque majeur toute menace probable pour l’homme est son environnement pouvant survenir du fait d’aléas naturels exceptionnels et \ ou du fait d’activité humains ” (AMICHE, s.d., cours n° 02, pp. 7-8)

3. Risques Majeurs :

Se définissent comme la « possibilité d'un événement d'origine naturelle ou anthropique, dont les effets peuvent mettre en jeu un grand nombre de personnes, occasionner des dommages importants et dépasser les capacités de réaction de la société. [...] Un risque majeur est caractérisé par sa faible fréquence et par son énorme gravité » (AMICHE, s.d., cours n° 02, pp. 9-10)

4. Risque naturel :

Le risque se définit comme la conjonction d'un phénomène (un événement naturel périlleux) et d'un espace géographique où résident des individus et leurs possessions (les enjeux peuvent revêtir une dimension économique ou environnementale). Risque équivaut à phénomène multiplié par enjeux.

5. Danger :

La réglementation algérienne : le décret exécutif n° 06-198 du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement, définit le danger comme suit : “ une propriété intrinsèque d’une substance, d’un agent, d’une source d’énergie ou d’une situation qui peut provoquer des dommages pour les personnes, les biens et l’environnement ”. (AMICHE, s.d., cours n° 03, p. 11)

6. Vulnérabilité :

Vulnérabilité exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l’aléa sur les enjeux. Différentes actions peuvent réduire cette vulnérabilité en diminuant l'intensité de certains aléas ou en limitant les dommages sur les enjeux. (Dokma Abdellali, cours, IGTU M'sila, s.d.)

7. Enjeux :

Est l'ensemble des personnes et des biens (infrastructure) susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel ou technologique. (Dokma Abdellali, cours, IGTU M'sila, s.d.)

8. Phénomène :

Un phénomène désigne une manifestation observable et localisée d'un agent naturel ou technologique (ex : séisme, inondation, explosion). Il devient un "aléa" lorsqu'il présente une menace potentielle pour les personnes, les biens ou l'environnement. (DAUPHINÉ, 2001)

9. Gestion :

La gestion est l'ensemble des actions coordonnées visant à organiser, diriger et contrôler les ressources humaines, matérielles et financières dans le but d'atteindre un objectif prédéfini, en l'occurrence la sécurité et le développement. (FAYOL, 1999)

10. Gestion des risques :

La gestion des risques est un processus global qui comprend l'identification, l'analyse, l'évaluation et le traitement des risques. Elle vise à réduire la vulnérabilité des enjeux (populations, infrastructures) et à limiter les dommages potentiels face aux aléas, en intégrant des mesures de prévention, de préparation, de réponse et de réhabilitation. (UNDRR, 2017)

11. Type des risques selon la loi 04/20 :

La loi classe les risques en deux grandes catégories :

11.1. Risques naturels :

- **Séismes** : dus à l'activité tectonique.
- **Inondations** : résultant de pluies torrentielles ou de crues des cours d'eau.
- **Incendies de forêt** : en particulier dans les zones boisées.

11.2. Risques technologiques :

Il s'agit d'accidents résultant de l'activité humaine et industrielle.

- **Risques industriels** : explosions, fuites de produits chimiques (comme dans les usines de Skikda et d'Arzew).

- **Risques énergétiques** : accidents dans les centrales pétrolières. (JO n° 84, 2004)
- **Les inondations** : L'inondation est la submersion d'une zone qui est normalement hors de l'eau, que ce soit rapidement ou lentement.

12. Type d'inondation :

12.1. Les inondations causées par les cours d'eau (fleuves, rivières, oueds, torrents):

Dans ce type, la source principale de l'eau est un chenal aquatique (fleuve, rivière, oued, torrent). L'inondation se produit lorsque ce chenal n'arrive plus à contenir le volume d'eau qui lui parvient depuis les sources ou les affluents.

12.1.1. La crue lente (inondation de plaine) :

- **Mécanisme** : Le niveau de la rivière monte progressivement en raison de la fonte des neiges ou de précipitations de longue durée sur une vaste zone du bassin versant. L'eau déborde lentement du lit mineur pour envahir les plaines adjacentes (le lit majeur).
- **Caractéristiques** : Lente, dure des jours ou des semaines, surfaces inondées très étendues, relativement prévisible. (Maricopa Open Digital Press, 2026)

12.1.2. La crue torrentielle (inondation torrentielle) :

- **Mécanisme** : Se produit dans les oueds et les pentes montagneuses à la suite de pluies très intenses sur une courte période. L'oued sec se transforme en un torrent dévastateur avec une vitesse terrifiante.
- **Caractéristiques** : Rapide, violente, de courte durée, puissance destructrice énorme (charrie rochers et arbres), difficile à prévoir. (DoDEA, 2026)

12.1.3. L'inondation par rupture de barrage ou de digue :

- **Mécanisme** : Rupture soudaine d'un barrage ou d'une barrière naturelle (comme une accumulation de sédiments) ou artificielle sur le cours d'eau, libérant brutalement une quantité énorme d'eau retenue.
- **Caractéristiques** : Similaire à la crue torrentielle mais encore plus puissante, vague dévastatrice qui détruit tout sur son passage. (JBA Risk Management, 2026)

12.2. Les inondations causées par les pluies (sans intervention directe d'une rivière ou d'un oued) :

Dans ce type, la source principale est constituée par les gouttes de pluie elles-mêmes qui tombent sur le sol. L'inondation se produit avant que l'eau n'atteigne un cours d'eau organisé, ou lorsque le sol est incapable de l'absorber.

12.2.1. Les inondations dues au ruissellement (inondations pluviales en milieu urbain) :

- **Mécanisme** : Lorsque des pluies intenses dépassent la capacité d'absorption du sol. L'eau ne s'infiltre pas dans la terre, mais ruisselle en surface (rues, trottoirs) et s'accumule dans les zones dépressionnaires (tunnels, routes sous les ponts).
- **Caractéristiques** : Se produit souvent en ville à cause des surfaces asphaltées imperméables, très rapide, provoque la submersion des rues et des biens sans qu'une rivière ne soit proche. (Blacktown City Council, 2026)

12.2.2. Les inondations des plateaux et des pentes :

- **Mécanisme** : Similaire au ruissellement mais dans des zones rurales avec un sol dur, saturé d'eau ou en pente. L'eau dévale fortement, formant de petits torrents locaux.
- **Caractéristiques** : Peut se produire dans les déserts ou les zones montagneuses, même s'il n'y a pas d'oued principal à proximité. (Zurich Insurance Group, 2026)

12.2.3. Les inondations des dépressions (accumulations d'eau) :

- **Mécanisme** : Dans les zones sans exutoire pour évacuer l'eau (dépressions fermées), l'eau de pluie s'accumule et forme des lacs temporaires.
- **Caractéristiques** : Eau stagnante, disparaît par évaporation ou avec le temps, souvent dans les terres agricoles ou les zones humides (sebkhas). (Cambridge University Press, 2026)

13. Classification des risques des inondations :

13.1. Classification de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) :

- Inondations éclair (Flash flood).
- Inondations côtières.
- Inondations fluviales (de cours d'eau).

13.2. Selon l'écoulement (le débit) :

- **Inondations par débordement de cours d'eau (crues) :** Appellées inondations "rapides" ou "semi-rapides", caractérisées par une montée rapide du niveau d'eau et des vitesses d'écoulement élevées.
- **Inondations par submersion :** Comme la submersion marine dans les zones côtières.

13.3. Selon le cours d'eau (topographie de la région) :

- **Inondations de plaine :** Caractérisées par une cinétique lente, submergeant de vastes zones pendant de longues périodes (plusieurs jours).
- **Crues torrentielles :** Inondations rapides avec des vitesses d'écoulement importantes (pente du terrain supérieure à 6%), provoquant l'érosion des berges et le transport de matériaux en grandes quantités.

13.4. Selon la cinétique (vitesse d'apparition - classification selon des chercheurs comme Dauge et Ledoux) :

- **Inondations à cinétique lente :** (Belles montées des eaux progressives).
- **Inondations à cinétique rapide :** (Apparition soudaine). (AMICHE, s.d., cours n° 04, pp. 11-34)

14. La résilience :

La capacité d'un système à absorber un changement perturbant et à se réorganiser en intégrant ce changement, tout en conservant essentiellement la même fonction, la même structure, la même identité et les mêmes capacités de réaction (Dokma Abdellali, cours, IGTU M'sila, s.d.)

15. La résilience urbaine : Le concept de résilience urbaine découle du concept de résilience Écologique

- **Holling :** « La résilience désigne la quantité des désordres Qu'un écosystème peut absorber tout en conservant ses fonctions » Dans sa théorie, les systèmes complexes sont soumis aux changements De leurs milieux, hautement imprévisibles, et s'auto--organisent Selon des réactions situées à plusieurs échelles d'espace et de temps.

- **Banque mondiale** : une ville capable de s'adapter ; prête à arroser les impacts climatiques existants et futurs et, par conséquent, à limiter leur Ampleur et gravité.
- **Agence européenne pour l'environnement** : une ville résiliente est un écosystème urbain dynamique qui consomme, se transforme et libère ses substances et de l'énergie d'une manière adaptative et en interagissant avec d'autres écosystèmes, entreprend des actions d'abaissement et d'adaptation et prend en compte la qualité de la vie grâce à un urbanisme mieux conçu et plus vert. (Dokma Abdellali, cours, IGTU M'sila, s.d.)

16. Les principaux axes de la résilience :

- Une stratégie visant à limiter le degré de perturbation du système par une meilleure capacité de résistance et d'absorption.
- Une stratégie plus organisationnelle visant à accélérer le retour à la normale par une gestion optimisée des moyens et des ressources, et une bonne accessibilité
- La capacité du système à fonctionner en mode dégradé. (Dokma Abdellali, cours, IGTU M'sila, s.d.)

17. Niveaux de résilience :

On distingue généralement trois à quatre niveaux principaux :

17.1. Niveau 1 : Résilience Absorptive (ou Résistance)

C'est le niveau le plus basique. Il correspond à la capacité de **résister** au choc sans s'effondrer immédiatement.

- **Objectif** : Maintenir les fonctions essentielles pendant la crise.
- **Exemple** : Un bâtiment parasismique qui tremble mais ne s'écroule pas ; des digues qui retiennent l'eau pendant une inondation.
- **Indicateur** : Degré de dommages évités.

17.2. Niveau 2 : Résilience Adaptive (ou Adaptation)

C'est la capacité de **s'ajuster** aux nouvelles conditions après le choc, en utilisant les ressources disponibles.

- **Objectif** : Faire face avec les moyens du bord et prendre des décisions en situation d'incertitude.

- **Exemple** : Une population qui se réfugie dans des abris provisoires et organise l'entraide spontanée ; un hôpital qui réorganise ses services pour accueillir les blessés.
- **Indicateur** : Rapidité de la réponse et qualité de l'organisation spontanée.

17.3. Niveau 3 : Résilience Restaurative (ou Rétablissement)

C'est la capacité de **revenir** à un état normal ou à un fonctionnement proche de la situation d'avant-crise.

- **Objectif** : Réparer, reconstruire et rétablir les services (électricité, routes, écoles).
- **Exemple** : Reconstruction des maisons endommagées ; rétablissement du réseau électrique en une semaine.
- **Indicateur** : Temps de retour à la normale (délai de récupération).

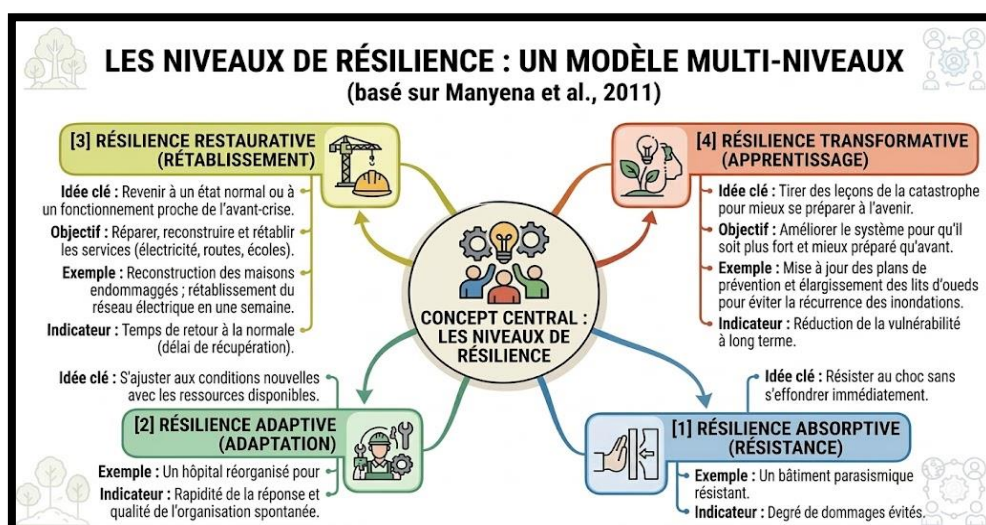
17.4. Niveau 4 : Résilience Transformatrice (ou Apprentissage)

C'est le niveau le plus élevé. Il correspond à la capacité de **tirer des leçons** de la catastrophe pour mieux se préparer à l'avenir.

- **Objectif** : Améliorer le système pour qu'il soit plus fort et mieux préparé qu'avant.
- **Exemple** : Après une inondation, on reconstruit les maisons sur pilotis ; après un séisme, on renforce les normes de construction.
- **Indicateur** : Réduction de la vulnérabilité à long terme.

(MANYENA et al., 2011, pp. 417-424)

Fig N03 : Schéma des quatre niveaux de résilience (Absorptive, Adaptive, Restaurative, Transformatrice)



18. Critères de la résilience dans la ville :

18.1. Critères de résilience urbaine face aux inondations

La Fondation Rockefeller, à travers son programme "100 villes résilientes" (100 Resilient Cities), un cadre intégré pour mesurer la résilience urbaine a été développé. Ce cadre se compose de 4 dimensions principales et de 7 caractéristiques des villes résilientes.

Tableau N01 : Les quatre dimensions de la résilience urbaine selon la Fondation Rockefeller

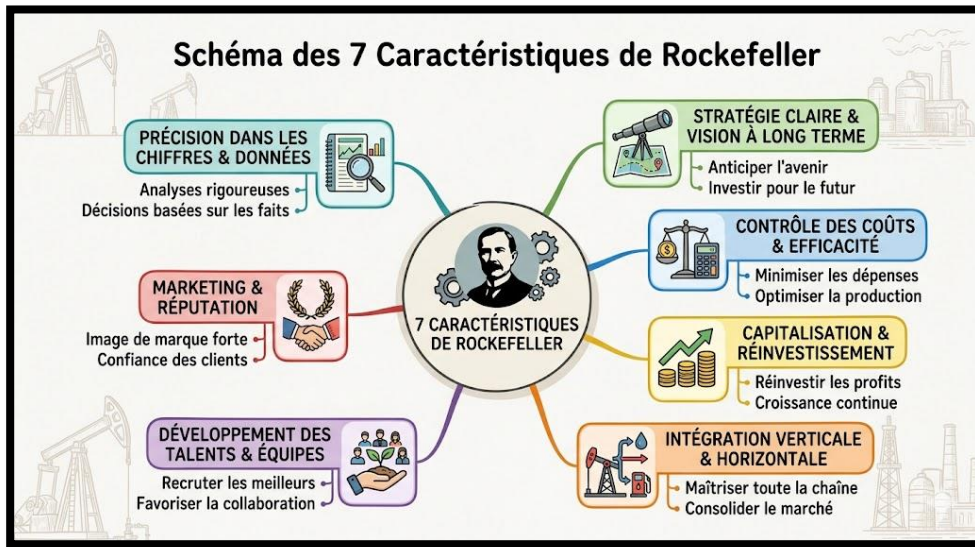
Dimension	Signification	Application dans l'étude des inondations
Santé et bien-être	Santé et bien-être de tous les habitants	Protection des populations contre les maladies hydriques après l'inondation
Économie et société	Systèmes sociaux et financiers	Capacité des habitants à réparer leurs logements et à se rétablir économiquement
Infrastructures et environnement	Infrastructures naturelles et humaines	Réseaux d'assainissement, espaces verts, bâtiments résistants
Leadership et stratégie	Efficacité de la gouvernance et de la planification	Existence de plans d'urgence, réponse rapide des autorités

Tableau N02 : Les sept caractéristiques des villes résilientes (Rockefeller) :

Caractéristique	Signification	Exemple d'application dans l'étude
Réflexive (Reflective)	Apprendre du passé pour ajuster les comportements futurs	Les quartiers ont-ils tiré des leçons des inondations passées ?
Ingenieuse (Resourceful)	Trouver des moyens alternatifs d'utiliser les ressources en cas de crise	Les habitants disposent-ils de moyens alternatifs (pompes, barrières temporaires) ?
Robuste (Robust)	Capacité des systèmes à résister aux chocs sans s'effondrer	Les bâtiments sont-ils capables de résister aux eaux de crue ?
Redondante (Redundant)	Existence d'alternatives et de réserves en cas de défaillance	Existe-t-il des routes ou des systèmes de drainage alternatifs ?

Flexible (Flexible)	Capacité du système à changer et à s'adapter aux conditions	Certains espaces peuvent-ils être transformés en bassins de rétention temporaires ?
Inclusive (Inclusive)	Participation de toutes les catégories de la société	Les habitants ont-ils été consultés dans les plans de prévention ?
Intégrée (Integrated)	Coordination entre les différents secteurs et services	La municipalité coordonne-t-elle ses actions avec l'hydraulique et la protection civile ?

Fig N 04: Illustration des 7 caractéristiques des villes résilientes (Rockefeller)



18.2. Critères spécifiques de résilience face aux inondations

À partir de la recherche, plusieurs critères spécialisés peuvent être extraits dans les tableaux suivant :

- L'infrastructure verte utilise la nature elle-même pour faire face aux inondations. Il faut imaginer que la ville fonctionne comme une éponge : elle absorbe l'eau au lieu de la laisser submerger les rues (United Nations Environnement Programme [UNEP], 2014, p. 15).

Tableau N03 : Critères de l'infrastructure verte face aux inondations

Critère	Description
Revêtements perméables	Surfaces permettant à l'eau de s'infiltrer dans le sol plutôt que de s'accumuler (EPA, 2023, p. 5)
Jardins de pluie	Espaces verts en dépression servant de bassins de rétention temporaires (EPA, 2021, p. 8)

Toits verts	Toits végétalisés absorbant l'eau de pluie et réduisant le ruissellement
Système de fosses arborées	Arbres intégrés à un système d'évacuation des eaux (Berland et al., 2017, p. 172)

Tableau N04 : Critères de Infrastructure grise (Mesures de protection physique)

Critère	Description
Réseau d'assainissement séparatif	Séparation des eaux pluviales des eaux usées
Capacité d'absorption suffisante	Capacité du réseau à absorber de fortes quantités de pluie
Avaloirs en nombre suffisant	Répartition adéquate des grilles d'évacuation dans les rues
Entretien périodique	Programmes réguliers de nettoyage et de maintenance du réseau (City of Gold Coast, 2022, p. 7)
Digues et barrières	Construction d'ouvrages empêchant l'accès de l'eau (FEMA, 2020, p. 12)

Tableau N05 : Mesures sociales et communautaires pour la résilience

Critère	Description
Conscience communautaire	Connaissance par les habitants des risques d'inondation et des comportements à adopter (UNDRR, 2025, p. 23)
Plans d'urgence locaux	Existence de plans d'évacuation et d'intervention à l'échelle du quartier
Capacité financière de rétablissement	Existence d'épargne ou d'assurance pour compenser les pertes
Réseaux de soutien social	Solidarité et entraide entre voisins pendant la catastrophe
Participation communautaire	Implication des habitants dans la conception des stratégies de prévention

Tableau N06 : Mesures institutionnelles et politiques

Critère	Description
Système d'alerte précoce	Avertissement des populations avant la survenue de l'inondation (UN-Water, 2025, p. 4)
Coordination intersectorielle	Coopération entre la municipalité, l'hydraulique et la protection civile
Planification préventive	Intégration des risques d'inondation dans les documents d'urbanisme (PDAU, POS)
Investissement dans la résilience	Allocation budgétaire pour améliorer les infrastructures résistantes

18.3. Exemples concrets d'application internationale

Tableau N07 : Exemples concrets d'application internationale des critères de résilience

Critère	Ville appliquée	Comment appliqué ?	Application à El Kiaa et AADL
Jardins de pluie	New York	Bassins végétaux absorbant l'eau de pluie	Transformation des terrains vagues en bassins de rétention temporaires
Revêtements perméables	New York	Trottoirs permettant l'infiltration au sol	Utilisation dans les parkings et les trottoirs latéraux
Fosses arborées écologiques	Londres, Tokyo	Arbres avec systèmes de stockage souterrains	Plantation de nouveaux arbres avec système de stockage
Digues et barrières	Philadelphie	Construction de barrières pour contenir l'eau	Création d'un remblai en terre sur les berges de l'Oued Ksob
Amélioration du réseau d'évacuation	Philadelphie	Élargissement des canaux et augmentation des avaloirs	Augmentation du nombre d'avaloirs + nettoyage périodique
Participation communautaire	Philadelphie	Commission d'habitants participant à la planification	Formation d'un comité de quartier pour consulter la municipalité
Sensibilisation communautaire	Derna (leçon tirée)	Formation des habitants aux	Campagnes de sensibilisation et

		comportements à adopter	exercices d'évacuation annuels
--	--	-------------------------	--------------------------------

18.4. Application aux quartiers El Kiaa et AADL :

À partir des critères définis ci-dessus, une évaluation préliminaire des deux quartiers peut être esquissée :

Tableau N08 : Évaluation préliminaire des critères de résilience pour El Kiaa et AADL

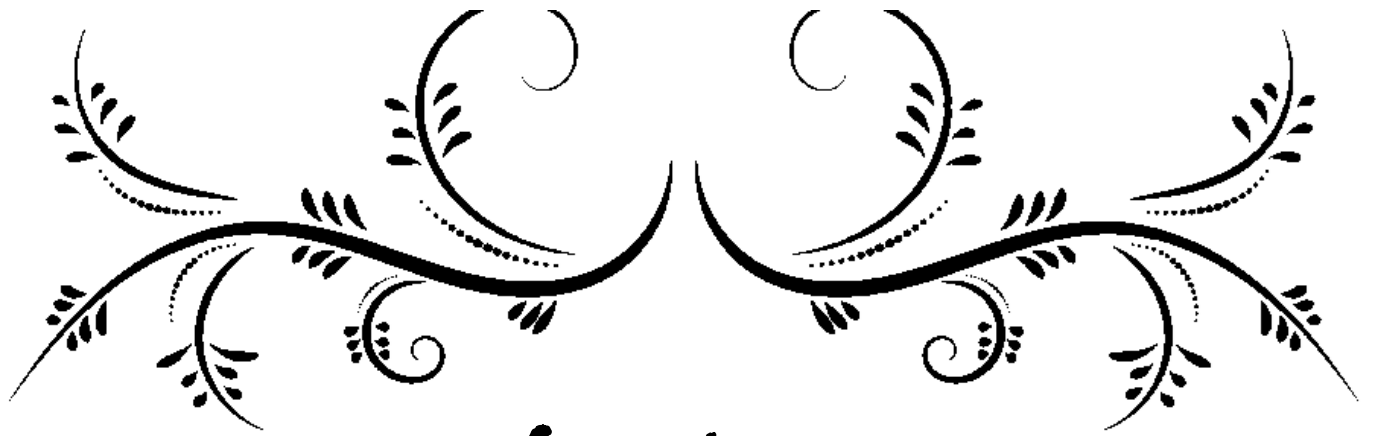
Critère	Quartier El Kiaa	Quartier AADL	Observations
Type de réseau d'assainissement	Unitaire (Unitaire)	Unitaire (Unitaire)	Selon le rapport (URBASE, 2014, p. 16)
Âge du réseau	Ancien	Relativement récent	Selon l'âge du quartier
Avaloirs suffisants	Insuffisants	Insuffisants	Selon le rapport (URBASE, 2014, p. 16)
Existence d'espaces verts	Insuffisants	Insuffisants	Par visite de site
Capacité de rétablissement (emploi)	80.39%	80.39%	Selon les données de l'emploi
Catégories sensibles	39.3%	39.3%	Enfants + personnes âgées

19.Simulation des réseaux d'assainissements :

La simulation est une représentation imitative du fonctionnement d'un processus ou d'un système réel, dont le terme vient du latin *simulare* signifiant « imiter ». Son objectif principal est d'étudier un phénomène sans intervention directe sur la réalité, notamment lorsque celle-ci est inaccessible (phase de conception) ou que l'expérimentation s'avère trop coûteuse, dangereuse ou complexe. (ANSYS, s.d.)

Conclusion :

Ce chapitre a posé les bases théoriques de la résilience urbaine face aux inondations, en définissant les concepts clés (aléa, vulnérabilité, risque, enjeux) et en présentant les quatre niveaux de résilience (absorption, adaptation, restauration, transformation). Il a également introduit les principaux cadres d'évaluation, notamment l'approche Rockefeller (4 dimensions, 7 caractéristiques) et les critères spécifiques (infrastructure verte et grise, mesures sociales et institutionnelles). Ces éléments théoriques serviront de grille d'analyse pour l'étude appliquée des quartiers El Kiaa et AADL, afin d'évaluer leur résilience actuelle et de proposer des solutions d'amélioration.



II. Chapitre 02 :
Présentation de la ville
d'étude et du cas d'étude



Chapitre 02 : Présentation de la ville d'étude et du cas d'étude

Définition :

Ce chapitre a pour objectif d'analyser la zone d'étude (quartier de Al-Kaya, soit environ 1 600 logements) sous l'angle des risques d'inondation et de la résilience urbaine. Un aperçu historique de la ville de M'Sila sera présenté, suivi d'une étude des données naturelles (relief, pentes, sols, hydrographie, climat). Ensuite, les données démographiques et économiques ainsi que les réseaux routiers et d'assainissement seront analysés. L'historique des inondations documentées entre 2015 et 2024 sera également présenté. Enfin, une analyse détaillée de la zone d'étude (103,8 hectares) sera présentée, couvrant le relief, le tissu urbain et les espaces libres. Cette analyse prépare la simulation hydraulique et la proposition de solutions de résilience dans les chapitres suivants.

La ville de M'sila a traversé plusieurs périodes historiques, chacune ayant laissé son empreinte sur son développement urbain :

1. Aperçu historique de la naissance et de l'évolution de la ville de M'sila :

1.1. L'époque romaine :

Elle est marquée par la création du premier noyau urbain près de la région de "Bechilga" sous le nom de "Zabi Justiniane" (la ville de l'embouchure des eaux). Elle avait un caractère agricole grâce à la fertilité de ses terres, mais elle fut détruite en 740 H.

1.2. La période fatimide :

Les Fatimides reconstruisirent la ville en 935 après J.C., à 3 km du site archéologique romain.

1.3. La période hammadide :

Lorsque Jaafar Ibn Hamad prit son autonomie en 1015 après J.C., il établit le premier noyau de la ville actuelle, le quartier "El Jaafra" . Ce quartier s'étendit sur la rive est de l'Oued K'sob, et d'autres quartiers apparurent. Le tissu urbain de cette période se caractérisait par sa simplicité et le respect de la propriété foncière.

1.4. La période almoravide :

M'sila connut une grande expansion architecturale et devint un centre scientifique et commercial important jusqu'à sa destruction par les Hilaliens en 1350 après J.C.

1.5. La période pré-ottomane (1350 - 1500 après J.C.) :

Elle fut marquée par l'arrivée de Sidi Mohamed Ben Abdellah El Maghribi qui s'installa dans la ville et entreprit sa reconstruction ; elle fut alors nommée "Ville de Sidi Boujmeleine" .

1.6. La période ottomane :

Les Ottomans entrèrent dans la ville en 1500 après J.C. C'est à cette époque que fut érigé le quartier "El Karagla", prolongeant les anciens quartiers.

1.7. La période de la colonisation française (à partir de 1840) :

Elle fut caractérisée par l'apparition de nouvelles structures de type européen telles que la caserne militaire, l'église, la poste et le tribunal. De nouveaux quartiers furent également créés (Edh Dhahra, El Arqoub, El Kouch) et les premiers modèles d'habitat collectif firent leur apparition. Cela fut suivi par la construction du barrage de l'Oued K'sob et du périmètre irrigué.

1.8. La période postindépendance :**1.8.1. Première phase (1962-1974) :**

Des quartiers résidentiels (300 et 500 logements) furent construits pour reloger les sinistrés du tremblement de terre de 1965, tandis que des quartiers informels apparaissaient à l'est.

1.8.2. Deuxième phase (1974-1987) :

Elle fut marquée par la promotion de M'sila au rang de 'chef-lieu de wilaya', ce qui lui permit de bénéficier de nouvelles structures administratives et industrielles (zone industrielle, nouvelles zones d'habitat urbain). Le premier plan directeur d'urbanisme (P.U.D) fut élaboré en 1977, suivi du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) en 1992. (URBASE, 2014, p. 5)

1.8.3. Fin des années 80 jusqu'au début du millénaire (redensification)

À la fin des années 80 et au début des années 90, la ville de M'Sila a connu une redensification du tissu urbain existant, en particulier dans le quartier administratif où sont apparues des infrastructures importantes telles que le conseil judiciaire et la banque de développement rural. La ville s'est également étendue vers l'ouest à travers les deux nouvelles zones urbaines (ZUN I, ZUN II). L'université Mohamed Boudiaf a constitué un nouveau pôle d'attraction qui a dynamisé la partie ouest, tandis que la zone industrielle et la zone d'activités ont vu le jour sur la route de Bou Saada. (URBASE, 2014, p. 11)

1.8.4. Expansion contemporaine (depuis 2001 jusqu'à aujourd'hui)

La ville a connu une expansion spatiale importante vers le nord et le nord-ouest, conformément aux directives du PDAU 1996. De vastes espaces ont été consommés par :

- **de grands lotissements résidentiels** : lotissement 924 (1074 parcelles), lotissements de l'unité, lotissement 1200 parcelles.
- **des logements collectifs** : programmes OPGI tels que le quartier du 5 juillet, 150 et 140 logements.
- **Les équipements** : le nouveau pôle universitaire au nord (Luna) et le complexe sportif.

En revanche, l'urbanisation anarchique s'est poursuivie au sud (La Rocade) et à l'est (Kergala et Ramada) au détriment des terres agricoles protégées. (URBASE, 2014, pp. 10-11)

1.9. Développement des infrastructures

L'expansion urbaine s'est accompagnée d'un développement des réseaux d'infrastructures, avec la création :

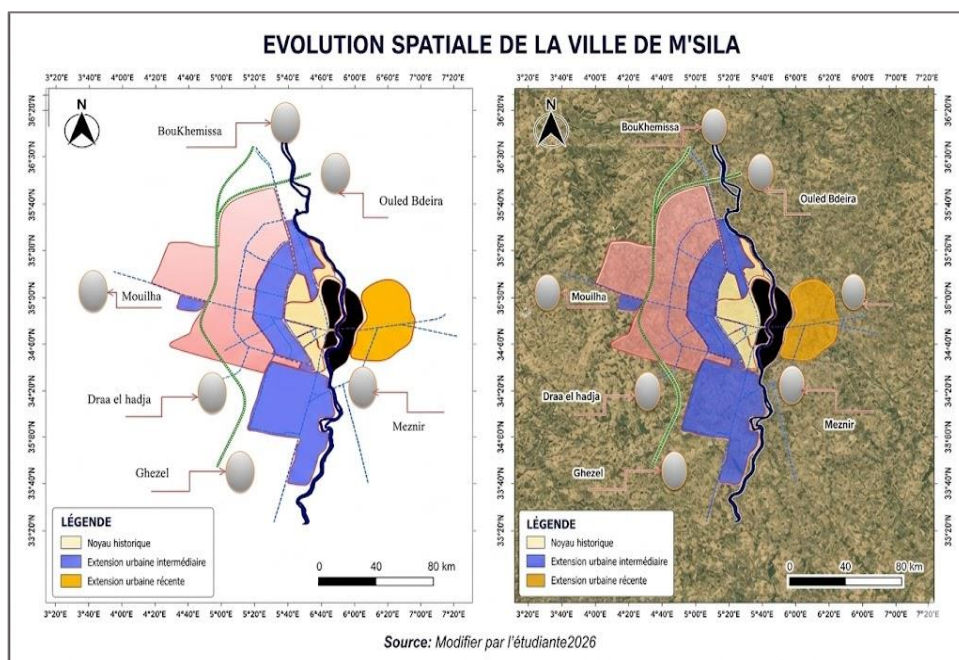
- de routes de contournement (à l'est et à l'ouest) pour désengorger le trafic routier ;
- d'un réseau d'eau potable alimenté par les nappes phréatiques des bassins de Khabab, Mazrir, Lqman et Ghazal ;
- Un réseau d'assainissement unitaire avec la programmation d'une station d'épuration à Oued El Qasab.
- Des équipements de santé : l'hôpital El Zahraoui (324 lits), des dispensaires polyvalents et des salles de soins répartis dans les quartiers. (URBASE, 2014, pp. 15-16, 35-38)

Tableau N09 : Synthèse du développement historique et de l'expansion urbaine de M'sila

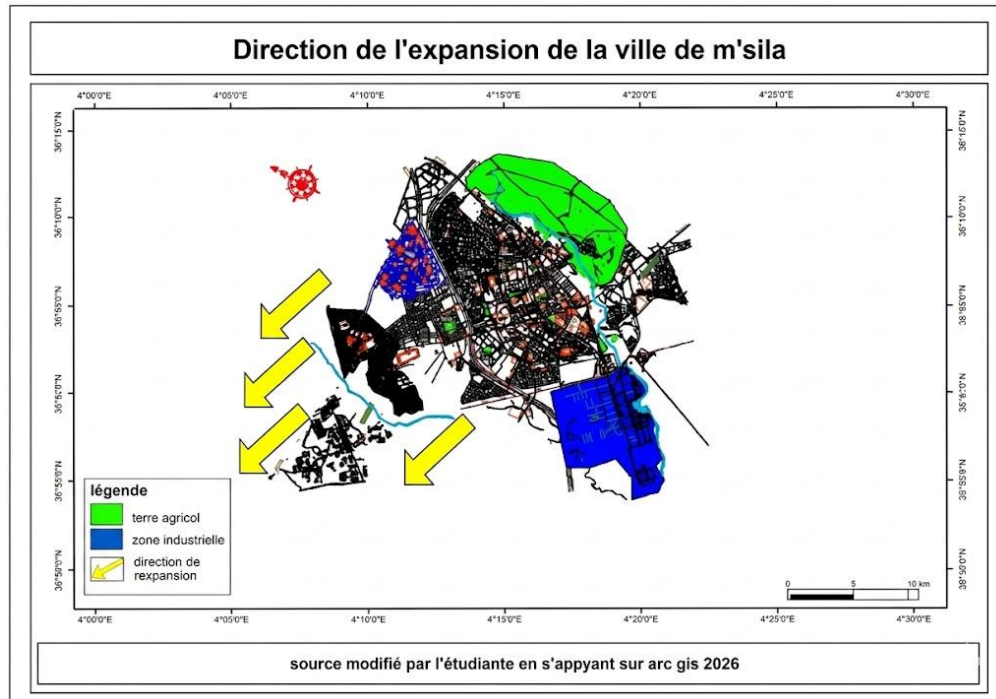
Période	Direction principale de l'expansion	Caractéristiques
Père Hammadide	Rive Est de l'Oued K'sob	Noyau historique (El Jaafra)
Colonisation française	Rive Ouest de l'Oued K'sob	Rupture urbaine - Style occidental
1962-1974	Extension le long des axes + Est (informel)	Reconstruction après le séisme
1974-1987	Ouest et Nord-Ouest	Expansion planifiée (ZUN - Wilaya)
Fin des années 80 - 2001	Ouest (vers l'université)	Redensification + Pôle universitaire
2001 Aujourd'hui	- Nord et Nord-Ouest	Expansion intensive (lotissements - nouveau pôle universitaire) + Extension informelle au Sud et à l'Est

(URBASE, 2014, pp. 10-11)

Carte 01 : développement de la ville de m'sila



Carte 02 : direction de l'expansion de la ville de m'sila



2. Situation de la commune de m'sila :

2.1. Situation Géographique :

La commune de **M'Sila** est située dans la partie nord-ouest du bassin du **Chott el Hodna**. Elle est délimitée au nord par la chaîne de montagnes du Hodna et au sud par le Chott el Hodna. La région de M'sila se situe dans une zone de transition entre deux systèmes biologiques et climatiques différents :

Au nord : une zone subhumide représentée par l'Atlas tellien (les hautes plaines sétifiennes).

Au sud : une zone semi-aride représentée par l'Atlas saharien (les monts des Ouled Nail et le Chott El Hodna).

Sa situation au point d'intersection de la route nationale **RN 40**, de la route nationale **RN 45** et du cours d'eau (**Oued el Ksob**) constitue l'un des facteurs majeurs ayant favorisé la création et le développement de la ville de M'Sila à travers différentes périodes.

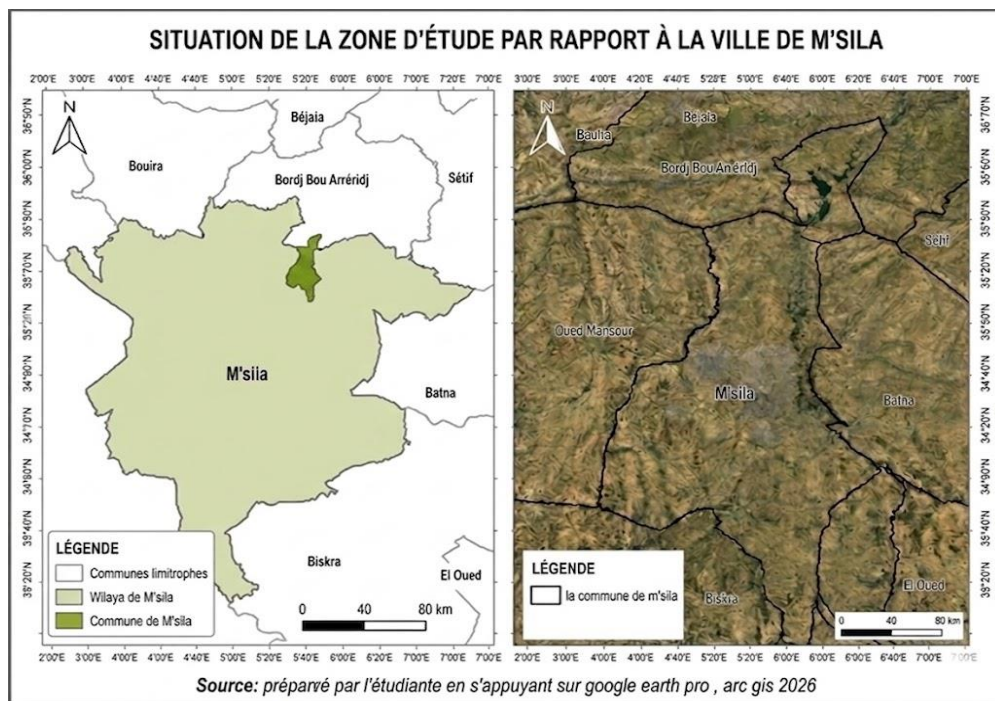
« « La superficie de la zone d'étude est estimée à **252 km²** « occupée par environ **156 647 habitants** (selon le recensement de **2008**), soit une densité moyenne de **620 hab/km²** »

2.2. Situation Administrative :

La commune de M'Sila se situe aux limites septentrionales (nord) de la wilaya de M'Sila. Elle est délimitée par :

- **Au Nord** : La wilaya de Bordj Bou Arreridj (commune d'El Ach).
- **Au Sud** : La commune d'Ouled Madhi.
- **À l'Est** : Les communes de M'Tarfa et Souamaa.
- **À l'Ouest** : La commune d'Ouled Mansour. (URBASE, 2014, p. 6)

Carte 03 : situation administrative de la commune de M'sila

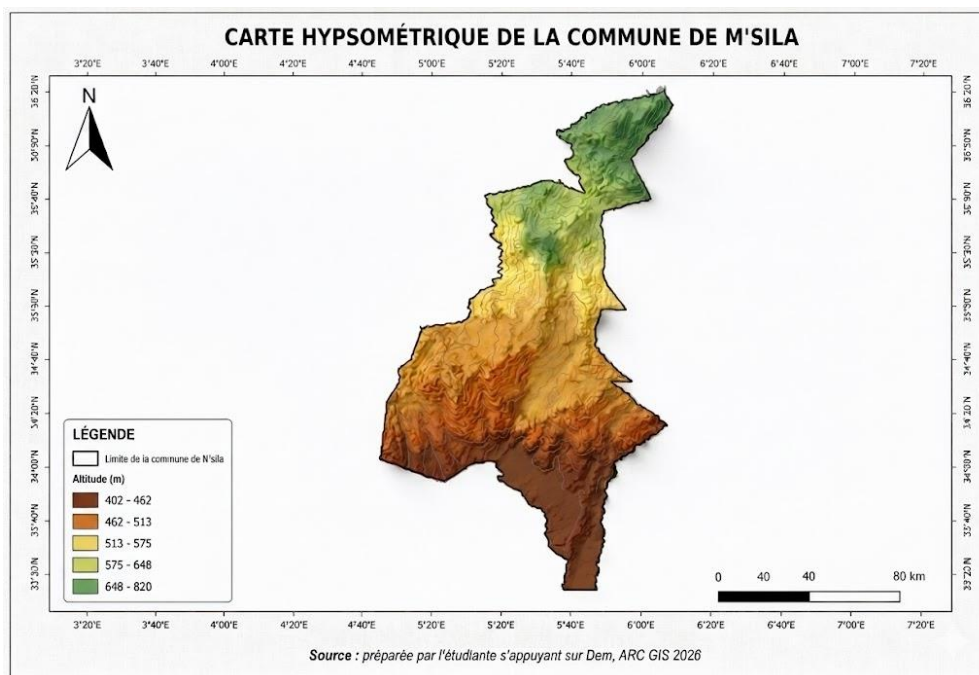


3. Étude des données naturelles de la ville de m'sila :

3.1. Topologie de la ville :

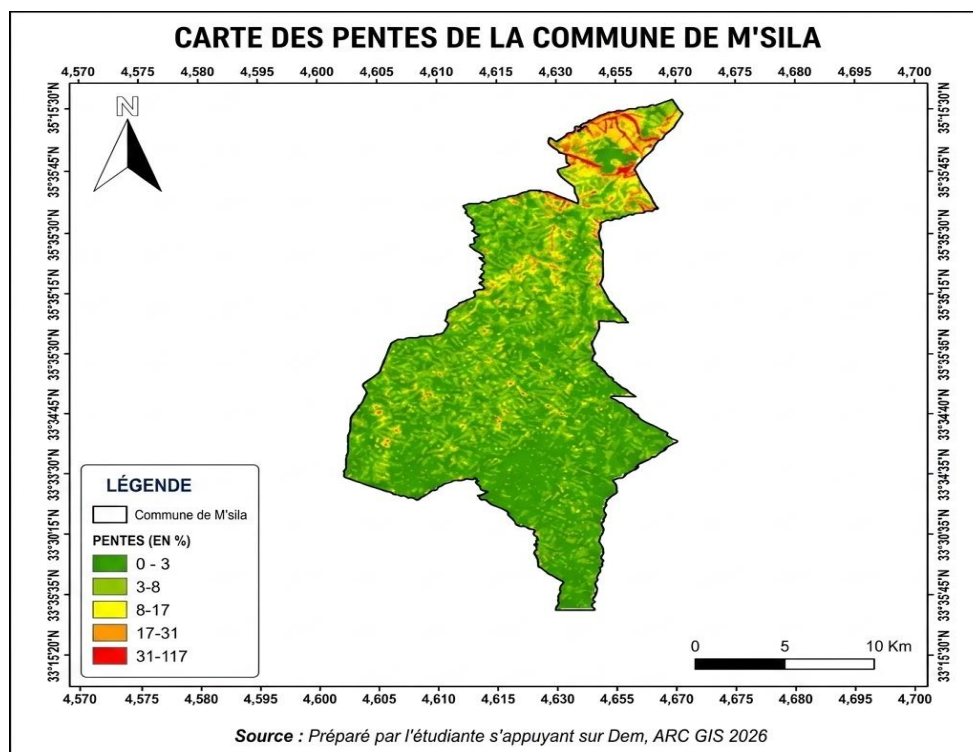
3.1.1. Les Altitudes :

La zone d'étude se caractérise par une altitude moyenne, avec un point culminant à 830 m (Djebel Lemriza) et un point le plus bas à 400 m au sud. Le relief se divise en trois niveaux : montagnes au nord (650-800 m), plateaux au centre (500-650 m) et plaines au sud (400-500 m). Les altitudes suivent une orientation générale nord-sud.

Carte 04 : L'hypsométriques de la commune de m'sila

3.1.2. Les Pentes

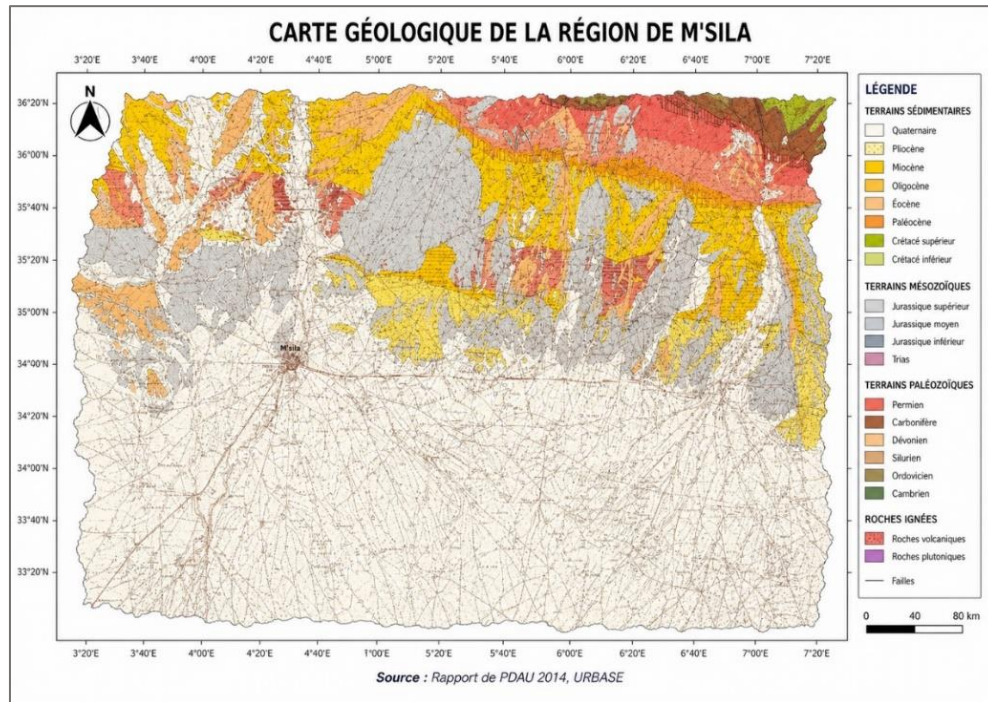
D'une manière générale, l'inclinaison des pentes suit une orientation **nord-sud**. En d'autres termes, l'altitude augmente à mesure que l'on se dirige vers le nord, et diminue vers le sud. (URBASE, 2014, pp. 6-7)

Carte 05 : les pentes de la commune de m'sila

3.2. Aperçu géologique :

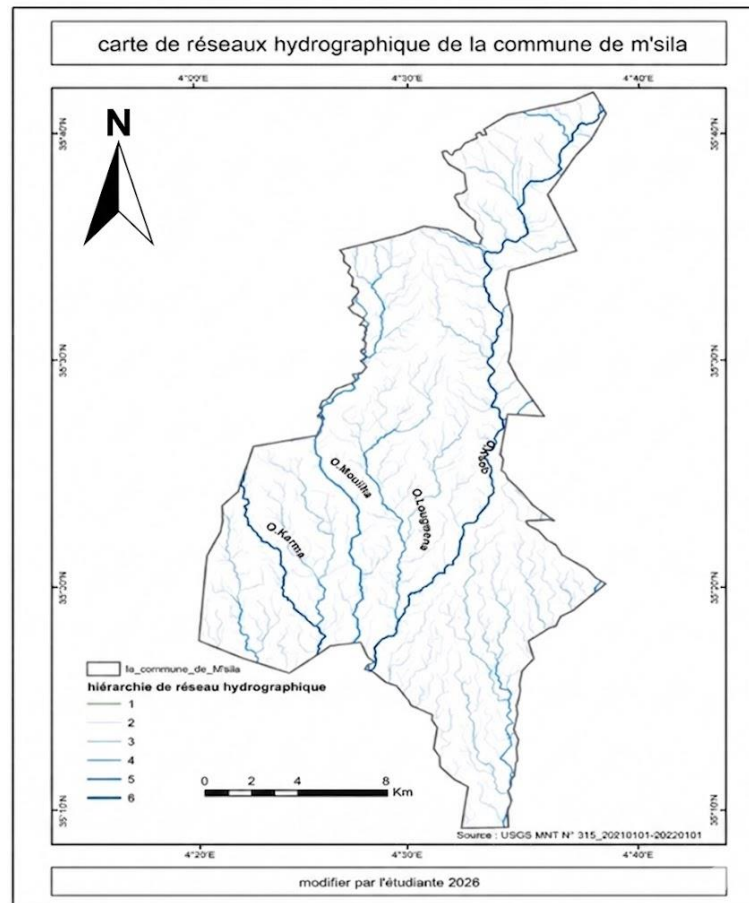
Les formations géologiques de la commune de M'sila appartiennent principalement à l'ère Quaternaire. Les alluvions récentes couvrent de larges parties de la zone sud, tandis que les alluvions anciennes se situent dans la partie nord du tissu urbain, composées de sable, d'argile sableuse et de conglomérats. (URBASE, 2014, p. 7)

Carte 06 : la géologique de la région de m'sila



3.3. Réseau hydrographique :

Le réseau est dominé par l'Oued Ksob, qui collecte les eaux de nombreux affluents (Oued Mouileha, Oued El Kerma, Oued Lokman) s'écoulant du nord vers le sud. Cette configuration expose les zones aval aux risques d'inondation, notamment lors de fortes précipitations. (URBASE, 2014, p. 8)

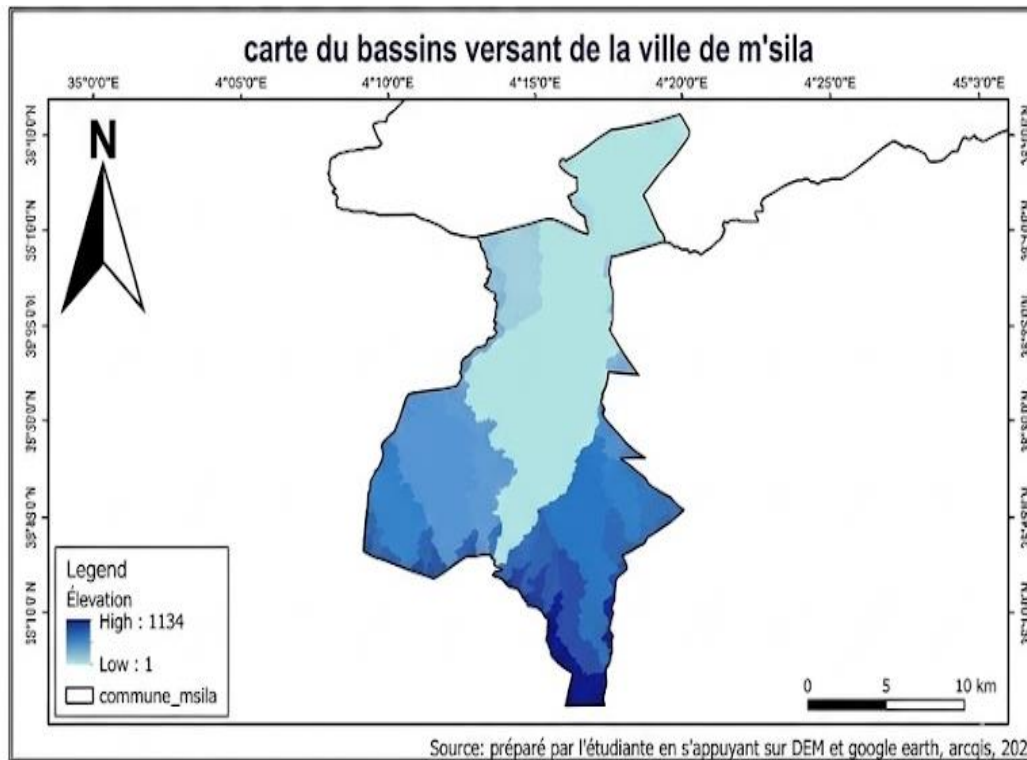
Carte 07 : Le réseau hydrographique de la commune de m'sila

La ville de M'sila est divisée en plusieurs bassins hydrographiques, dont la plupart s'étendent du nord (les hauteurs) vers le sud (les basses terres) en direction de Chât-el-Hodna.

La multiplication des bassins dans la partie nord signifie que ces zones constituent des sources d'eau (nourrissements) qui s'accumulent et s'écoulent vers les bassins inférieurs.

Les zones sud de la ville, situées au fond des bassins, reçoivent les eaux provenant du nord, ce qui accroît leur vulnérabilité aux inondations.

Cette répartition naturelle des bassins impose à l'urbanisme de prendre en compte les voies d'écoulement des eaux lors de toute expansion future.

Carte 08: les bassins de la commune de m'sila

Les inondations à M'sila ne sont pas un phénomène local, mais le résultat de l'accumulation d'eaux provenant de vastes bassins situés au nord. Par conséquent, toute solution aux inondations doit prendre en compte l'ensemble du bassin et non pas uniquement la zone inondée.

3.4. Situation géographique et caractéristiques climatiques

3.4.1. Climat :

Cette position géographique fait que le climat de la région est influencé par les courants d'air humides venant du nord (qui se heurtent à la chaîne montagneuse du Hodna, agissant comme une barrière naturelle) et par les courants d'air secs venant du sud.

3.4.2. Températures et précipitation :

L'analyse des données climatiques de la station de M'sila montre que la température moyenne annuelle est de 18.6°C, avec des étés très chauds (moyenne de 41.2°C en juillet) et des hivers frais (moyenne de 7.05°C en janvier). Les précipitations annuelles totales sont faibles, atteignant environ 204.32 mm.

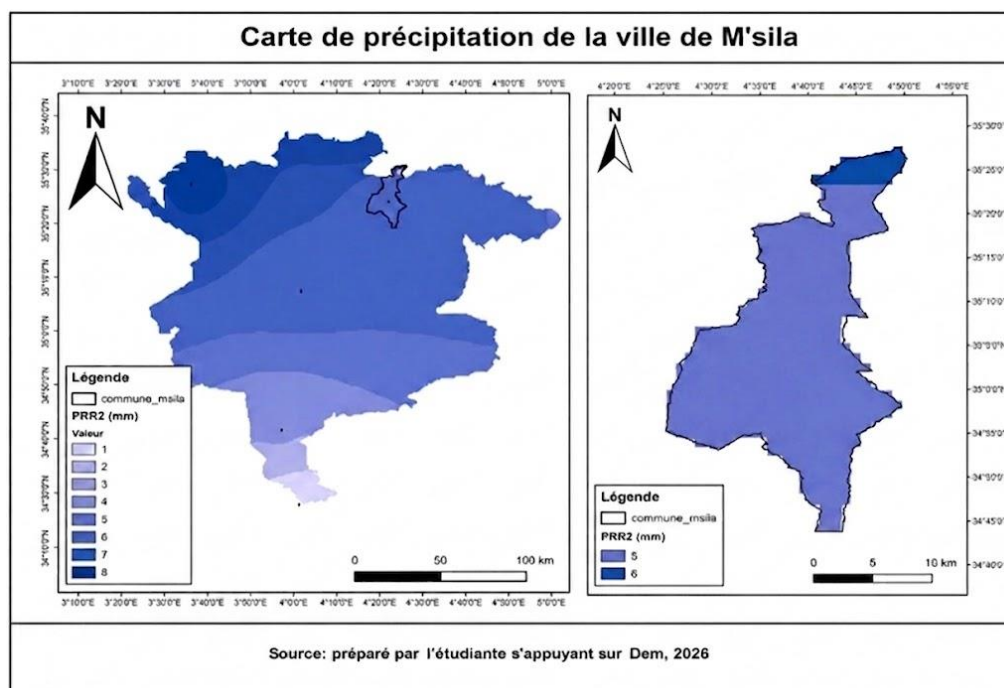
Tableau N10 : Moyennes mensuelles des températures et précipitations (Station de M'sila)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Ao u	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
T (C°)	7.0 5	8.5 5	11. 9	16. 4	40. 8	41. 2	39. 8	26. 8	18. 9	15. 4	11.5 5	8.7	18.6
P (mm)	22. 3	11. 7	17. 0	18. 3	25. 1	9.4	2.6	6.8	22. 4	24. 3	24.2	20. 2	204.3 2

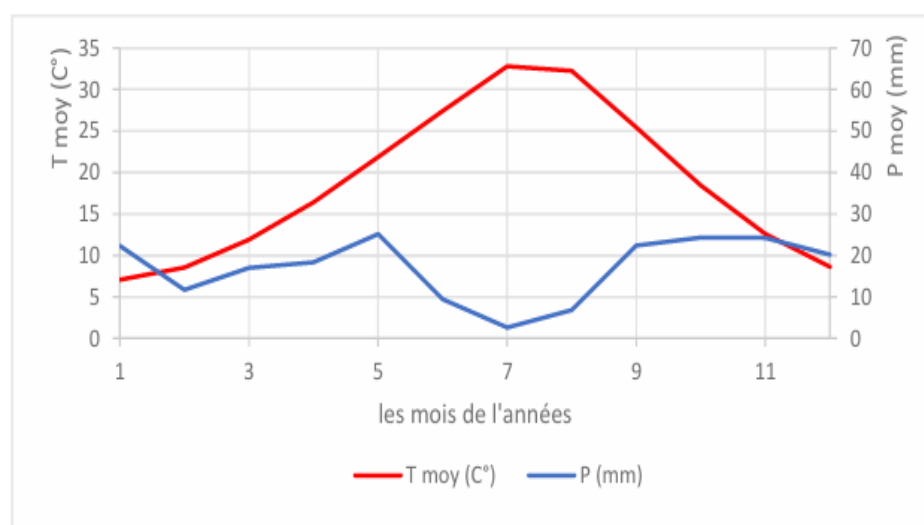
La carte montre une répartition inégale des précipitations annuelles dans la ville de M'Sila, celles-ci variant entre les zones 2 et 4. Les zones nord (Jebila) sont les plus pluvieuses, tandis que les précipitations diminuent progressivement vers le sud (zone de Chatt).

Les faibles précipitations annuelles (204 mm en moyenne) ne signifient pas l'absence de risque d'inondation, car ce risque est étroitement lié à l'intensité des pluies sur une courte période et non à la quantité annuelle.

Les zones nord, qui reçoivent davantage de précipitations, alimentent les oueds s'écoulant vers le sud, ce qui augmente le débit d'eau vers les zones basses.

Carte 09 : La précipitations dans la ville de m'sila

Le diagramme ombrothermique de Gaussen est particulièrement révélateur pour notre étude sur les inondations. Il démontre que la période sèche ($P < 2T$) est très longue, s'étendant de la fin janvier au début novembre. La période humide se limite aux trois mois de novembre, décembre et janvier. (HOUBAIBE, 2025)

Fig N05 : Diagramme ombrothermique de Gaussen (Station de M'sila) – Période sèche et humide

4. Donnée sociales , économiques et de logement

4.1. Population :

La commune de M'Sila a connu une croissance démographique continue, passant de 82 877 habitants en 1987 à 222 414 en 2022 (taux de croissance annuel moyen de 2,54% entre 2008 et 2022).

Tableau N11 : Évolution de la population de la commune de M'sila (1987-2022)

Communes	Taux de croissance démographique			Recensement annuel			
Commune de M'Sila	08-22	98-08	87-98	2022	2008	1998	1987
	2,54	2,56	4,36	222 414	156 647	121 683	82 877

(ONS, DPAT, AP, 2008-2022)

Tableau N12 : Répartition de la population par tranches d'âge (Commune de M'sila)

Tranches d'âge	Commune de M'Sila
Moins de 6 ans	29 102
6 - 15 ans	47 884
16 - 24 ans	48 767
25 - 50 ans	75 755
51 - 60 ans	10 408
Plus de 65 ans	10 498
Population totale	222 414

(ONS, DPAT, AP, 2008-2022)

4.2. Emploi et chômage :

La population active est estimée à 99 324 personnes (44,7% de la population totale), avec un taux d'emploi de 80,39% et un **taux de chômage de 19,61%**. Ce taux relativement élevé peut aggraver la vulnérabilité face aux inondations, car les ménages touchés par le chômage disposent de moins de moyens pour réparer leurs logements ou se reloger.

Tableau N13 : Emploi et chômage dans la commune de M'sila

Communes	Population active	Occupés	Chômeurs	Taux d'emploi (%)	Taux de chômage (%)
Commune de M'Sila	99 324	79 846	19 478	80,39	19,61

(Direction de l'Emploi, s.d.)

4.3. Logement et état des bâtiments :

Le parc immobilier s'est amélioré, passant de 20 119 logements en 1998 à 55 209 en 2024, avec un taux d'occupation descendant de 6,05 à 4,03 personnes par logement. Selon le PDAU 2014, sur un total de 23 420 logements dans la commune, **2 498 logements sont encore en état vétuste (11%)**, concentrés principalement dans les quartiers anciens (El Arqoub, El Kouch, Larocade, El Jaafra)

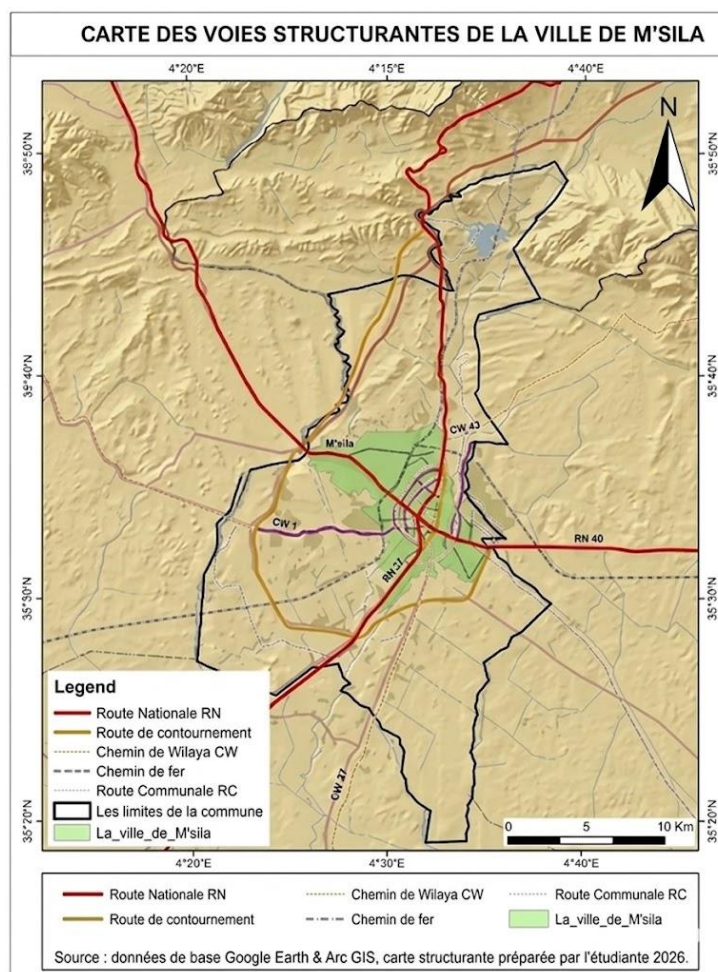
Tableau N14 : État des logements dans la commune de M'sila (PDAU, 2014)

Désignation	Nombre de logements en bon état	Nombre de logements vétustes	Nombre total de logements
Chef-lieu de commune	18 598	1 155	19 753
Agglomérations secondaires	1 615	855	2 470
Agglomérations rurales	709	488	1 197
Total	20 922	2 498	23 420

5. Les infrastructures

5.1. Réseau routier

La ville de M'sila est traversée par trois routes nationales : la RN 40 (reliant Magra à l'ouest), la RN 45 (reliant Bordj Bou Arreridj au nord à Bou Saâda au sud) et la RN 60 (reliant Hammam Dalaa à l'ouest). Deux routes de contournement (est et ouest) ont été programmées pour désengorger le centre-ville. Les routes communales, qui relient les villages et les quartiers périphériques, souffrent d'une détérioration importante due au manque d'entretien prolongé. (URBASE, 2014, pp. 10-15)

Carte 10 : le réseau routier de la commune de m'sila

5.2. Réseau d'assainissement :

5.2.1. Type :

Réseau de type unitaire, collectant à la fois les eaux usées domestiques et industrielles ainsi que les eaux pluviales.

5.2.2. Direction :

Le réseau s'écoule principalement du nord vers le sud, aboutissant à l'exutoire final à Oued K'sob (où une station d'épuration était programmée). (URBASE, 2014, p. 16)

6. La relation entre les zones d'extension urbaine et les risques d'inondation

6.1. Contraintes naturelles dans les zones d'extension programmée :

Lors de la discussion de la première variante (extension vers le nord et le nord-ouest), plusieurs contraintes naturelles ont été identifiées, notamment :

- **La densité des cours d'eau** : Les zones d'extension nord sont caractérisées par de nombreux cours d'eau possédant d'importants bassins versants naturels.
- **Conséquence** : Cette caractéristique expose la zone d'extension au risque d'inondation par les eaux pluviales et les crues des oueds.

6.2. Analyse du risque d'inondation pour les agglomérations existantes :

L'évaluation actuelle des risques d'inondation pour l'agglomérations m'sila :

- **Le centre-ville de M'sila** : Il n'est pas exposé aux grandes inondations, mais souffre de l'inondation de certaines rues en raison de la vétusté du réseau d'assainissement et du manque d'avaloirs, et non pas à cause de risques naturels directs d'inondation.

(URBASE, 2014, p. 16)

7. Historique des inondations dans la ville de M'sila (2015-2024) :

Tableau N15 : Historique des inondations à M'sila (2015-2024) – Synthèse des dégâts

Année	Quartiers et zones touchés	Pertes matérielles	Pertes humaines
2015	M'sila	Endommagement de certaines habitations, infiltrations d'eau dans certains établissements publics, submersion de plusieurs voitures et camions.	05 décès, 17 personnes secourues, 02 personnes évacuées.
2016	M'sila	Endommagement de certaines habitations, infiltrations d'eau dans certains établissements publics, submersion de plusieurs voitures et camions.	-
2017	M'sila	Endommagement de certaines habitations, infiltrations d'eau dans certains établissements	66 personnes secourues.

		publics, effondrements partiels d'habitations.	
2018	M'sila	Endommagement de certaines habitations, infiltrations d'eau dans certains établissements publics, effondrements partiels d'habitations.	-
2019	* Logements AADL à M'ouilha (en cours de réalisation) * Cimetière de Sidi Amara (effondrement de 10 tombes) * Quartiers : El KIA, El Jaafra, Pôle urbain, 50 logements, 300 logements, 500 logements, 700 logements, 270 logements, 108 logements, El Nasser (Nessic), Ichbilia, 608 logements, Route Draâ El Hadja, Quartier administratif, M'ouilha, El KIA, Edh Dhahra (El Zahra), El Arqoub, El Kouch, Sidi Amara, Larocade, Guerfala, 924 logements, Route de Bou Saâda, Quartier 206 logements.	* Infiltrations d'eaux pluviales dans plusieurs habitations. * Effondrement de 10 tombes au cimetière de Sidi Amara. * Chute de câbles électriques au village d'El Jaafra. * Chute d'un arbre au milieu de la route au quartier 700 logements. * Effondrement partiel du toit d'une maison traditionnelle au quartier El Arqoub.	-
2020	* Quartiers : El Kouch, Edh Dhahra (300 logements), El Nasser (Nessic), 80 logements, 05 Juillet, Sidi Amara, El Badr (500 logements), 50 logements.	* Effondrement d'un local commercial au quartier Edh Dhahra. * Infiltrations d'eaux pluviales dans plusieurs quartiers. * Chute d'un mur du premier étage sur une voiture au quartier 270 logements. * Chute d'une tôle en fer d'un balcon au quartier 92 logements. * Panne électrique dans plusieurs quartiers (209 logements, 200 logements AADL, 300 logements, 05 Juillet, 144 logements, 1200 logements, Ichbilia, El Kouch, 608 logements, Sidi Amara).	-
2021	* Quartiers et zones : El Arqoub (effondrement d'un	* Effondrement d'un mur au quartier El Arqoub.	Sauvetage d'un enfant

	mur), El Kouch, El Badr, Pôle urbain, Larocade, Sidi Amara, Coopérative Hadjadj, 209 logements, 50 logements, 12 Villas, Route de Bordj, Ichbilia, Draâ Ben Rabah, 40 logements, M'ouilha, M'zerir, 60 logements, 300 logements, 1000 logements, 600 logements, El Jaafra, Ennahdha, 500 logements.	* Infiltrations d'eau dans plusieurs habitations. * Sortie d'une voiture tombée dans une fosse inondée au quartier El Nasser (Nessic). * Sortie d'élèves à bord d'un camion dans une mare d'eau à Oued El K'sob. * Absorption d'eau de la place du siège du service de sécurité intérieure et du quartier Cité 04 à côté de l'emprise ferroviaire. * Infiltration d'eau dans les classes du CEM May Ziada.	emporté par les eaux pluviales (date non précisée).
2022	* Quartiers et zones : Boukhmisa, Ichbilia, Edh Dhahra (El Zahra), El Arqoub, Sidi Amara, 05 Juillet, 346 logements, M'ouilha, El Jaafra, El Kouch, El Badr, El Nasser (Nessic), Ennahdha, 500 logements, 50 logements, 700 logements, 924 logements, Route Dfaf, 1050 logements.	* Chute d'un mur de construction au quartier M'ouilha. * Chute d'un arbre au quartier 206 logements, quartier Nouara, quartier Edh Dhahra. * Chute de câbles électriques au quartier El Nasser (Nessic). * Chute d'un toit en fer sur deux voitures à la Direction de la Jeunesse et des Sports. * Effondrement du mur de façade d'une maison au quartier Larocade. * Absorption d'eau au quartier 50 logements. * Chute de 3 arbres dans les quartiers (Sidi Amara, 05 Juillet, 346 logements). * Chute quasi totale du toit d'une chambre et infiltrations au quartier M'ouilha. * Absorption d'eau de la place du siège du service de sécurité intérieure et du quartier Cité 04 à côté de l'emprise ferroviaire.	Sortie d'élèves à bord d'un camion dans une mare d'eau à Oued El K'sob.
2023	* Quartiers et zones : 50 logements, 300 logements, 500 logements, 700 logements, 270 logements, 108 logements, El Nasser (Nessic), Ichbilia, 608 logements, Route Draâ El	* Montée des niveaux d'eau et infiltrations dans plusieurs quartiers. * Effondrement du toit d'une maison traditionnelle au quartier El Arqoub.	-

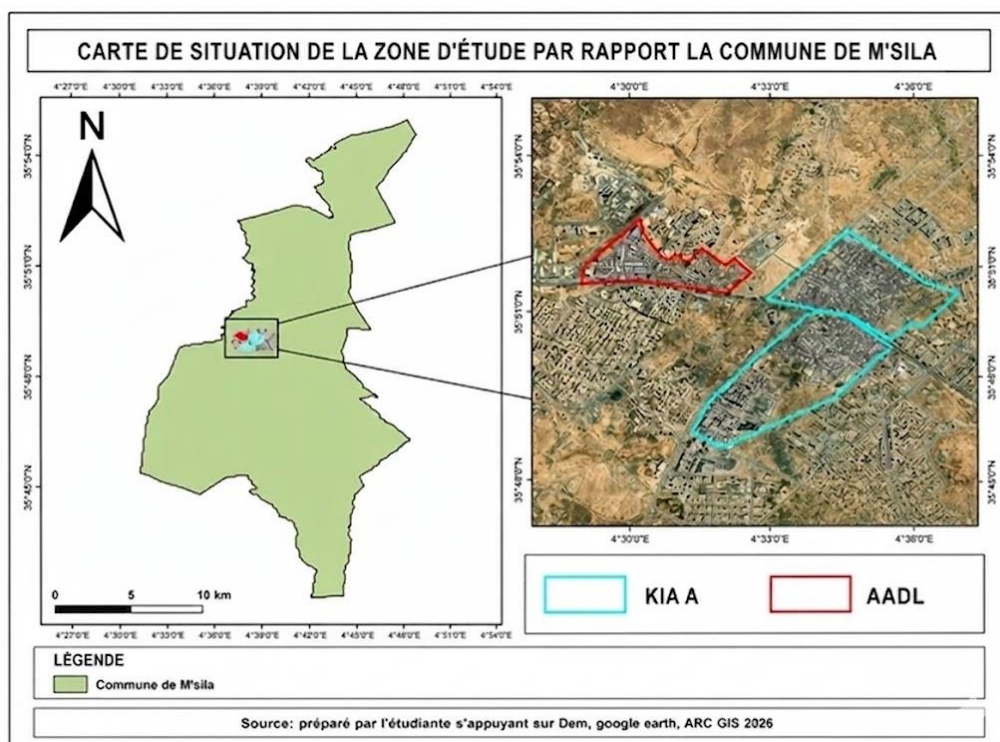
	Hadja, Quartier administratif, M'ouilha, EL KIA , Edh Dhahra (El Zahra), El Arqoub, El Kouch, Sidi Amara, Larocade, El Jaafra, Guerfala, 924 logements, Route de Bou Saâda, Pôle urbain, Cheikh El Maqrani, 12 logements. * Établissements : Lycée Othmane Ibn Affane, École primace Sassi Lakhdar, Logements de fonction du secteur militaire, CEM Ibn El Haitham.	* Infiltrations au CEM Ibn El Haitham.	
2024	* Quartiers et zones : 50 logements, 500 logements, Villa Rose, 05 Juillet, Larocade, M'ouilha, Pôle urbain, El KIA, Edh Dhahra (El Zahra), El Arqoub, 270 logements, 700 logements, 924 logements, El Nasser (Nessic), Ichbilia, El Jaafra, Route Draâ El Hadja, Quartier administratif. * Sites : Mare d'eau à Oued El K'sob, Pont d'Ouled Sidi Mahmoud, Virages de Dfaf (Route Nationale 45).	* Absorption d'eau de la place du siège du service de sécurité intérieure et du quartier Cité 04 à côté de l'emprise ferroviaire. * Sortie d'élèves à bord d'un camion dans une mare d'eau à Oued El K'sob. * Montée des eaux dans une maison au quartier M'ouilha. * Opération de surveillance du pont d'Ouled Sidi Mahmoud. * Coupure partielle de la route nationale 45 suite à la chute de pierres au milieu de la route au niveau des virages de Dfaf.	Sauvetage d'une personne coincée dans sa voiture (Septembre 2024).

(Protection Civile, 2025)

8. Présentation détaillée de la zone d'étude (AADL 1600 et EL KIA) :

8.1. Situation :

La zone d'étude est située dans la partie nord-ouest de la ville de M'sila, englobant une partie du POS de la route de Hammam Dhalaâ ainsi que les POS n°7 au nord, 5 et 9 au sud, sur une superficie estimée à 103,8 ha.

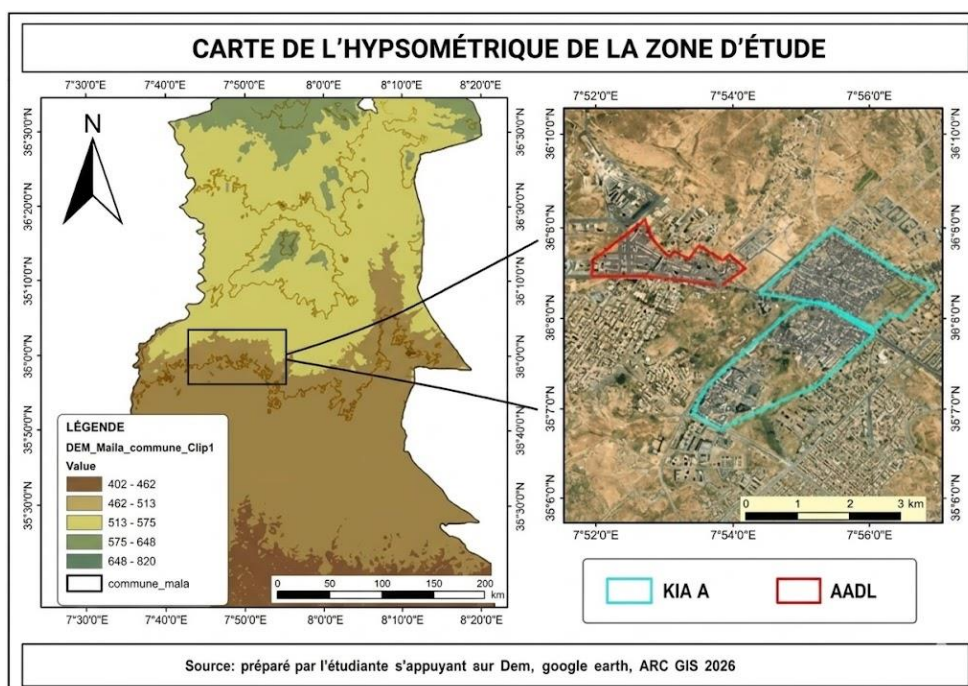
Carte 11 : situation de zone d'étude par rapport la commune de m'sila

9. Analyse des données naturelle de zone d'étude :

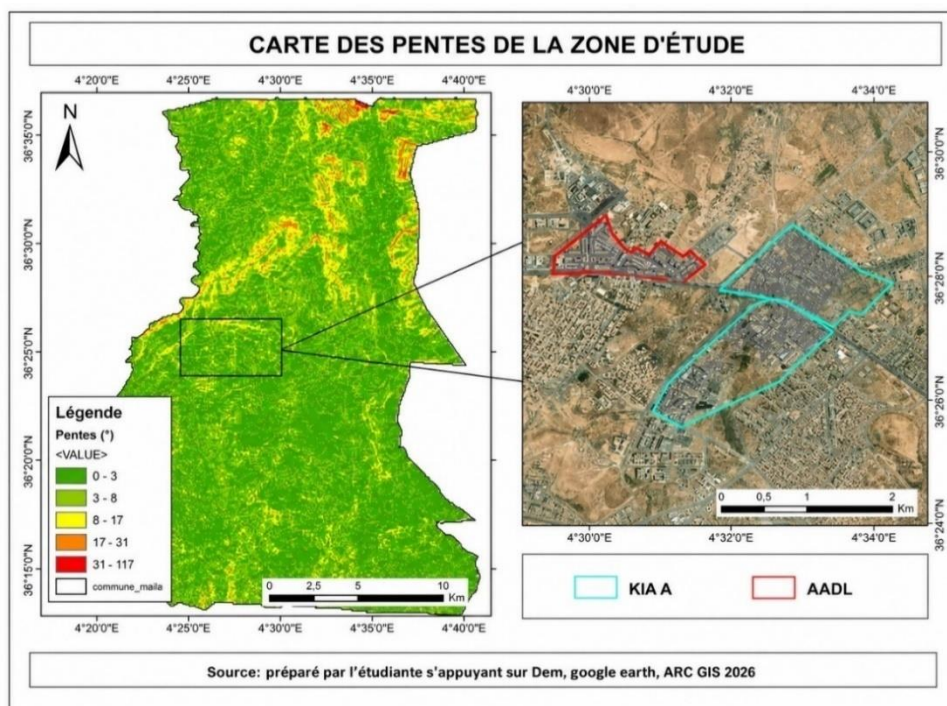
9.1. Topologie de zone d'étude :

9.1.1. Altitudes :

Le site AADL (en rouge) se situe dans une zone relativement élevée (513-575 m), tandis que le quartier EL KIA (en bleu) occupe une position plus basse (461-513 m).

Carte 12 : carte de l'hypsométrique de la zone d'étude**9.1.2. Pentés :**

AADL présente des pentes moyennes à faibles (3-17%), tandis qu'EL KIA est caractérisé par des pentes faibles à nulles (0-3%).

Carte 13 : les pentes de zone d'étude

Du point de vue du risque d'inondation, la situation surélevée de l'AADL lui confère une protection naturelle relative, mais sa pente modérée (3 à 17 %) signifie que les eaux de pluie s'écouleront rapidement vers le bas. En revanche, l'emplacement de l'EL KIA, situé à une altitude plus basse (461-513 m) et présentant une pente très faible (0-3 %), en fait un point de collecte naturel pour l'eau, ce qui augmente la durée de rétention des eaux et accroît le risque de stagnation.

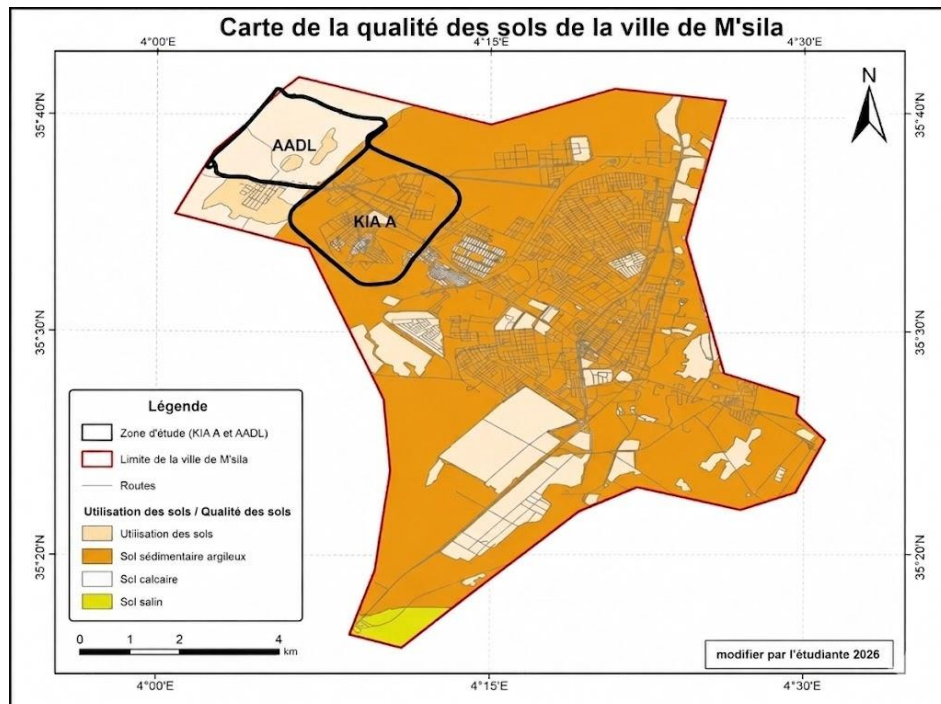
Pour renforcer la résilience urbaine, on pourrait exploiter la pente de l'AADL pour diriger les eaux vers des canaux de drainage en direction d'EL KIA, puis transformer EL KIA lui-même en zone de stockage temporaire des eaux plutôt que de les laisser inonder les bâtiments.

9.2. Type de sol :

La carte montre la nature des sols de la ville de M'sila ; le quartier de El-Kia se trouve ainsi dans la zone sédimentaire alluviale proche du réseau hydrographique, ce qui l'expose à des inondations de longue durée dues à l'accumulation d'eau et à la montée du niveau des eaux.

Le quartier d'Aadl (1 600 logements) se caractérise par sa situation dans une zone calcaire dotée d'une croûte superficielle imperméable, ce qui entraîne des crues soudaines et un ruissellement de surface immédiat, même en cas de précipitations modérées (30 mm/jour).

Carte 14 : type de sol de la ville de m'sila



Les sols alluviaux de la plaine indiquent que les inondations seront lentes mais s'étaleront sur une longue période, car l'eau s'infiltre lentement. Les sols calcaires imperméables

signifient que toute précipitation entraînera un ruissellement de surface immédiat ainsi qu'une crue soudaine et rapide.

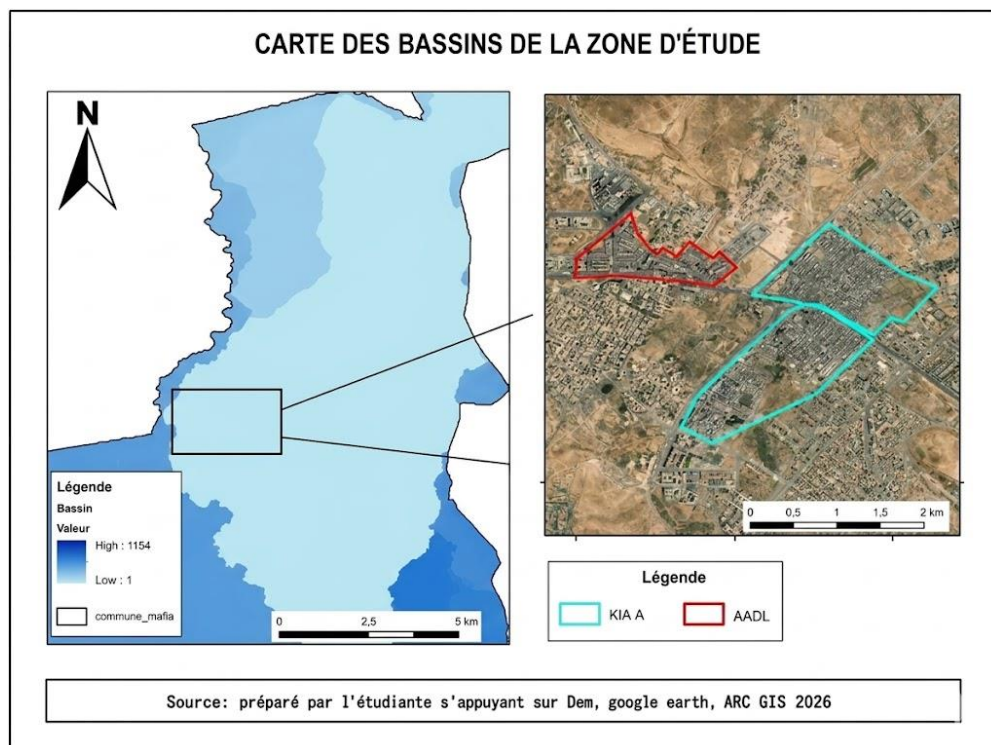
Ces deux types d'inondations exigent des réponses différentes dans le cadre de la résilience urbaine : à AADL, nous avons besoin de canalisations de drainage rapides et de barrières. À El Kiaa, nous avons besoin de pompes et de bassins de rétention.

9.3. Hydrographie et bassins versants :

9.3.1. Bassin versant :

Les deux sites appartiennent au même bassin versant. L'analyse des valeurs d'accumulation de débit (Flow Accumulation), qui varient entre 1 et 1 134, montre que l'AADL se situe en amont (valeurs proches de 1), tandis qu'EL KIA se situe à la transition entre le bleu clair et le bleu foncé, là où les valeurs d'accumulation commencent à augmenter, ce qui en fait une zone relativement basse située au confluent de plusieurs vallées venant du nord, ce qui en fait un bassin versant naturel.

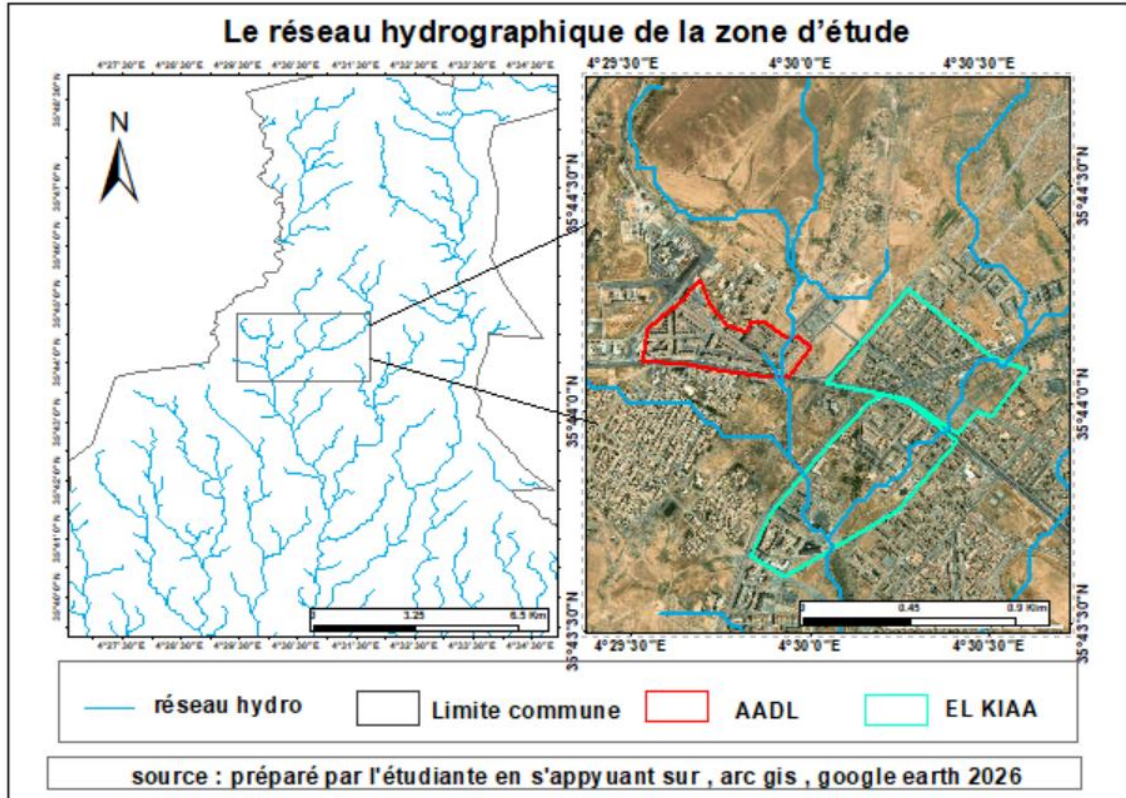
Carte 15 : bassin de zone d'étude



9.3.2. Réseau hydrographique :

AADL est situé dans une zone de naissance des oueds (têtes de bassin), tandis qu'EL KIA se trouve au niveau d'un confluent de plusieurs oueds provenant du nord.

Carte 16 : réseau hydrographique de la zone d'étude



▪ Remarque importante

- **Pour EL Kiaa** : Une partie du vallon est a été remblayée lors de la construction des logements et des routes, tandis que la partie inférieure est restée ouverte à l'extérieur du quartier. Ce remblayage partiel a interrompu le cours naturel de l'eau, ce qui a entraîné son accumulation à l'intérieur du quartier au lieu de son écoulement. Conséquence : une inondation lente par stagnation.
- **Pour AAdl** : Le oued été remblayé sous la route nationale N60 et remplacé par des canalisations enterrées (tuyaux). Mais ces canalisations ont été conçues pour une période de retour trop courte (5 à 10 ans au lieu de 100 ans), ce qui les rend incapables d'évacuer les fortes pluies. Résultat : l'eau remonte par les regards et inonde rapidement le quartier.

Leçon à retenir : la solution technique (canalisations enterrées) ne sert à rien si elle est mal conçue, et le plus grave, c'est qu'elle est invisible et ne se détecte que pendant l'inondation elle-même.

Le point commun entre les deux quartiers :

El-Kiaaa : remblayage partiel + absence d'alternative = inondation par stagnation

AAdl : remblayage + canalisations insuffisantes = inondation par refoulement

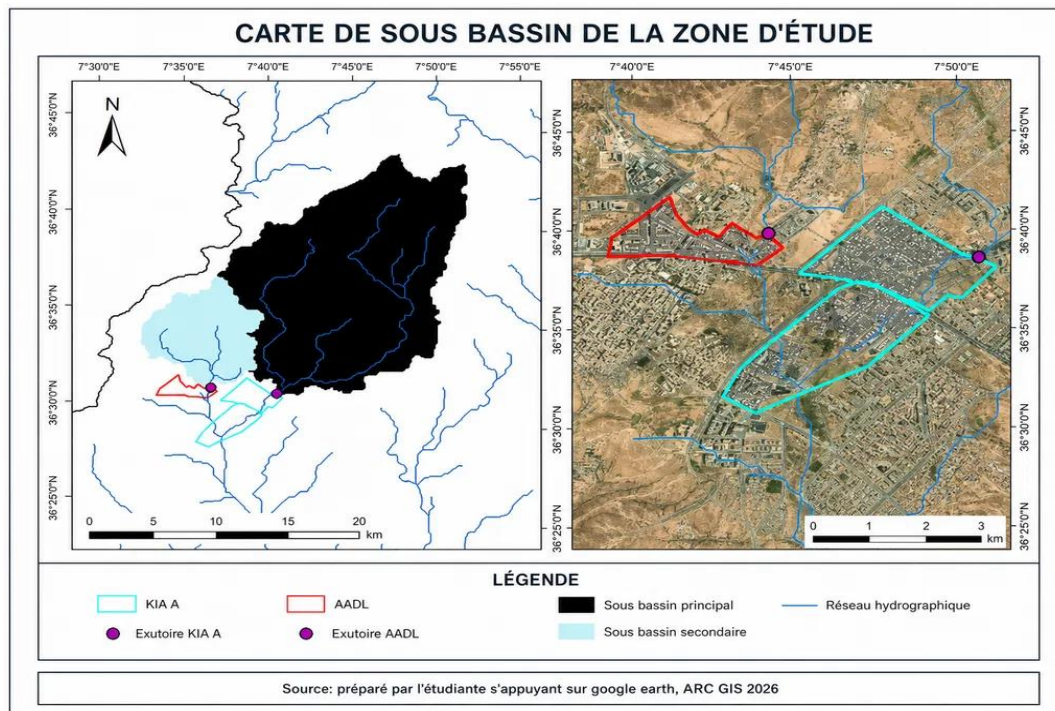
La négligence de la nature de l'écoulement des eaux lors de la planification urbaine est la cause profonde des inondations dans les deux quartiers

9.3.3. Sous-bassin :

La carte divise la zone d'étude en sous-bassins, chaque sous-bassin représentant une zone de collecte des eaux qui se déversent vers un seul exutoire.

- **AADL (en rouge)** : nord-est, appartient à un sous-bassin qui se déverse vers le sud/sud-ouest → zone de transit vulnérable au ruissellement provenant du nord.
- **El Kia (en bleu)** : sud-ouest, appartient à un autre sous-bassin, plus proche de l'exutoire → plus exposé aux inondations.

Carte 17 : sous bassins dans la zone d'étude



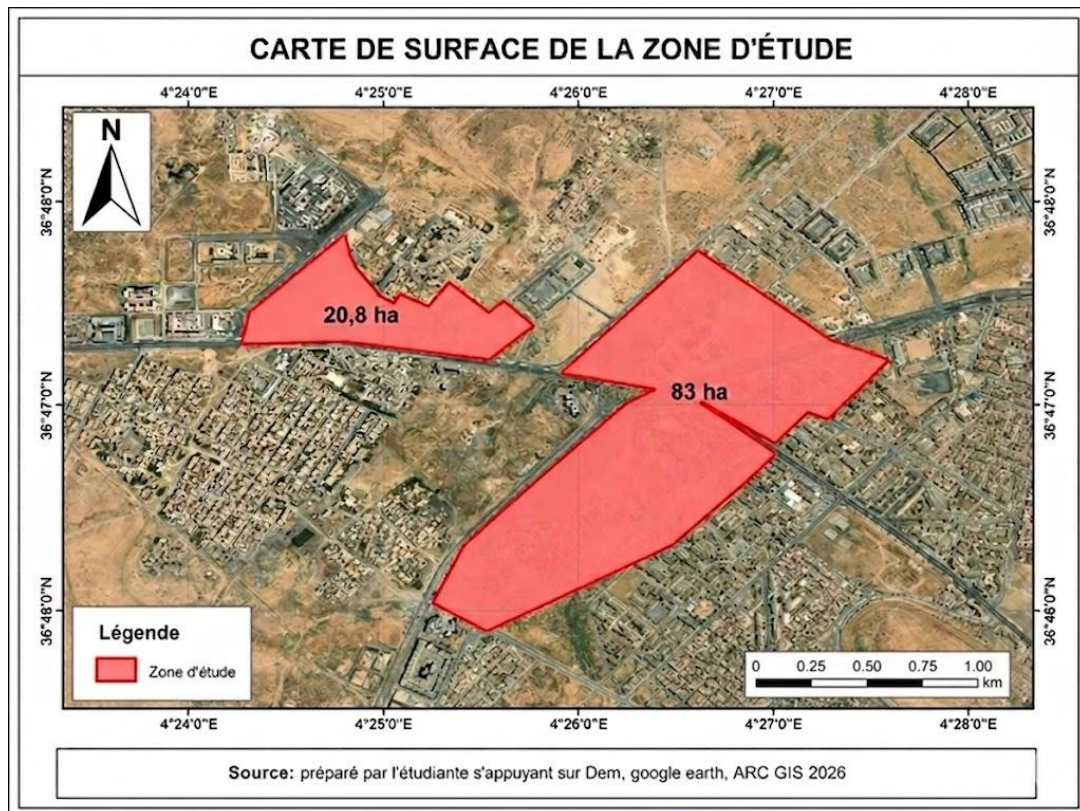
La situation géographique de El Kiaa, au croisement de plusieurs vallées venant du nord, lui permet de capter les eaux d'un vaste bassin versant.

En termes de résilience, l'aménagement urbain devrait diriger ces eaux vers les espaces libres (déjà présents sur le site) avant qu'elles n'atteignent les bâtiments. Nous proposons de créer des corridors bleus-verts (Blue-Green Corridors) le long des tracés naturels des vallées.

10. Analyse spatiale et urbanistique :

10.1. Surface et limite :

Carte 18 : superficie de zone d'étude



La superficie totale de la zone étudiée est de 103,8 hectares, répartis entre le quartier de Al-Kaya (83 hectares), qui est relativement le plus ancien et le plus étendu, et le projet Adl de 1 600 logements (20,8 hectares), qui est le plus récent et le plus petit par rapport à Kiaa.

10.2. Analyse de cadre bâti :

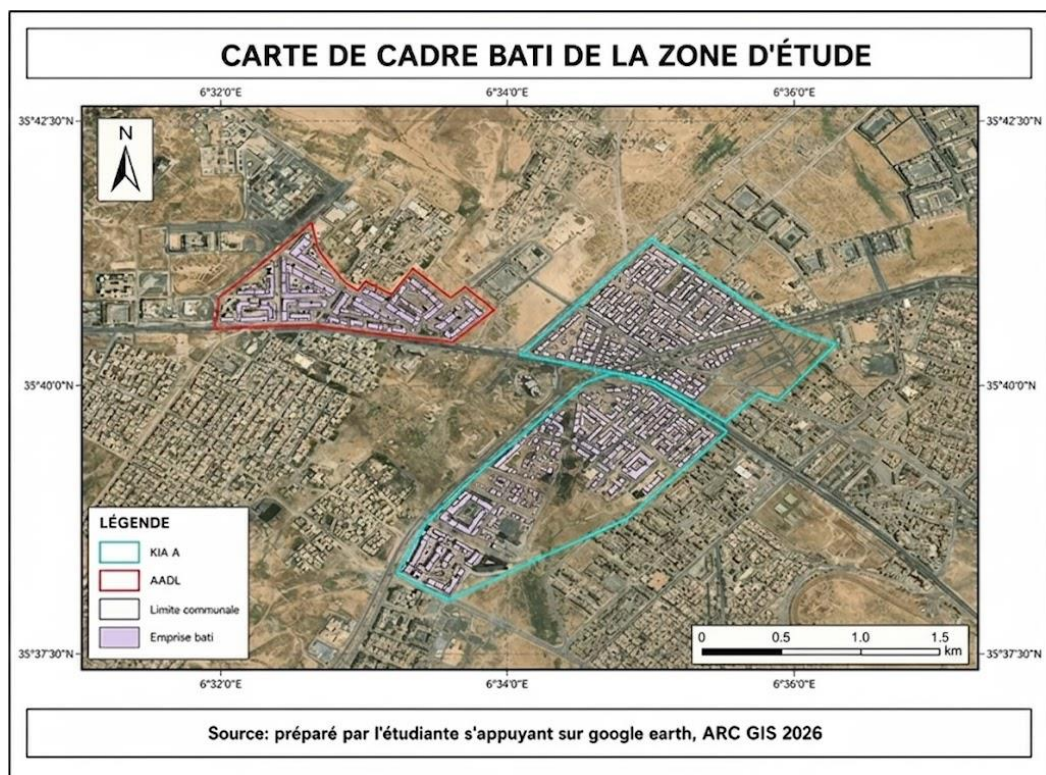
10.2.1. Logements :

La figure illustre le modèle urbain dominant dans la zone étudiée, caractérisé par des immeubles d'habitation collectifs de hauteur R+3 dans le quartier de Kiaa et R+9,R+5 à Aadl, où le rez-de-chaussée est entièrement réservé aux activités commerciales de première catégorie.

Du point de vue de la résilience urbaine face aux inondations, cela peut présenter deux faiblesses majeures :

- **Exposition directe des activités commerciales au danger** : en cas de sinistre, le rez-de-chaussée est le premier touché, ce qui entraîne des pertes économiques immédiates (boutiques, entrepôts, marchandises).
- **Difficulté d'évacuation des habitants** : cela signifie que tous les habitants résident aux étages supérieurs, ce qui peut entraîner une congestion des escaliers et des ascenseurs lors d'une évacuation d'urgence.

Carte 19 : le cadre bâti de la zone d'étude



- Nombre des logements : 3130 log
- Tol : 6 personnes / logement
- Nombre de population total : 18780 personne
- Types des logements dans les deux quartiers : collectifs
- Etat des logements dans les deux quartiers : en bonne état

Fig. N05 : des photos réelles de l'état des bâtiments dans la zone d'étude



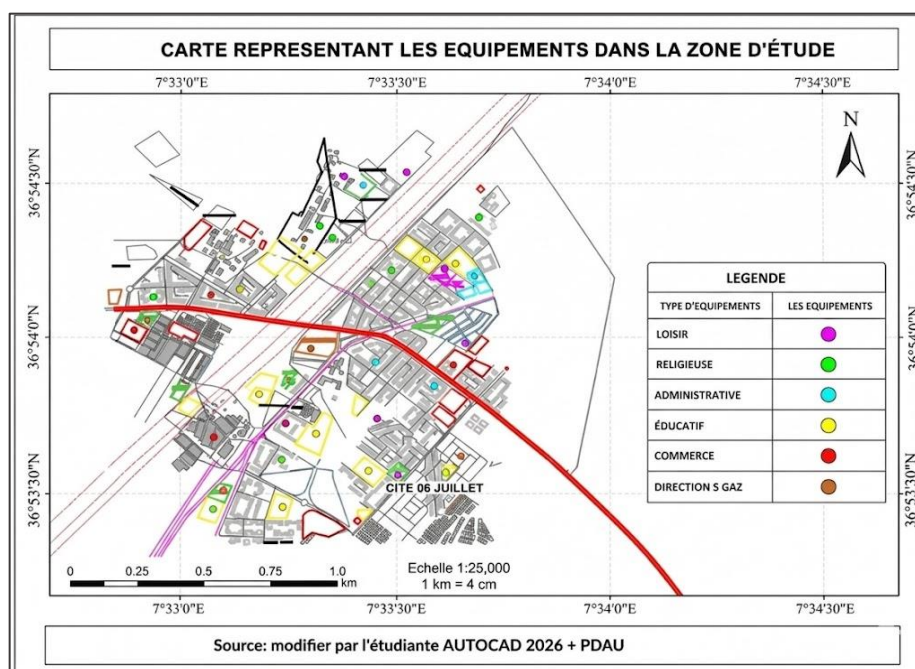
(Photo étudiante, Mars 2026)

En examinant l'historique des inondations (2015-2024), on constate que la plupart des dégâts matériels ont touché les rez-de-chaussée et les commerces ;

il convient donc de tenir compte de ces données lors de la mise en œuvre des mesures d'adaptation : (1) rehausser le niveau des entrées, (2) utiliser des matériaux résistants à l'eau au rez-de-chaussée.

10.2.2. Les équipements :

La zone d'étude comprend plusieurs types d'équipements, notamment : des équipements éducatifs, des équipements religieux, des équipements sanitaires, des équipements de loisirs et des équipements administratifs

Carte 20 : les équipements dans la zone d'étude

10.3. Analyse de cadre non bâti :

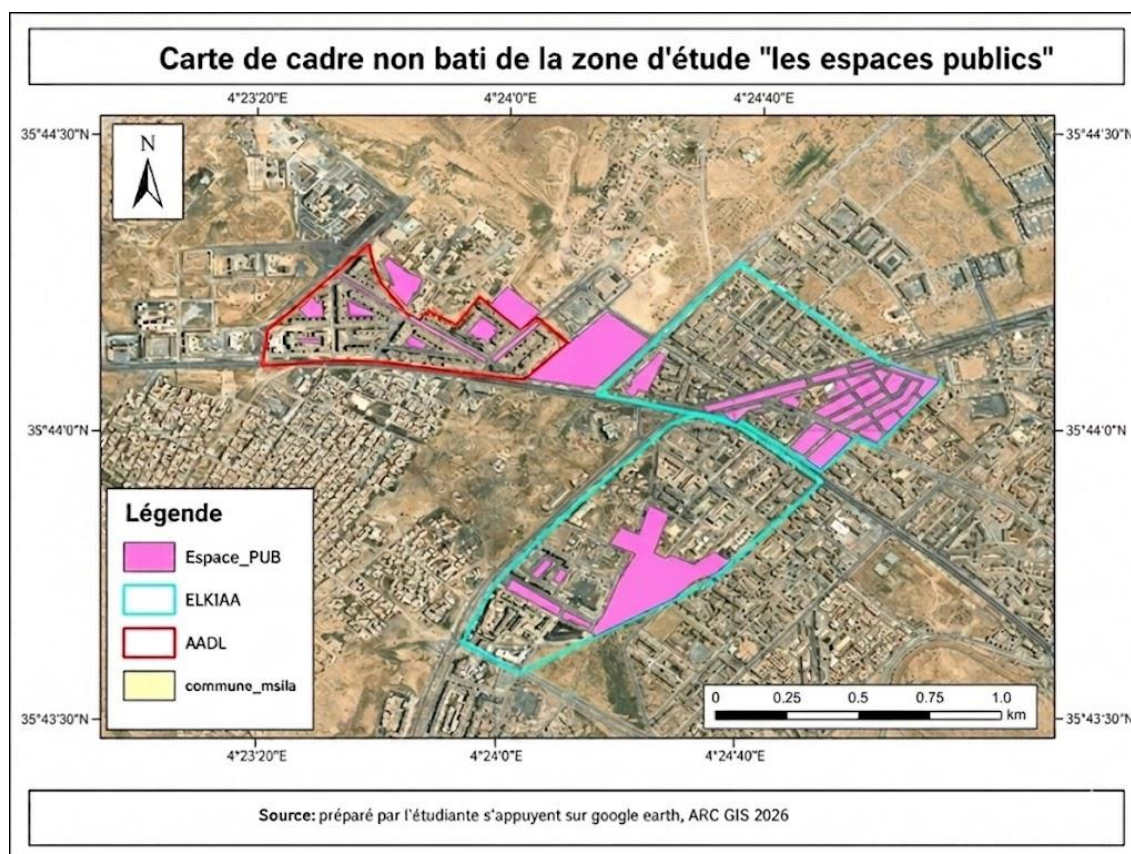
10.3.1. Les espaces publics :

La carte met en évidence la présence d'espaces publics (places, allées, trottoirs) ainsi que d'espaces vides inutilisés dans la zone d'étude. Plutôt que de les considérer comme de simples « vides », on peut les interpréter sous l'angle de la résilience urbaine

comme suit :

Point faible : le fait que le carrelage et l'asphalte soient imperméables, ce qui entraîne la formation de flaques en cas de danger

Point fort : leur transformation et leur utilisation comme moyen de mettre en œuvre la résilience et d'assurer le drainage des eaux

Carte 21 : cadre non bâti de la zone d'étude

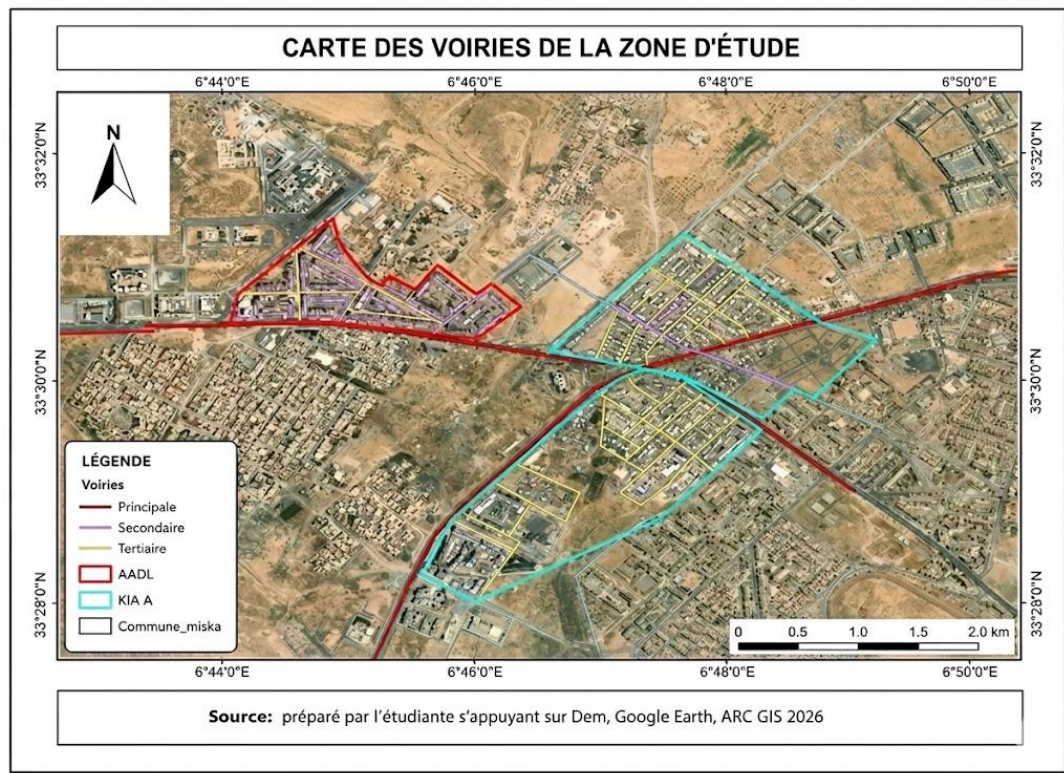
La présence d'un certain nombre d'espaces inoccupés peut constituer un atout pour renforcer et mettre en œuvre la résilience .

10.3.2. Les voiries :

La carte suivante représente les différentes routes bordant la zone d'étude ; une route principale traverse cette zone, d'où partent plusieurs routes secondaires et tertiaires.

La carte représente le réseau routier bordant et traversant la zone d'étude, qui se compose de :

- Route principale N60
- des routes secondaires et tertiaires qui en dérivent

Carte 22 : réseau routière dans la zone d'étude

10.3.2.1 L'accessibilité :

La route principale étant ; Relativement surélevée, elle est considérée comme praticable en cas d'inondation ; de plus, comme elle est perpendiculaire au cours des torrents et des oueds, elle facilite le drainage.

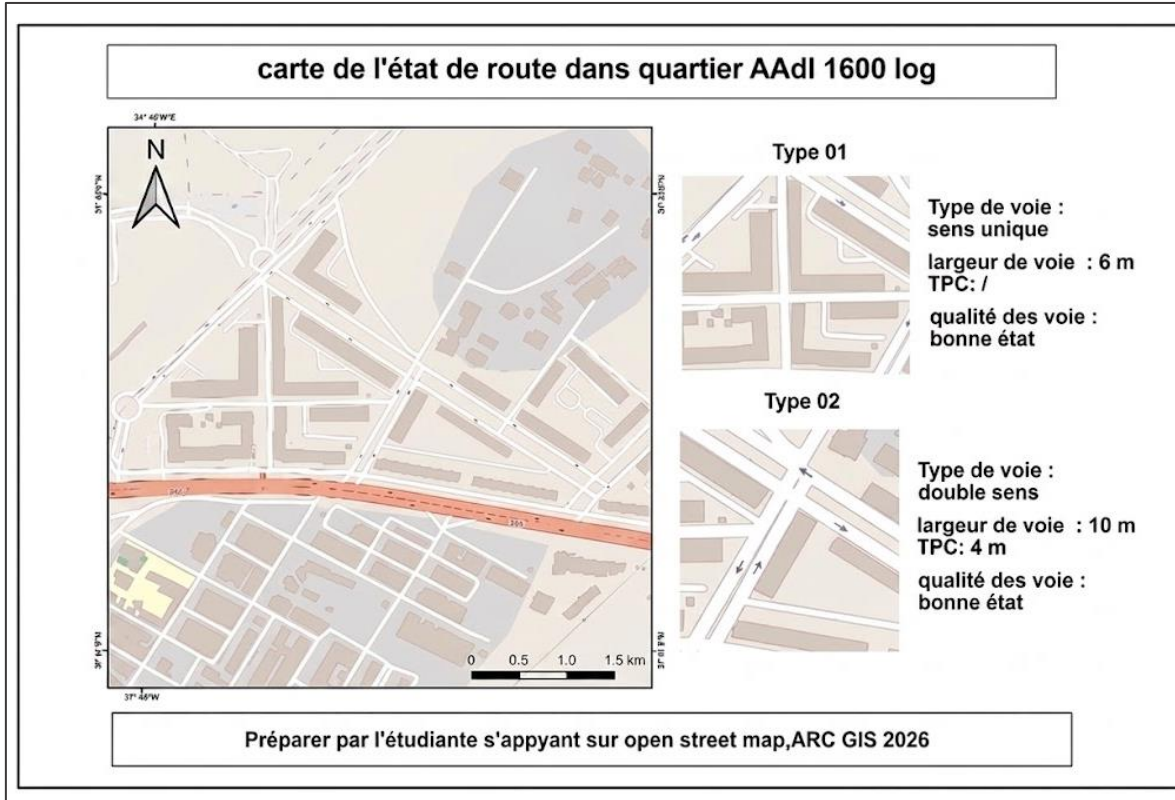
Quant aux routes secondaires et tertiaires, elles sont susceptibles d'être coupées plus facilement en raison de l'accumulation d'eau, car leur largeur est moindre et leur capacité de drainage limitée. Il existe plus d'une sortie par quartier, ce qui est un bon indicateur : si une route principale est bloquée, il existe une alternative pour l'évacuation

Nous avons plus d'une sortie dans chaque quartier, et c'est là un atout. L'un des principes de la résilience urbaine consiste à disposer de voies alternatives

10.3.2.2 Etat des routes :

- **AAdl** :

Carte 23 : l'état de route dans quartier de AAdl 1600 log

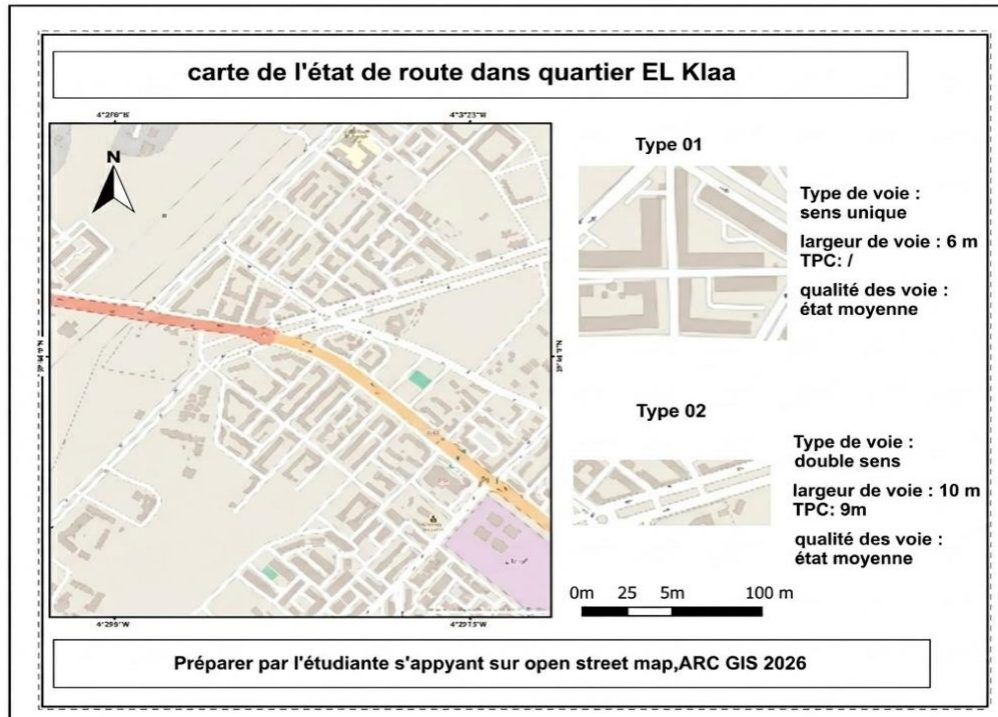


Le quartier d'AAdl se distingue par un réseau routier moderne en bon état, avec une largeur pouvant atteindre 10 m pour les axes principaux (à double sens) et 6 m pour les routes secondaires (à sens unique).

- la bonne largeur (10 m + TPC 4 m) permet le passage aisé des ambulances et des camions de pompiers, et permet également aux habitants de descendre dans la rue et d'utiliser le trottoir comme abri temporaire ou passage piétonnier.
- les routes à sens unique (largeur de 6 m seulement) sont considérées comme critiques ; en effet, la présence d'un véhicule en stationnement ou une accumulation d'eau peut obstruer complètement la route, ce qui entrave l'évacuation.

▪ **EL Kiaa :**

Carte 24 : l'état de route dans quartier de EL Kiaa



Dans le quartier d'Al-Kaya, la largeur des routes, qu'elles soient grandes (10 m) ou petites (6 m), constitue un obstacle, car le quartier est situé dans une zone basse. L'absence de canalisations d'évacuation des eaux pluviales et l'état moyen à mauvais des routes font que l'eau s'y accumule rapidement. Les routes étroites (6 m) empêchent le passage des véhicules de secours, et les routes larges (10 m), malgré leur largeur, sont également exposées aux inondations en raison de la faible altitude du quartier. La résilience est ici très faible.

Fig. N06 : des photos d'état des voiries dans la zone d'étude



(Photo étudiante, Mars 2026)

10.4. Réseaux d'assainissements:

- Type de réseaux : unitaire
- Etat de réseaux : moyenne / mauvais
- Remarque : il Ya un manque remarquable de se réseaux en plus L'absence d'entretien régulier des canaux, le fait de ne pas les nettoyer et de ne pas éliminer les obstacles de terre et de roche qui favorisent un bon écoulement en cas de crue

Fig. N07 : des photos d'état des avaloires dans la zone d'étude



(Photo étudiante, Mars2026)

Les réseaux d'assainissement unitaires mélangent les eaux pluviales et les eaux usées, ce qui réduit considérablement la résilience urbaine. En effet, toute inondation entraîne une pollution environnementale et la propagation de maladies. De plus, le problème est aggravé par l'état médiocre ou déplorable du réseau

Pour améliorer la résilience, nous recommandons :

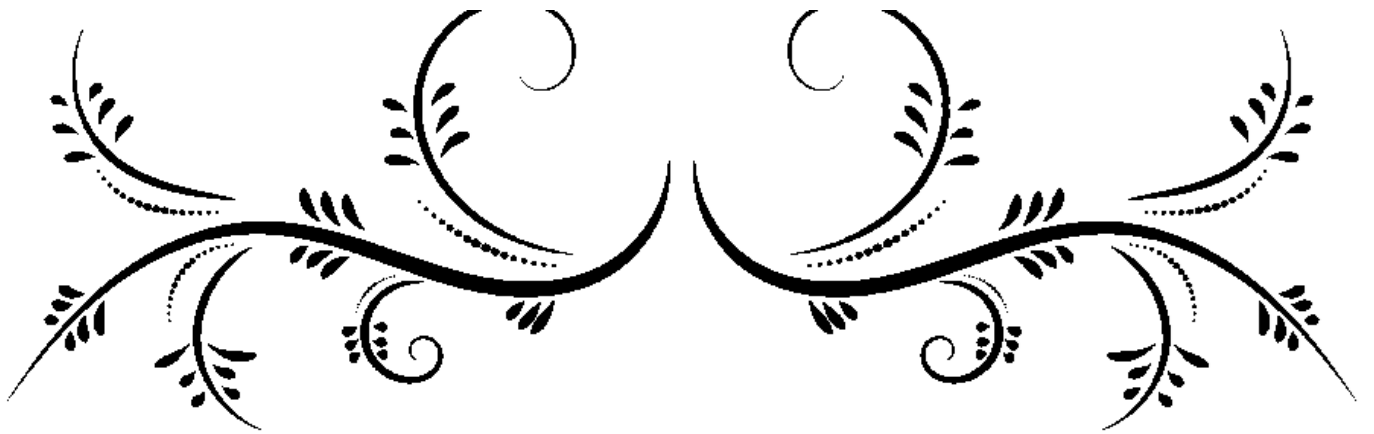
- De transformer le réseau en un système autonome à long terme.
- De nettoyer régulièrement les canalisations et d'éliminer les obstructions causées par la boue et les roches (comme le montrent les photos).
- D'augmenter le nombre de bouches d'égout aux points bas du El Kiaa

Conclusion :

La zone étudiée présente une faible résilience urbaine face aux inondations, en particulier dans le quartier de EL kiaa, en raison de sa topographie et de son hydrographie, d'un réseau d'assainissement unitaire défaillant et de rez-de-chaussée commerciaux exposés aux risques. Elle dispose toutefois de réelles opportunités pour renforcer sa résilience, notamment grâce à la présence d'espaces libres, à la faible pente du site d'AAAdl et à la multiplicité des issues.

Bien que le PDAU ait signalé que cette zone était exposée aux inondations, aucune mesure ni précaution de sécurité n'a été prise lors de la catastrophe.

Ce diagnostic ouvre la voie au chapitre suivant, où seront proposées des solutions concrètes pour renforcer la résilience urbaine, en tenant compte de ces forces et faiblesses.



III. Chapitre 03 :

Evaluation et interprétations de résultat



Chapitre 03 : Evaluations et interprétations des résultats

Définition :

Afin de modéliser les risques d'inondation liés aux précipitations dans les zones « El Kiaa » et « AADL 1600 logements », et compte tenu des données disponibles sur la zone d'étude, nous avons adopté une approche combinant plusieurs logiciels. Tout d'abord, HYFRAN PLUS a été utilisé pour ajuster les séries pluviométriques à la loi de Gumbel et estimer les précipitations pour différentes périodes de retour. Ensuite, HEC-HMS a permis de transformer les précipitations en débit de ruissellement. Enfin, HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center River Analysis System), développé par le Corps des ingénieurs de l'armée américaine, a été utilisé pour simuler l'écoulement des eaux en régime permanent et transitoire, et cartographier les zones exposées aux inondations selon différentes périodes de récurrence.

1. Simulation des précipitations et du ruissellement :

1.1. Calcul période de retour :

Pour calculer la période de retour on utilise des données climatiques rigoureuses et applique la loi de Gumbel :

1.1.1. Sérier de précipitations : utilisation des pluies journalières maximales de la station de m'sila (05 10 03) (1988 -2021)

Tableau N16 : Série des pluies journalières maximales (PJ max) – Station de M'sila (1988-2021)

Numéro d'ordre	Années d'observation	Pluies journaliers maximales (mm)	Classement PJ max (mm)	Fréquence (F)	La variable réduite (U)
1	1988	24.20	10,3	0,01470588	-2.18
2	1989	32.00	11,4	0,04411765	-1.71
3	1990	24.20	13	0,07352941	-1.45
4	1991	18.70	13	0,10294118	-1.26
5	1992	20.00	16,3	0,13235294	-1.11
6	1993	26.40	16,6	0,16176471	-0.99
7	1994	26.00	16,7	0,19117647	-0.87
8	1995	35.00	17,7	0,22058824	-0.76

9	1996	10.30	17,75	0,25000000	-0.67
10	1997	11.40	18,7	0,27941176	-0.58
11	1998	25.80	20	0,30882353	-0.50
12	1999	7.00	22,6	0,33823529	-0.43
13	2000	16.70	23	0,36764706	-0.34
14	2001	13.00	24,2	0,39705882	-0.25
15	2002	42.50	24,2	0,42647059	-1.18
16	2003	25.00	24,5	0,45588235	-1.11
17	2004	13.00	25	0,48529412	-0.04
18	2005	32.6	25,8	0,51470588	0.04
19	2006	53.00	25,8	0,54411765	1.11
20	2007	23.00	26	0,57352941	1.18
21	2008	22.60	26,1	0,60294118	0.25
22	2009	28.40	26,25	0,63235294	0.34
23	2010	58.80	26,4	0,66176471	0.43
24	2011	26.10	28,4	0,69117647	0.5
25	2012	24.50	31,1	0,72058824	0.58
26	2013	16.30	32	0,75	0.67
27	2014	17.70	32,6	0,77941176	0.76
28	2015	37.00	33,1	0,80882353	0.87
29	2016	16.60	33,1	0,83823529	0.99
30	2017	31.10	35	0,86764706	1.11
31	2018	33.10	37	0,89705882	1.26
32	2019	33.10	42,5	0,92647059	1.45
33	2020	26.25	53	0,95588235	1.71
34	2021	25.80	58,8	0,98529412	2.18

(Houbib Hanane, 2025, p. 288-289)

1.1.2. La loi de probabilité : ajustements de la série pluviométrique selon la loi de Gumbel pour estimer l'intensité des pluies

La fonction de répartition de la loi de Gumbel est :

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

Tel que :

$$y = a(X - X_0)$$

$$F(x) = f(y)$$

$$N = 1 / (1 + F)$$

Où :

F(x) : Fréquence au dépassement de la valeur de x.

y : variable réduite de GUMBEL.

x : précipitation maximale journalière (mm).

a, X₀ : coefficient d'ajustement sont calculés par la (Méthode des moindres carrés).

X₀ : paramètre de position (mode).

a : paramètre d'échelle différent de zéro et positif appelé quand il se trouve sous forme 1/a .

N : période de retour

L'ajustement des pluies maximales journalières selon cette loi de Gumbel a été réalisé à l'aide du logiciel **HYFRAN PLUS**.

Les résultats obtenus sont présentés dans la Fig. N° 58 qui montre le tracé de la droite sur du papier Gumbel, dans un intervalle de confiance de 95 %.

Fig. N09 : Observation sur papier de probabilités

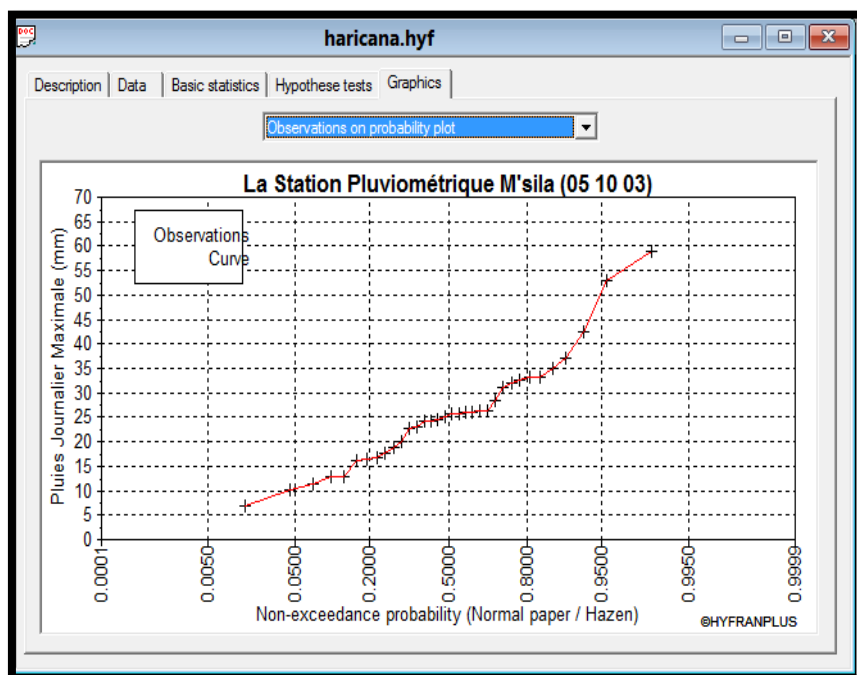
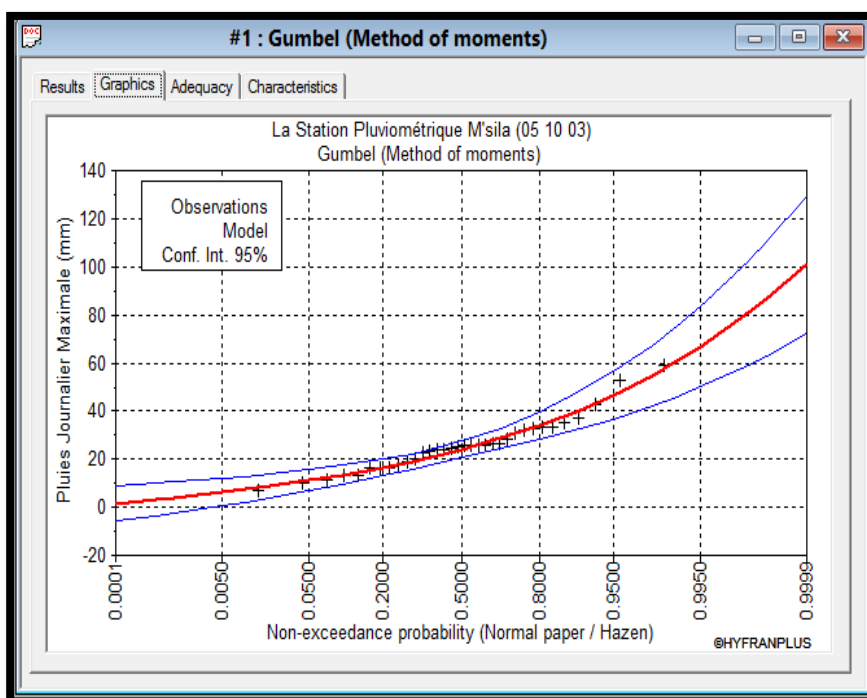


Fig. N10 : Le tracé de la droite est représenté sur papier Gumb



1.1.3. Période de retour calcules des débits pour des occurrences de ... Ans) fréquence décennale)

La période de retour correspond au laps de temps nécessaire pour qu'un événement pluvieux d'une certaine intensité se reproduise. En matière d'assainissement, ce choix est fondé sur des considérations générales ou spécifiques, le niveau de protection souhaité ou le compromis accepté, et il est généralement déterminé par les autorités locales. Il est en effet préférable de garantir un niveau de protection uniforme sur l'ensemble du réseau. Dans cette étude, une période de retour d'environ 10 ans est retenue.

Tableau N17 : Précipitations maximales (Pj max) pour différentes périodes de retour (loi de Gumbel)

T (Années)	Q (la fréquence)	XT (Pj max) mm	Ecart type
10000	0.9999	101	14.6
2000	0.9995	86.9	12.1
1000	0.9990	80.9	11.1
200	0.9950	66.8	8.75
100	0.9900	60.8	7.51
50	0.9800	54.7	6.44
20	0.9500	46.6	5.05
10	0.9000	40.4	3.99
5	0.8000	33.8	2.96
3	0.6667	28.6	2.23
2	0.5000	24.0	1.76

D'après le calcul de la période de retour par l'application de la loi de Gumbel on obtient les résultats suivants :

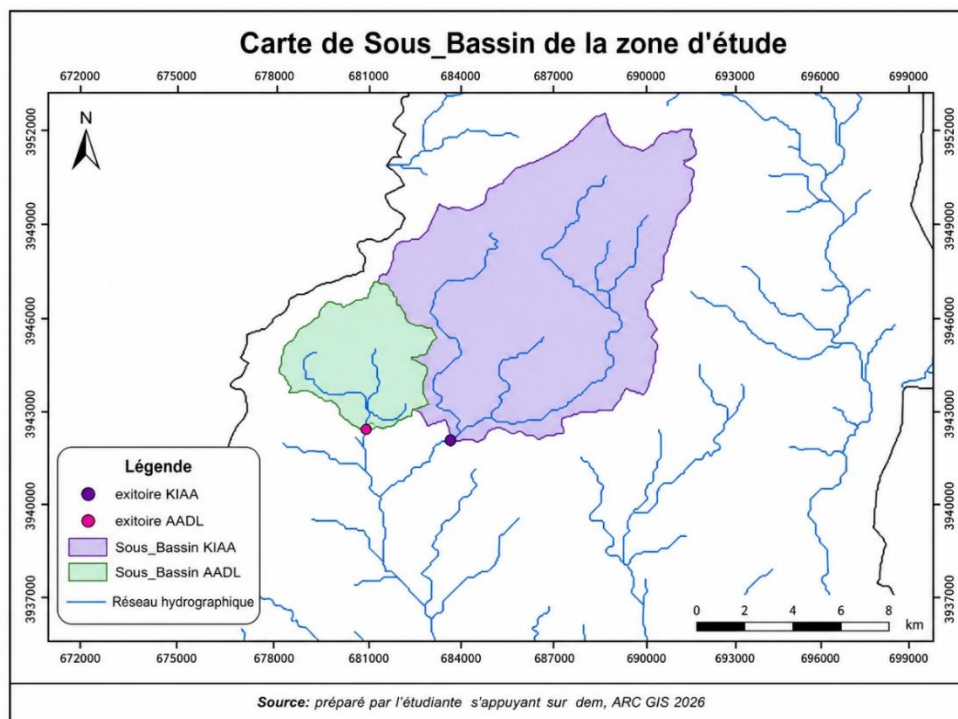
- Période de retour 100 ans, le PJ max = **60.4 mm**
- La fréquence de 58.8 mm est : **78 ans**

2. Les Résultats de la Simulation :

2.1. La quantité d'eau précipité :

La surface (du bassin) * précipitation max j

Carte 24 : Les Sous-bassins de la zone d'étude



2.1.1. La quantité d'eau du Sous-Bassin de EL Kiaa :

$$9180824 * (60.4 / 1000) = 554521,8 \text{ m}^3$$

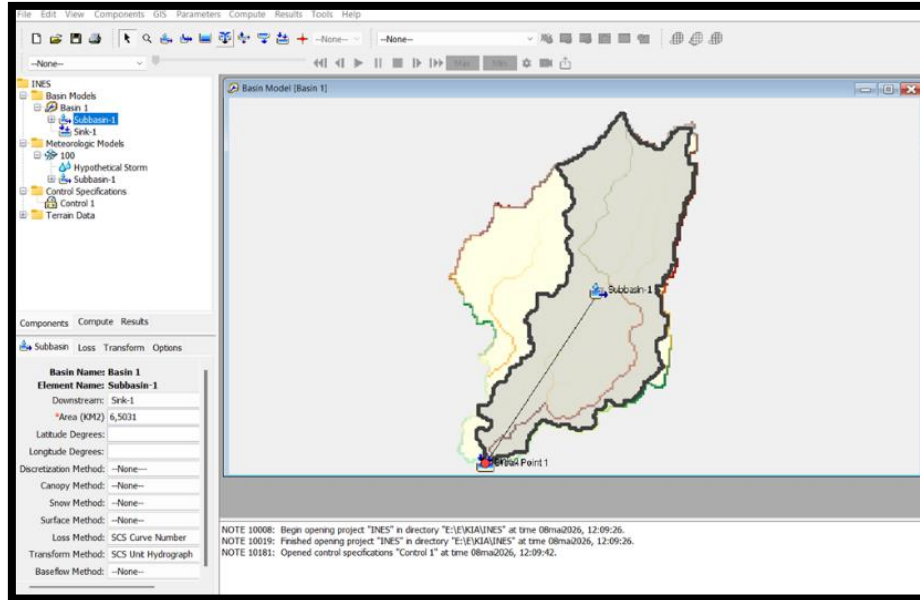
2.1.2. La quantité d'eau du Sous-Bassin de l'AADL :

$$2054340 * (60,4/1000) = 124082,1 \text{ m}^3$$

2.2. Transformation pluie-débit « HEC_HMS – HEC_RAS » :

▪ Exemple de quartier El Kiaa :

Fig. N11 : le sous-bassin de cas d'étude « El Kiaa »



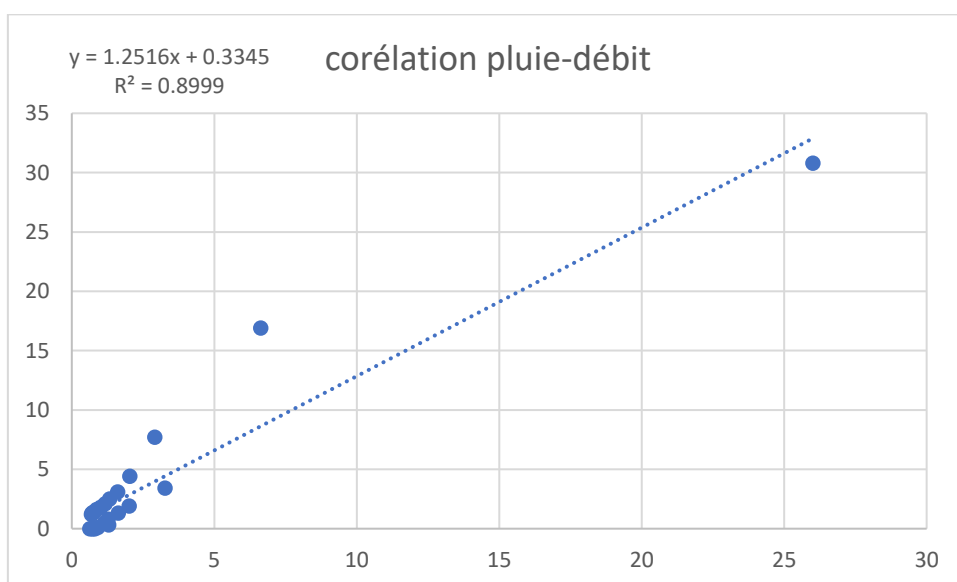
Nous allons procéder à une simulation d'écoulement pour la conversion pluie-débit à l'aide du logiciel « HEC-HMS » qui nous a été fourni. À partir des précipitations maximales quotidiennes de la station de Msila (05 10 03) (1988-2021), voici les résultats obtenus :

Tableau N18 : Les résultats de la transformation pluie-débit « HEC-HMS »

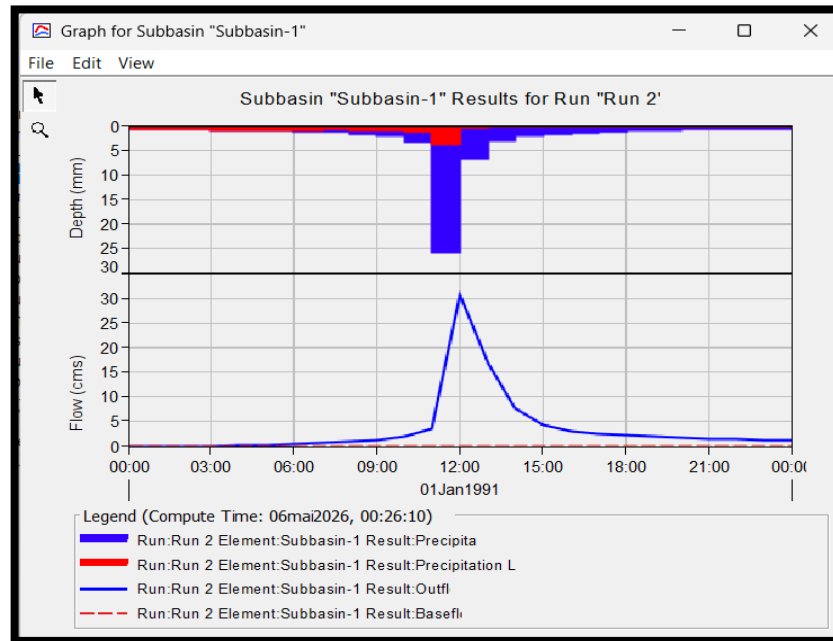
Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
00:00		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
01:00	0,64	0,64	0,00	0,0	0,0	0,0
02:00	0,70	0,70	0,00	0,0	0,0	0,0
03:00	0,76	0,76	0,00	0,0	0,0	0,0
04:00	0,82	0,82	0,00	0,0	0,0	0,0
05:00	0,91	0,83	0,08	0,1	0,0	0,1
06:00	1,03	0,83	0,20	0,3	0,0	0,3
07:00	1,15	0,81	0,35	0,5	0,0	0,5
08:00	1,28	0,77	0,50	0,8	0,0	0,8
09:00	1,64	0,85	0,79	1,3	0,0	1,3
10:00	2,07	0,89	1,18	1,9	0,0	1,9
11:00	3,28	1,11	2,17	3,4	0,0	3,4
12:00	26,01	3,78	22,24	30,8	0,0	30,8

13:00	6,63	0,42	6,21	16,9	0,0	16,9
14:00	2,92	0,16	2,76	7,7	0,0	7,7
15:00	2,04	0,10	1,94	4,4	0,0	4,4
16:00	1,61	0,07	1,54	3,1	0,0	3,1
17:00	1,33	0,06	1,27	2,5	0,0	2,5
18:00	1,17	0,05	1,12	2,1	0,0	2,1
19:00	1,02	0,04	0,97	1,8	0,0	1,8
20:00	0,87	0,03	0,83	1,6	0,0	1,6
21:00	0,77	0,03	0,74	1,4	0,0	1,4
22:00	0,75	0,03	0,72	1,3	0,0	1,3
23:00	0,71	0,03	0,68	1,3	0,0	1,3
00:00	0,69	0,03	0,66	1,2	0,0	1,2

Diagramme de la méthode de double cumul pour la station de M'sila

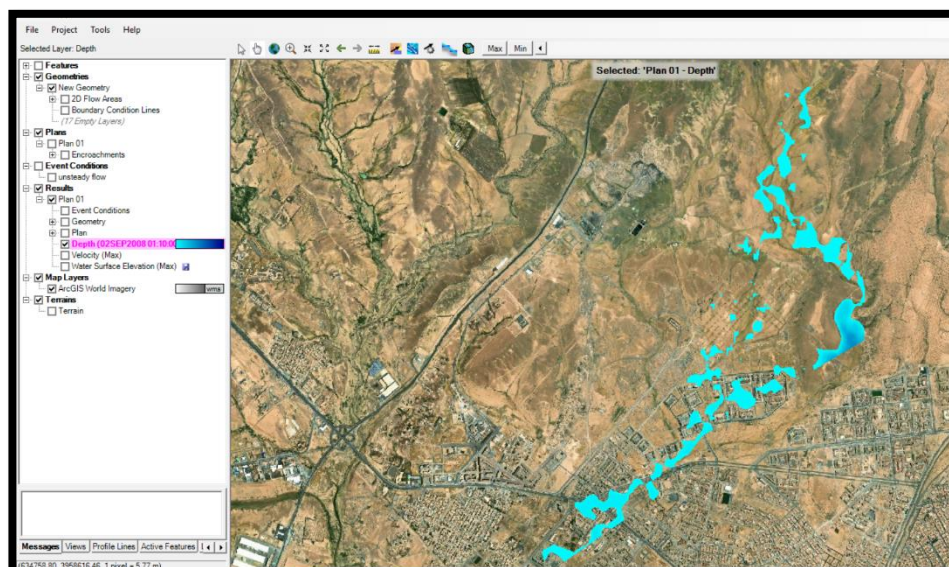


Les données sont cohérentes et fiables ; grâce à ce test, nous pouvons compter sur la station pour mener à bien l'étude climatique et hydrologique

Fig. N12 : hydrographe de cru de sous-bassin « El Kiaa »

L'hydrogramme montre que le pic de crue atteint $30,8 \text{ m}^3/\text{s}$ et survient 12 heures après le début des précipitations. » Cela signifie que l'inondation touche la région de manière relativement inattendue en seulement 12 heures. Après avoir atteint son pic, le débit commence à diminuer progressivement. Cette information est essentielle pour déterminer le délai de réaction disponible pour l'opération d'évacuation.

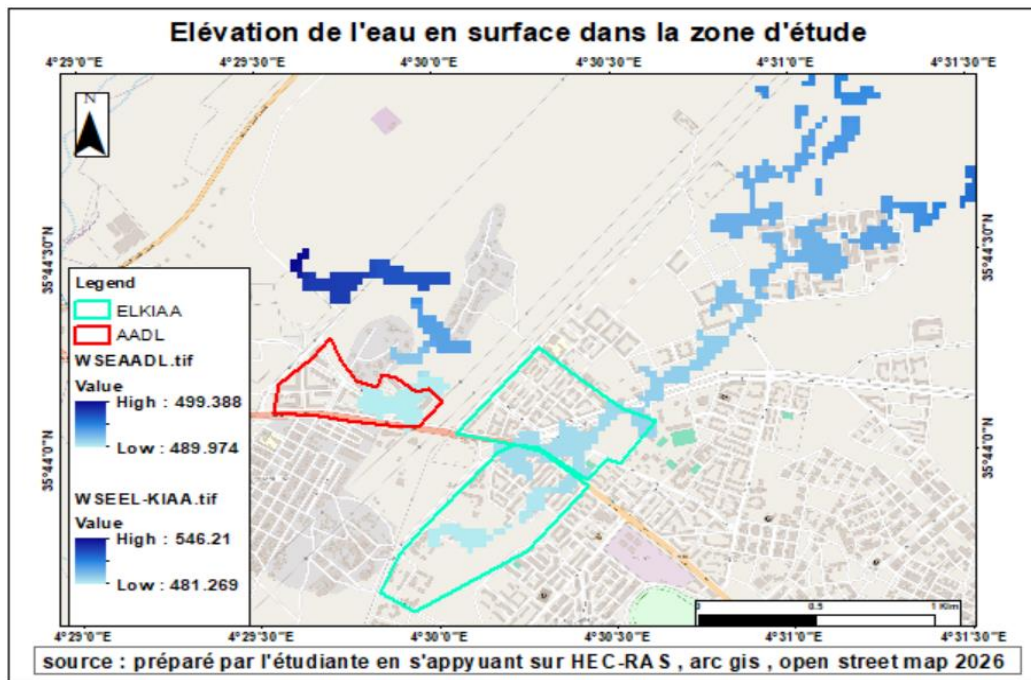
Le travail précédent a été transféré vers le HEC-RAS pour y réaliser la simulation, menant au résultat suivant :

Fig. N13 : Les zone inondable dans El Kiaa (HEC-RAS)

La carte montre clairement une grande variation du niveau de l'eau entre les deux quartiers

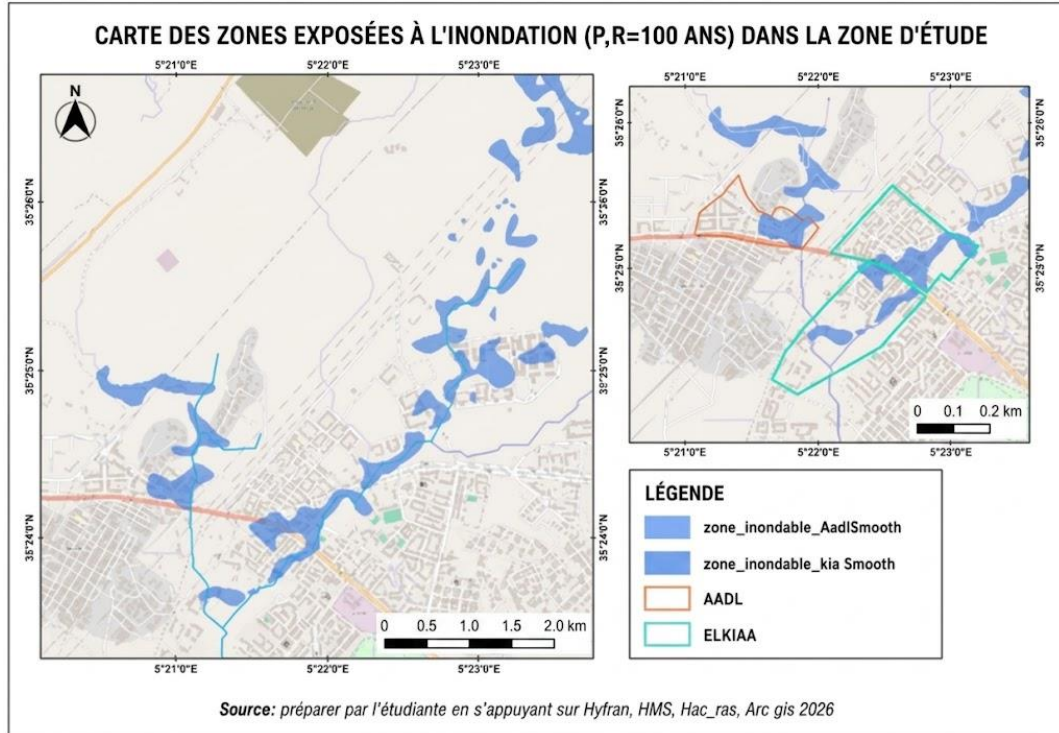
- **Dans le quartier AADL** : le niveau de l'eau varie entre 489,974 mètres (minimum) et 499,388 mètres (maximum). Cette fourchette relativement basse est homogène, ce qui pourrait indiquer que le quartier est situé sur un plateau ou un terrain surélevé et relativement plat, ce qui le rend moins exposé aux inondations.
- **Dans le quartier EL Kiaa** : le niveau de l'eau varie entre 481,269 mètres (très bas) et 546,21 mètres (très haut). Cet écart important (plus de 65 mètres) indique que ce quartier est situé dans une zone en pente ou au confluent de vallées. C'est cette forte variation qui crée un écoulement concentré et puissant des eaux, augmentant considérablement le risque d'inondation.

Carte25 : Elévation d'eau en surface dans la zone d'étude



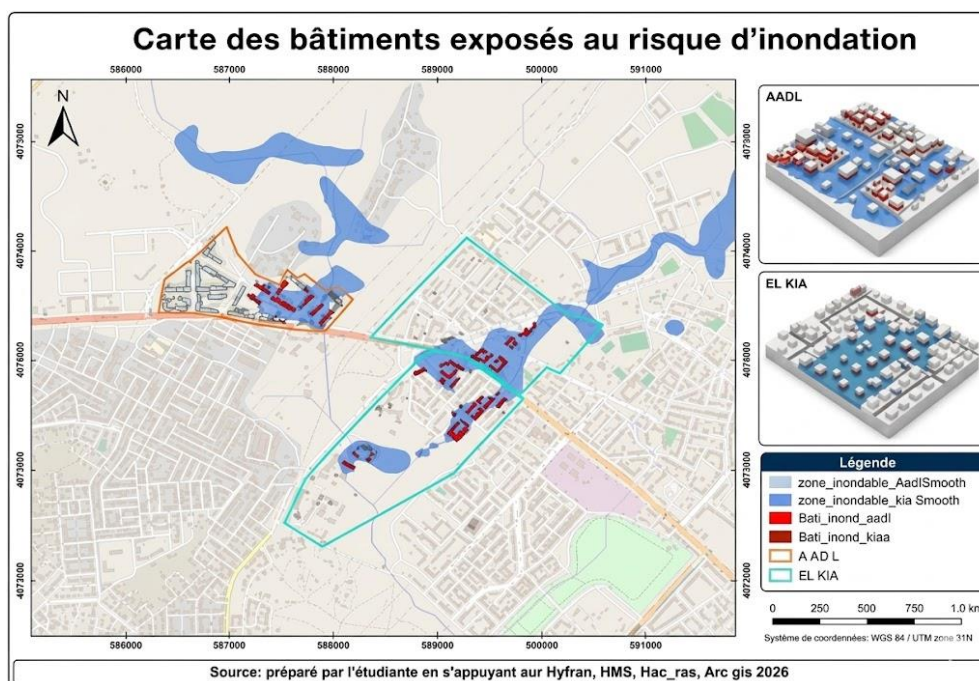
3. Les zones inondables :

Carte 26 : Les zones exposées à l'inondation (période retour 100 ans) – zoom sur la zone d'étude



La carte suivante montre l'inondation de la zone concernée lors d'un événement centennal. On constate que le quartier d'est beaucoup plus inondé que celui d'Adl. Cela signifie que la résilience urbaine du quartier d'El Kiaa est actuellement quasi inexistante, et que toute inondation de cette ampleur isolerait complètement le quartier et submergerait la plupart de ses bâtiments et de ses routes. En revanche, l'élévation du quartier d'Adl a contribué à réduire son taux d'inondation, mais le danger demeure et il reste nécessaire de remédier aux points faibles identifiés en son sein.

Carte 27 : Les bâtiments exposés au risque d'inondation



La carte des zones inondables montre que le quartier de Al-Kaya est presque entièrement inondé (plus de 70 % de sa superficie) en cas de crue centennale, tandis que le quartier d'Adl ne voit que 5 % de sa superficie inondée.

4. Analyse de la vulnérabilité physique et sociale :

4.1. Aléa : la distance entre bâti et oued (El Kiaa)

Carte28 : l'aléa de la période de retour de 100ans dans la zone d'étude « El Kiaa »

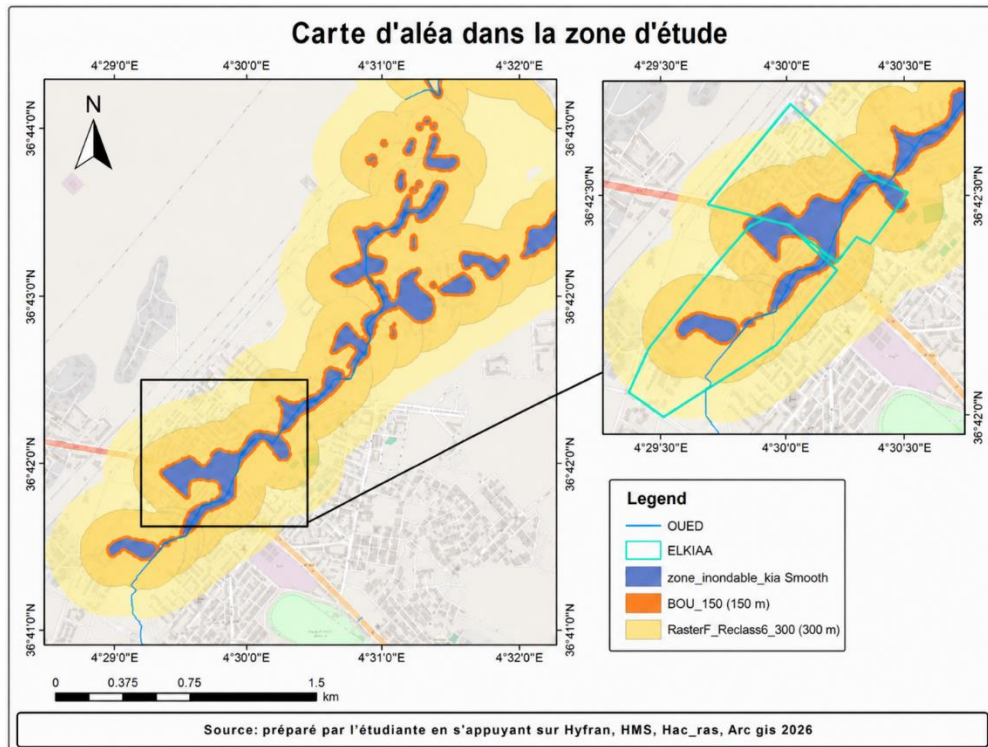


Tableau N19 : Classification de l'aléa selon la distance à l'oued (Zone El Kiaa)

	Buffer (m)	Aléa
Zone 1	Zone inondable	Forte
Zone 2	150	Moyenne
Zone 3	300	Faible

Classification des risques à l'aide du BAFER. Les zones situées à l'intérieur même de la vallée (BAFER 0 m) ont été classées comme présentant un risque élevé. La zone située à 150 mètres a été classée comme présentant un risque moyen, et celle située à 300 mètres comme présentant un faible risque. Cette classification correspond à l'analyse topographique précédente, le quartier de El Kiaa étant situé en contrebas et à proximité du bassin versant.

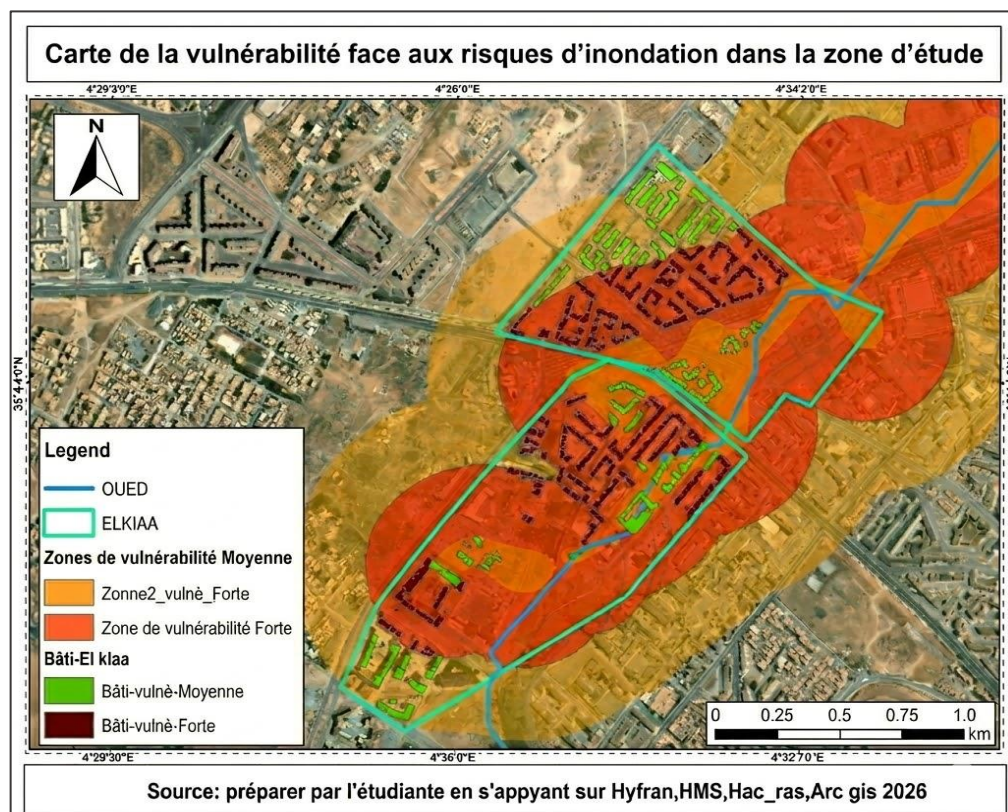
4.2. Vulnérabilité (El Kiaa) :

Tableau N20 : Calcul de la vulnérabilité pour le quartier El Kiaa (population, logements, distance)

	N . population		N . logements		Distance oued		Somme / résultat	
Zone 1	2016	2	336 log	2	60	6	10	Moyenne
Zone 2	5784	6	948 log	6	346	4	16	Forte
Zone 3	2898	4	483 log	4	590	2	10	Moyenne

Dans la zone étudiée, **la route principale N60 est perpendiculaire** à la vallée, ce qui réduit la vulnérabilité de ce quartier

Carte 29: la vulnérabilité face aux risques d'inondation dans la zone d'étude « El Kiaa »



La carte des vulnérabilités du quartier d'Al-Kaya montre que la zone 2, bien qu'elle ne soit pas la plus proche de la vallée, est la plus peuplée (5 784 habitants et 948 logements), ce qui élève son niveau de vulnérabilité à « élevé ». La zone la plus proche de la vallée (Zone 1) est moins peuplée (2 016 habitants) et son niveau de vulnérabilité a donc été classé comme « moyen ». Cela signifie que le risque ne dépend pas uniquement de la proximité de la vallée, mais qu'il est également influencé par le nombre de logements et d'habitants exposés.

- Facteur aggravant identifié : obstruction de l'exutoire Est par remblaiement partiel.

4.3. Évaluation des risques :

$$\text{Risque} = (\text{Aléa} \times \text{Vulnérabilité})$$

4.3.1. Matrice des risques :

Tableau N21 : Matrice de calcul du risque (Aléa × Vulnérabilité)

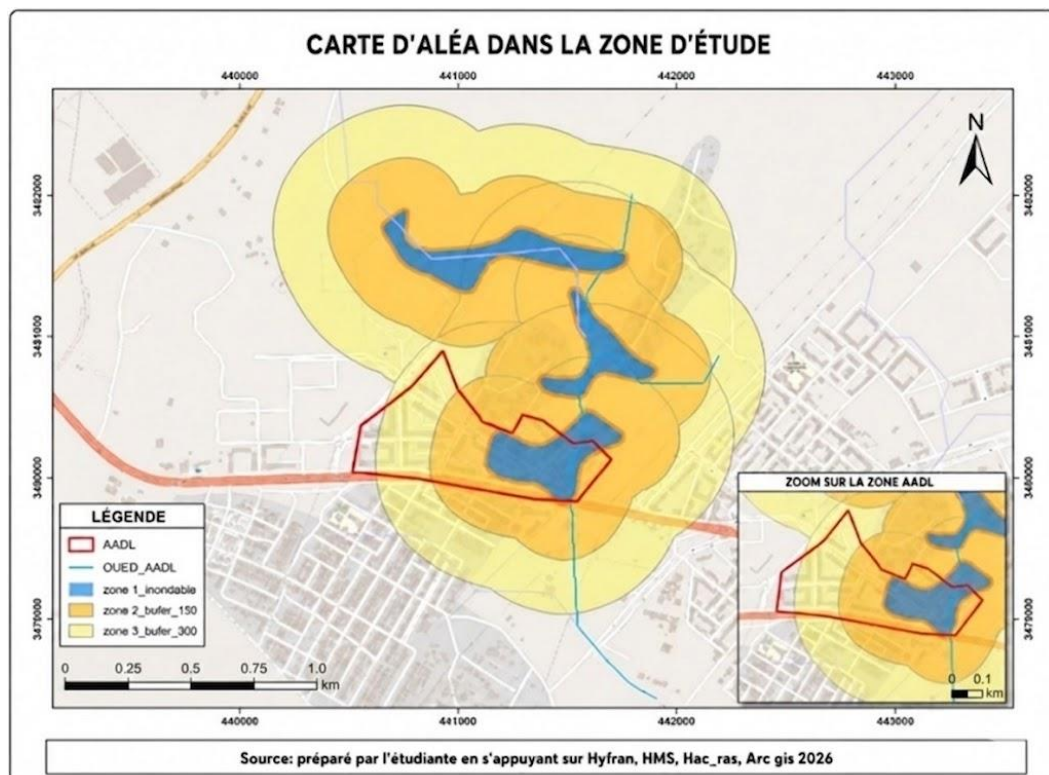
	Forte	Moyenne	Faible
Forte	Forte	Forte	Moyenne
Moyenne	Forte	Moyenne	Faible
Faible	Moyenne	Faible	Faible

4.3.2. Résultat : Matrice de calcul du risque (Aléa × Vulnérabilité)

- Zone 1 Vulnérabilité « Forte » * Aléa « Moyenne » = Forte
- Zone 2 Vulnérabilité « Moyenne » * Aléa « Forte » = Forte
- Zone 3 Vulnérabilité « Faible » * Aléa « Moyenne » = Moyenne

4.4. Aléa : la distance entre bâti et oued (AAAd 1600 Log) :

Carte30 : l'aléa de la période de retour de 100ans dans la zone d'étude « AAAd 1600 log»



Classification des risques à l'aide du BAFER. Les zones situées au cœur même de la vallée (BAFER 0 m) ont été classées comme présentant un risque élevé. La zone située à 150 mètres a été classée comme présentant un risque moyen, et celle située à 300 mètres comme présentant un faible risque. Cette classification correspond à l'analyse topographique précédente, le quartier d'El Kiaa étant situé en contrebas et à proximité du bassin versant.

Tableau N22 : Classification de l'aléa pour le quartier AADL 1600 Logements

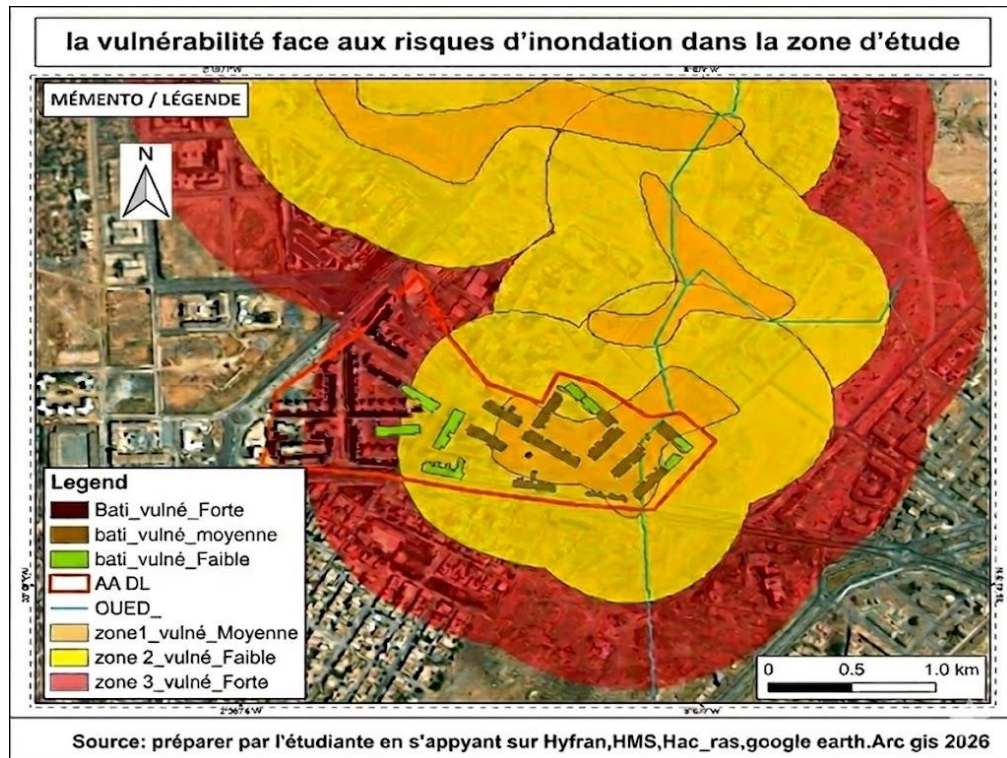
	Buffer (m)	Aléa
Zone 1	Zone inondable	Forte
Zone 2	150	Moyenne
Zone 3	300	Faible

4.5. Vulnérabilité (AAdl 1600 Log) :

Tableau N23 : Calcul de la vulnérabilité pour le quartier AADL 1600 Logements

	N . population		N . logements		Distance oued m		Somme / résultat	
Zone 1	2322	4	387	4	1.5	6	14	Moyenne
Zone 2	1458	2	243	2	280	2	6	Faible
Zone 3	2700	6	450	6	463	4	16	Forte

Dans la zone étudiée, **la route principale N60 est perpendiculaire** à la vallée, ce qui réduit la vulnérabilité de ce quartier

Carte 31 : la vulnérabilité face aux risques d'inondation dans la zone d'étude « AAdl 1600 »

Dans le quartier d'Adl, la zone 3, bien qu'éloignée de la vallée, est la plus densément peuplée (2 700 habitants et 450 logements), ce qui lui a valu d'être classée comme « très exposée aux risques », tandis que la zone 2, la moins densément peuplée (1 458 habitants), a été classée comme « peu exposée au risque ». Cela confirme que l'exposition au risque ne dépend pas uniquement de la proximité de la vallée, mais aussi du nombre d'habitants et de logements exposés au risque.

- **Facteur aggravant identifié : conduites sous-dimensionnées (refoulement fréquent)**

4.6. Évaluation des risques :

$$\text{Risque} = (\text{Aléa} \times \text{Vulnérabilité})$$

4.6.1. Matrice des risques :

Tableau N24 : Matrice de calcul du risque (Aléa × Vulnérabilité)

	Forte	Moyenne	Faible
Forte	Forte	Forte	Moyenne
Moyenne	Forte	Moyenne	Faible
Faible	Moyenne	Faible	Faible

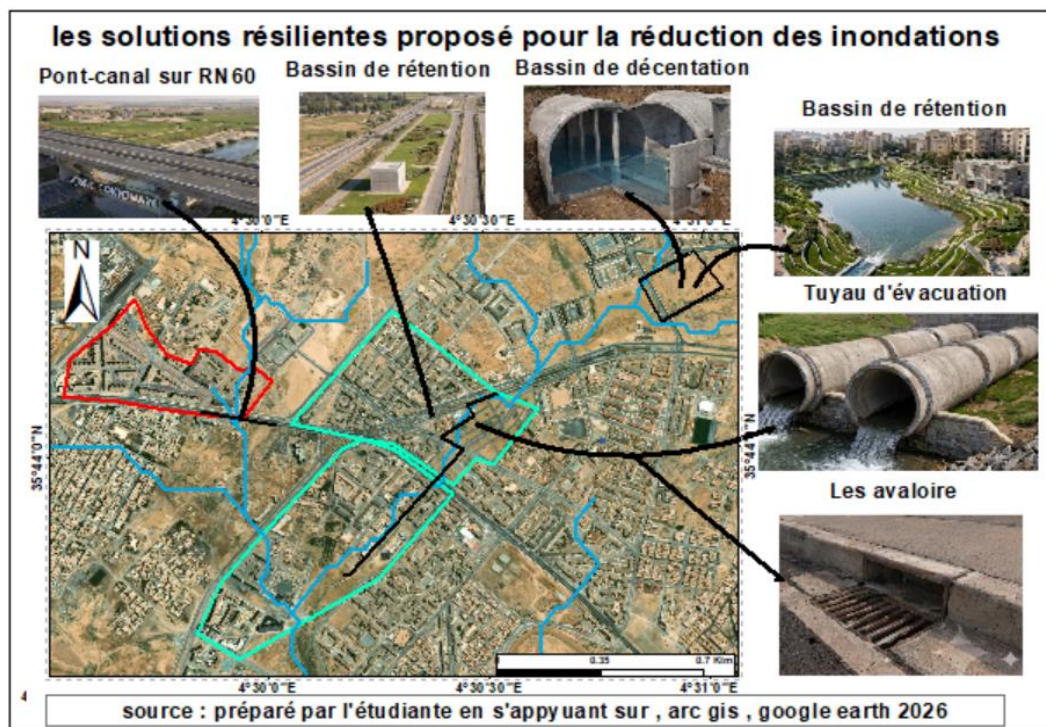
4.6.2. Résultat :

- Zone 1 Vulnérabilité « Moyenne » * Aléa « Forte » = Forte
- Zone 2 Vulnérabilité « Faible » * Aléa « Moyenne » = Faible
- Zone 3 Vulnérabilité « Faible » * Aléa « Moyenne » = Moyenne

5. Le projet « L'intervention » :

Basé sur le diagnostic précédent, qui a révélé une vulnérabilité significative du tissu urbain et des infrastructures face aux risques d'inondation, nous proposons un ensemble de solutions intégrées. Ces solutions prennent en compte la nature spécifique de chaque quartier (EL KIA et AADL), les volumes d'eau estimés (554 521 m³ pour EL KIA et 124 082 m³ pour AADL), les espaces disponibles, et la possibilité de réutiliser les eaux stockées. L'objectif est de renforcer la résilience urbaine et de minimiser les impacts des événements pluvieux extrêmes.

Carte 32 : les solutions résilientes proposé pour la réduction des inondations



5.1. Solutions pour le Quartier EL KIA

Le quartier EL KIA, caractérisé par un risque d'inondation lent et de longue durée, nécessite un système de gestion des eaux pluviales capable de stocker de grands volumes et de permettre une réutilisation ou une infiltration progressive. Le système proposé est un « système de stockage double ».

5.1.1. Description du Système de Stockage Double

- **Bassin de Rétention (en surface)** : Situé en amont du quartier, ce bassin est conçu pour intercepter les eaux de ruissellement avant qu'elles n'atteignent les zones habitées. Sa capacité est de 275 000 m³, avec des dimensions de 250 m de long, 175 m de large, et une profondeur totale de 6.5 m (dont 3 m creusés dans le sol et 3.5 m de mur émergé).
- **Bassin de Décantation (souterrain)** : Directement sous le bassin supérieur, ce bassin souterrain occupe la même surface (250 m × 175 m) avec une profondeur de 3.5 m, pour une capacité de 150 000 m³. Il permet de stocker l'eau après une première décantation.
- **Vanne** : Cette vanne fonctionne uniquement par gravité, car le bassin inférieur se trouve à une cote topographique supérieure au point de rejet (exutoire naturel dans l'oued). Son ouverture est automatique (par flotteur ou télécommande). Ce choix est plus économique et réduit la maintenance
- **Tuyau d'Évacuation** : Un tuyau de **1.5 mètre** de diamètre et **1,21 Km** de longueur est placé dans la partie basse du quartier pour évacuer l'excès d'eau vers le lit naturel de l'oued lorsque les bassins sont pleins ou en cas de besoin.

- Débit (Q) :

$$Q = \text{Volume} / \text{Temps}$$

$$Q = 110\,000 \text{ m}^3 / 86\,400 \text{ s}$$

$$Q = 1,27 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Section du tuyau (S) :

$$S = Q / V$$

Avec V = vitesse de l'eau dans le tuyau (choix : 1 m/s, valeur sécuritaire pour une conduite en béton)

$$S = 1,27 / 1 = 1,27 \text{ m}^2$$

- Diamètre du tuyau (D) :

$$S = \pi \times (D^2 / 4)$$

$$D^2 = (4 \times S) / \pi$$

$$D^2 = (4 \times 1,27) / 3,14 = 1,62 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{1,62} = 1,27 \text{ m}$$

- Valeur retenue : D = 1,50 m (après ajout d'une marge de sécurité).

Fig. N° 14 : Profil altimétrique du tracé proposé pour le tuyau d'évacuation – Extraction Google Earth Pro.

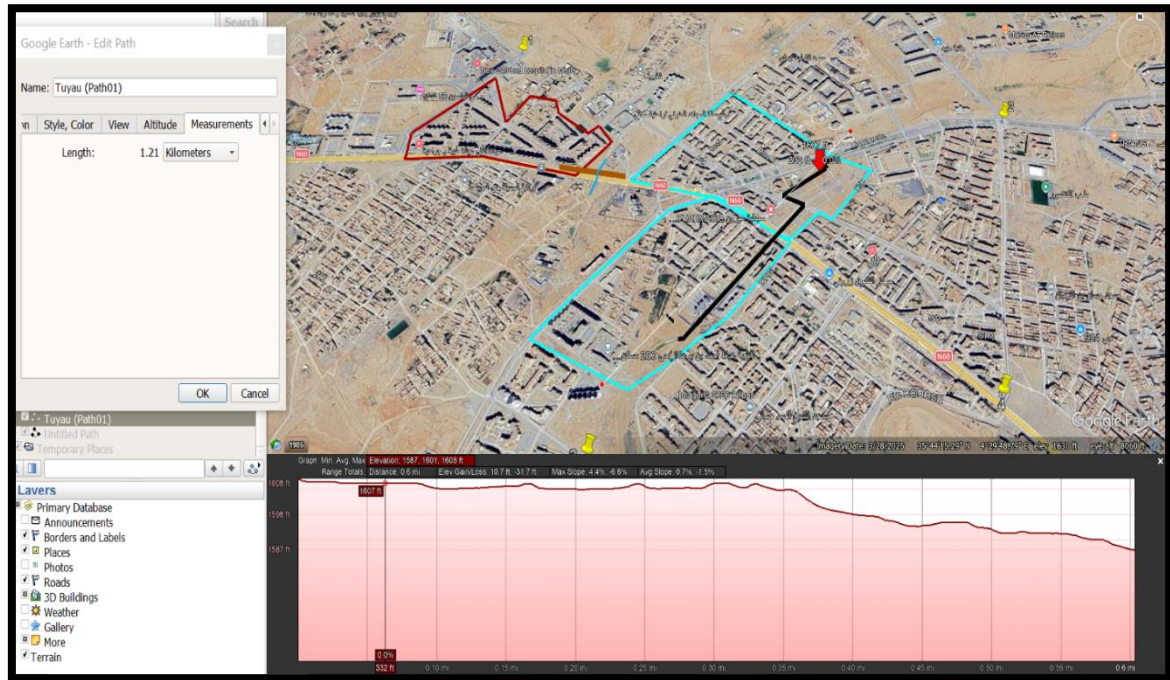


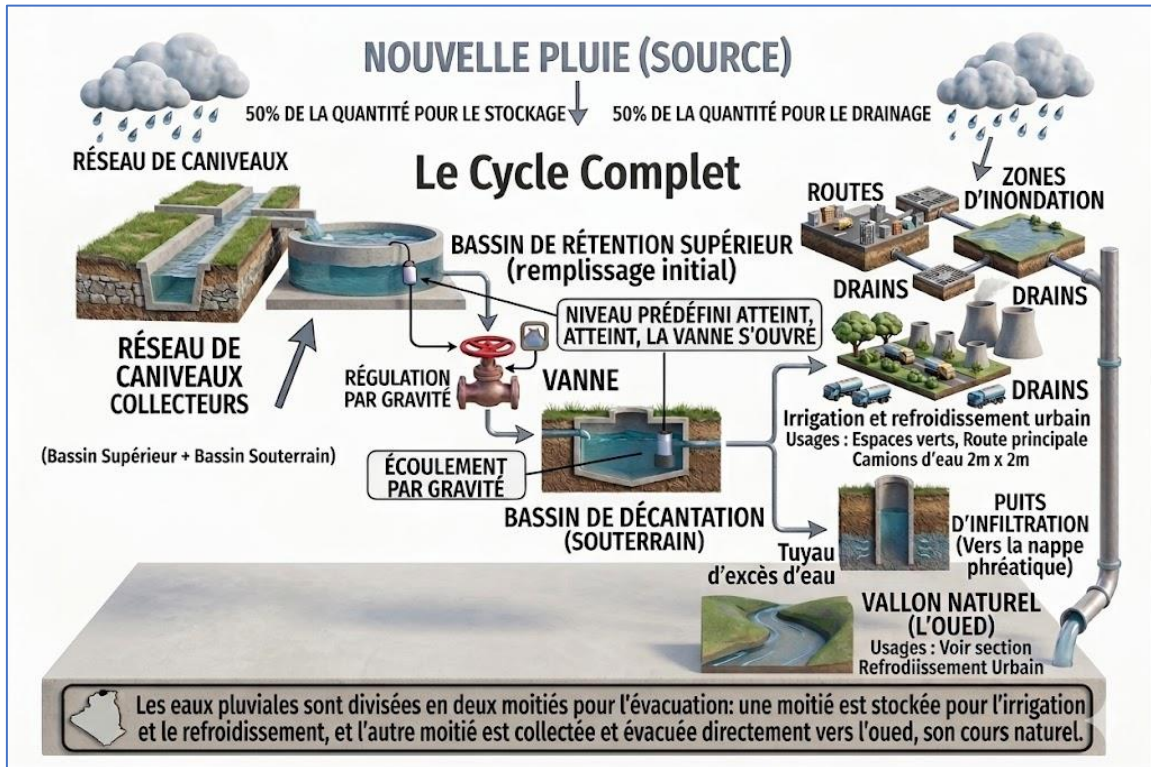
Tableau 24 : Caractéristiques topographiques du tracé du tuyau d'évacuation.

Indicateur technique	Valeur numérique affichée	Explication technique du projet
Longueur totale du tracé (Length)	1,21 km	Distance totale prévue pour le réseau de canalisations traversant le quartier d'Al-Kia.
Altitude maximale (Max Elevation)	Environ 490 mètres	Correspond au point de départ (Amont) indiqué par la flèche rouge au nord
Altitude minimale (Min Elevation)	Environ 477 mètres	Représente le point aval (Aval) à l'extrémité sud du quartier
Dénivelé total (ΔH)	13 mètres	La différence de niveau entre le point de départ (sortie de l'eau du bassin) et le point d'arrivée (arrivée dans la vallée)
Pente moyenne	1,5 %	la pente naturelle

La pente naturelle de 1,5 % est suffisante pour assurer l'auto-curage du réseau et l'écoulement gravitaire, éliminant ainsi le besoin d'une pompe de relevage.

Les puits d'infiltration végétalisés : sont aménagés à deux endroits : (1) en périphérie du bassin de rétention pour la recharge de la nappe, et (2) au sein des espaces verts et jardins de pluie pour le rafraîchissement local et l'embellissement. Une vanne de contrôle située à la sortie du bassin de décantation régule le flux d'eau vers ces aménagements.

Fig. N15 : Schéma du Système de Stockage Double pour EL KIA



5.1.2. Fonctionnement du Système

Le système proposé fonctionne en cinq étapes séquentielles, en distinguant deux sources d'eau distinctes :

Source 1 : Eaux de ruissellement des bassins versants amont (50% du volume total)

- Remplissage du bassin de rétention (surface) :

Les eaux de ruissellement provenant des bassins versants amont (première moitié du volume total) arrivent d'abord dans le bassin de rétention supérieur (capacité 275.000 m³). Ce bassin constitue le premier volume de stockage.

- Transfert vers le bassin de décantation (souterrain) :

Une vanne située à la base du bassin supérieur s'ouvre pour laisser l'eau s'écouler par gravité vers le bassin souterrain (capacité 150.000 m³). Ce transfert se fait de manière contrôlée.

- Fermeture du système :

Une fois que le bassin souterrain atteint sa capacité maximale (150.000 m³), la vanne se ferme automatiquement. Le système de stockage n'accepte plus d'eau.

- Valorisation des eaux stockées (après la crue) :

Après le passage de la crue, l'eau stockée dans le bassin souterrain est refoulée par une pompe submersible (10.000 m³/h) vers des baches de stockage enterrées (2m × 2m) aménagées dans les espaces verts le long de la route principale. Cette eau est ensuite réutilisée pour l'irrigation des espaces verts et le rafraîchissement urbain.

Source 2 : Eaux de ruissellement local (voiries et zones inondées) – 50% du volume total

- Évacuation des eaux excédentaires (collecte locale):

La deuxième moitié du volume total (eaux de ruissellement collectées par les caniveaux des voiries, toitures, espaces publics et zones de stagnation) ne passe pas par les bassins de stockage. Elle est directement dirigée vers le tuyau de décharge (Ø1.5 m) via le réseau de bouches d'égout et caniveaux. Ce tuyau, qui suit la pente naturelle du terrain (≈1.5% à 2%), rejette ces eaux directement dans le lit naturel de l'oued. Aucune pompe n'intervient à ce stade.

Remarque : alimentation du bassin de rétention est assurée par un système de caniveaux périphériques (chenaux) qui collectent les eaux de ruissellement des voiries, toitures et espaces publics, et les dirigent vers le point bas du bassin

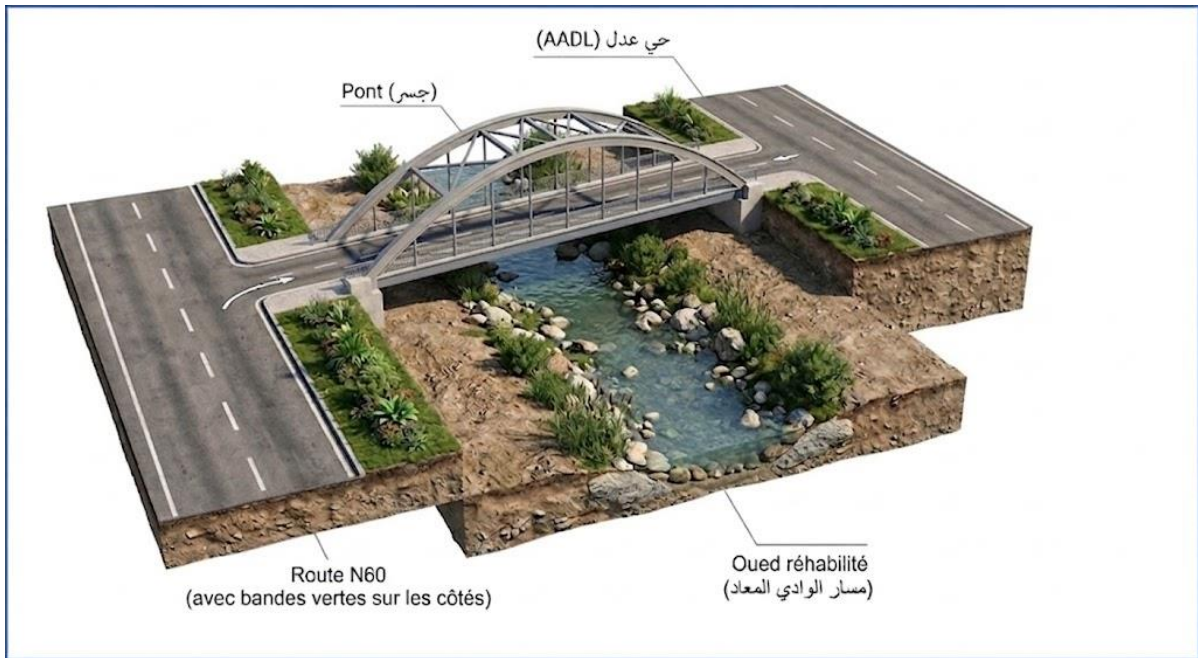
5.2. Solutions pour le Quartier AADL

Le quartier AADL, confronté à un risque d'inondation rapide et soudain, nécessite des interventions ciblées sur le cours d'eau et les infrastructures de franchissement. La solution principale est la « **réhabilitation de l'oued** ».

5.2.1. Description de la Réhabilitation de l'Oued

- **Réouverture du Lit Naturel de l'Oued :** Le tracé naturel de l'oued, qui a dévié, sera rouvert et restauré pour permettre un écoulement libre et rapide des eaux.
- **Pont-Canal sur la Route N60 :** Un pont-canal de 100 m de long et 1.5 m de hauteur (au-dessus du niveau de crue centennale) sera construit sur la route principale N60. Cela garantira la continuité du trafic et l'accès pour l'évacuation même en période de crue.
- **Bandes Vertes :** Des bandes végétalisées seront aménagées de part et d'autre de la route principale pour capter et infiltrer le ruissellement de surface, réduisant ainsi la charge sur l'oued.

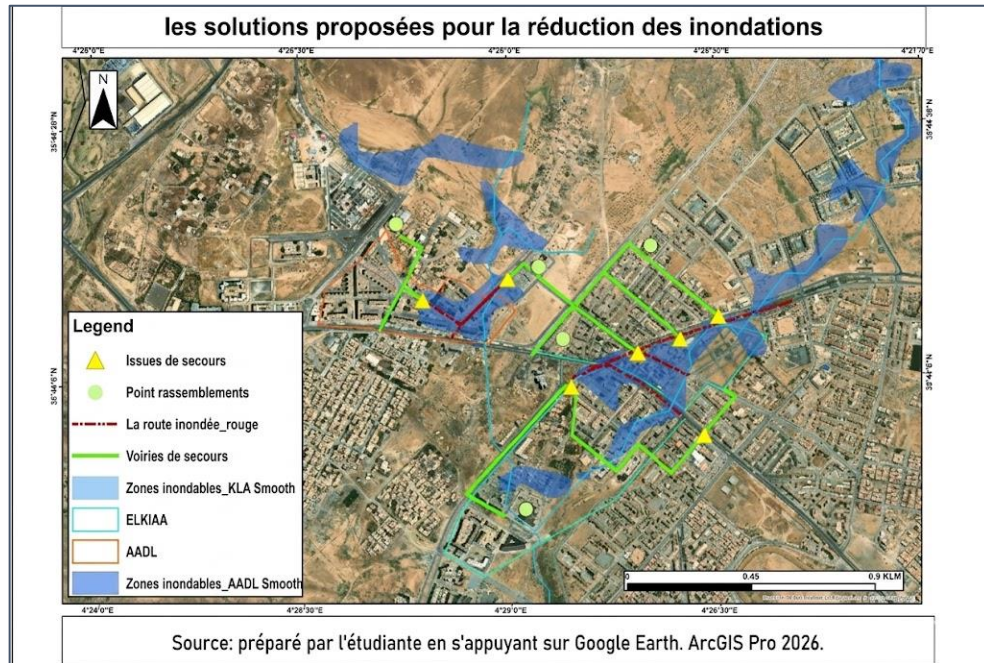
Fig. N16 : Schéma de la Réhabilitation de l'Oued pour AADL



5.2.2. Fonctionnement du Système

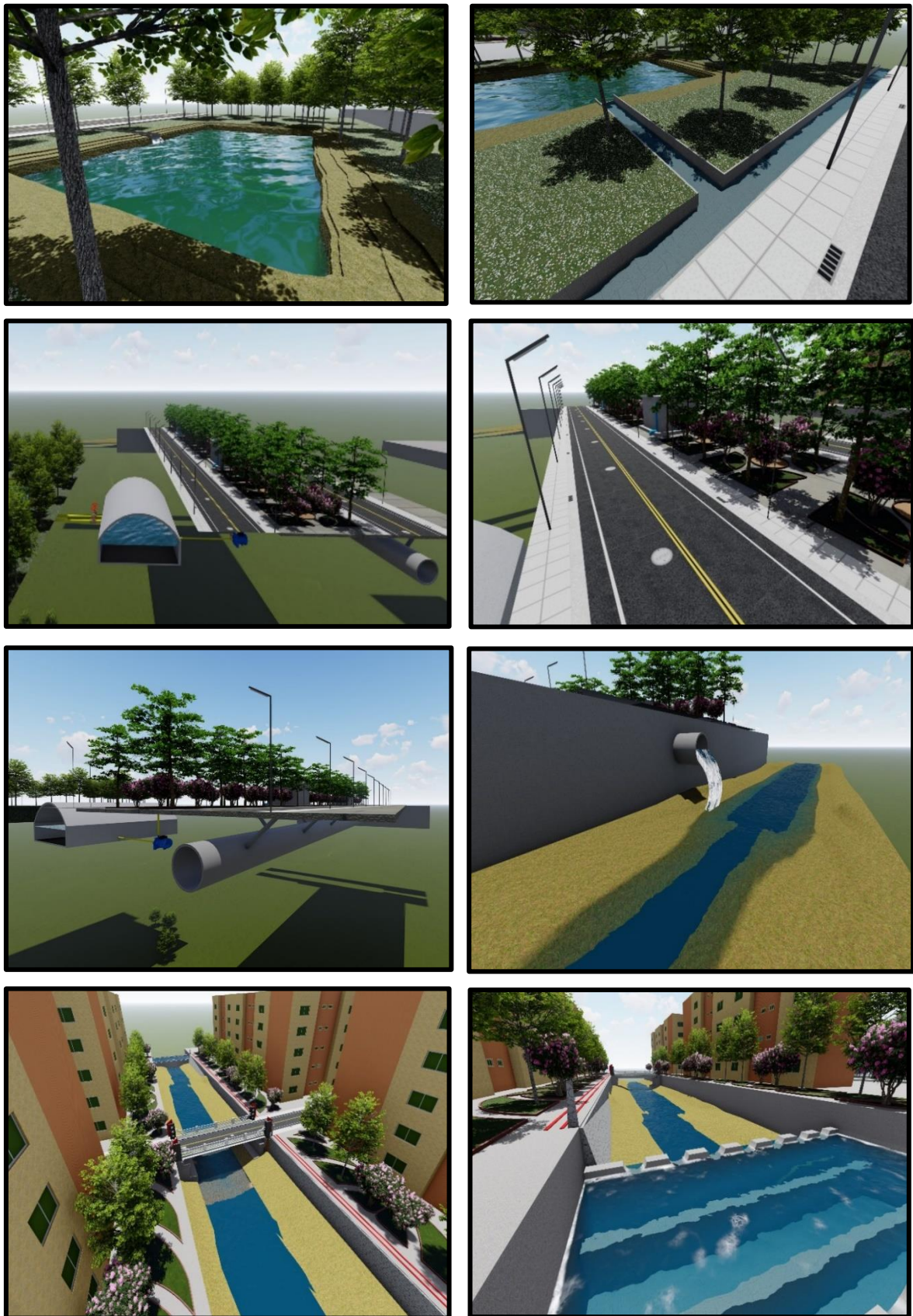
La réouverture du lit de l'oued permet aux eaux de s'écouler directement et efficacement. L'oued passera sous la route principale N60 via le pont-canal, assurant que la route reste fonctionnelle pour l'évacuation et les secours.

Note : avant que l'eau n'atteigne les zones résidentielles, elle peut être acheminée vers un bassin de décantation (prévu dans le projet de réhabilitation de la vallée) afin de retenir les sédiments. Les bandes vertes le long de la route principale absorberont le ruissellement des surfaces imperméables, contribuant à la gestion intégrée des eaux pluviales

Carte 33 : les solutions proposées pour la réduction de risque**Tableau N25 : Récapitulatif des solutions proposées sur la carte d'intervention**

Symbole sur la carte	Nom de la solution	Localisation (sur la carte)	Nombre	Objectif	Remarques supplémentaires
▲ Triangle jaune	Issues de secours	Aux limites des quartiers EL KIA et AADL, sur la route N60	7 issues	Fournir des alternatives de sortie lorsque la route principale est inondée	Chaque issue mène vers une zone surélevée et sécurisée
● Cercle vert	Points de rassemblement	À l'intérieur du quartier EL KIA + AADL (zones relativement surélevées et sécurisées)	Plusieurs points	Héberger les personnes qui ne peuvent pas quitter le quartier pendant l'inondation	Écoles, mosquées, équipements publics surélevés
— Ligne rouge discontinue	Routes inondées / coupée	La route principale N60+des route secondaire	5 route	Illustrer les routes qui est coupées pendant l'inondation	À éviter pendant la crue ; utiliser la voie de secours alternative
— Ligne verte	Voies des secours (route d'évacuation)	Ces routes encerclent les complexes résidentiels	Plusieurs routes encerclent	Des itinéraires alternatifs clairement indiqués pour s'éloigner des rues étroites du centre-ville	Largeur de 4 à 5/6 mètres, nécessite un renforcement
■ Carré bleu ciel	EL KIA (quartier EL KIA)	Partie nord du quartier EL KIA	Une zone	Localiser le quartier EL KIA	70% de sa superficie est exposée à l'inondation
■ Carré rouge	AADL (quartier AADL 1600 logements)	Partie sud-est	Une zone	Localiser le quartier AADL	Seulement 5% de sa superficie est exposée à l'inondation
● Zone bleue (hachurée)	Zone inondable	EL KIA + AADL	Deux zones (EL KIA + AADL)	Illustrer les zones submergées par les eaux	Inclut les bâtiments, les routes et quelque espace pub

Fig. N17 : Visualisation 3D des solutions (par l'étudiante)



6. Recommandations opérationnelles et institutionnelles

Outre ces solutions, nous souhaitons mettre en avant certaines des recommandations suivantes :

Tableau N26 : Recommandations opérationnelles et institutionnelles

N°	Recommandation	Autorité responsable	Délai de mise en œuvre
R1	Interdire toute nouvelle construction dans les zones inondables et réviser le POS	APC + DUC	6 mois
R2	Nettoyage régulier (trimestriel) du réseau d'assainissement existant	Municipalité + EPIC	Immédiat / Continu
R3	Contrôle périodique de la qualité de l'eau stockée dans les bassins	DRE + ADE	3 mois
R4	Installation d'un système d'alerte précoce couplé à la météo et à la protection civile	Météo + Protection civile	12 mois
R5	Mise en place d'une signalisation claire des itinéraires d'évacuation	Municipalité + Urbanisme	6 mois
R6	Organisation de campagnes annuelles de sensibilisation de la population	Défense civile + Mairie	Chaque année
R7	Création d'un Comité Local de Gestion des Inondations (CLIS)	Municipalité + Protection civile	3 mois

Conclusion :

Conformément au tableau récapitulatif des solutions proposées sur la carte, l'ensemble des mesures identifiées comprend, Après analyse, le quartier El Kiaa est le plus vulnérable (70% de sa superficie inondable). Pour y remédier, plusieurs solutions sont proposées : un système de stockage double (275 000 m³ + 150 000 m³), des voies d'évacuation, des issues de secours, et des points de rassemblement dans les équipements existants. Pour le quartier AADL, un pont-canal sur la N60 est proposé. Ces mesures sont complétées par sept recommandations opérationnelles (alerte précoce, signalisation, entretien, interdiction de construire, etc.) afin d'améliorer la résilience urbaine face aux inondations centennales.

7. Conclusion générale :

Cette étude a abordé la question de la résilience urbaine face au risque d'inondation et l'a appliquée aux quartiers « El Kiaa » et « AADL 1600 logements » dans la ville de M'sila. Elle est partie d'une problématique fondamentale : comment appliquer le concept de résilience urbaine pour passer d'une logique d'intervention curative à une logique d'adaptation et de coexistence durable avec le risque d'inondation, tout en évitant de reproduire les mêmes vulnérabilités dans les futures extensions urbaines ?

Pour ce faire, l'étude a adopté une approche analytique et descriptive, combinant plusieurs outils techniques modernes. Les données naturelles, démographiques et urbaines de la zone ont été analysées. Les précipitations pour différentes périodes de retour (5, 10 et 100 ans) ont été calculées à l'aide du logiciel HYFRAN PLUS, puis transformées en débits via HEC-HMS, avant de simuler la propagation des crues avec HEC-RAS. Enfin, les cartes d'inondation, l'analyse de vulnérabilité et l'évaluation des risques ont été réalisées sous ArcGIS.

Les résultats montrent que le quartier El Kiaa est le plus vulnérable, avec plus de 70 % de sa superficie menacée par une crue centennale. Cette vulnérabilité s'explique par une combinaison de facteurs : l'altitude relativement basse, un réseau d'assainissement défaillant, une topographie de plaine, et la concentration des habitations dans des zones naturellement réceptrices d'eau. En revanche, l'altitude plus élevée et la bonne imperméabilisation du quartier AADL ont permis de protéger 95 % de sa superficie, ce qui confirme que la maîtrise des niveaux de construction est un facteur clé de réduction de la vulnérabilité. L'analyse de terrain a également révélé deux facteurs anthropiques aggravants : (1) le remblaiement partiel de l'exutoire Est d'EL Kiaa, qui bloque l'écoulement naturel des eaux ; (2) le sous-dimensionnement des conduites enterrées à AADL, qui provoque un refoulement fréquent lors des fortes pluies

Au-delà du diagnostic, cette étude propose un ensemble intégré de solutions adaptées à la spécificité de chaque quartier :

Pour El Kiaa (inondation lente et longue durée) : un système de stockage double (bassin de rétention de 275 000 m³ + bassin de décantation souterrain de 150 000 m³), une vanne gravitaire (fonctionnant sans pompe grâce à la pente naturelle), une conduite d'évacuation de Ø1,5 m, des châteaux d'eau (2m × 2m) pour le stockage dans les espaces verts, et des puits d'infiltration végétalisés.

Pour AADL (inondation rapide et brutale) : la réhabilitation du lit de l'oued et la construction d'un pont-canal sur la RN60.

Des solutions non structurelles ont également été proposées : un réseau de voies d'évacuation, de nouvelles issues de secours, des points de rassemblement dans les équipements existants (écoles, mosquée, stade).

Sept recommandations opérationnelles, assorties d'autorités responsables et de délais de mise en œuvre, viennent compléter ce dispositif : interdiction de construire en zones inondables, alerte précoce, signalisation, entretien du réseau d'assainissement, sensibilisation, et création d'un comité local de gestion des inondations (CLIS).

En définitive, la mise en œuvre réussie d'une stratégie de résilience urbaine à M'sila dépend non seulement de la réalisation des aménagements techniques (bassins, vanne gravitaire, châteaux d'eau, réhabilitation de l'oued), mais aussi de leur articulation avec les outils juridiques et réglementaires (PDAU, POS), ainsi que de l'appropriation par les habitants et les institutions locales de la logique de l'adaptation et du « vivre avec » le risque. La généralisation de cette approche aux autres quartiers vulnérables, et la capitalisation des enseignements tirés de cette étude, contribueront à bâtir une ville plus sûre et plus durable.

8. Liste de référence :

- Ouvrages et documents imprimés (Livres, rapports, thèses)
- AMICHE, A. (s.d.). Le risque d'inondation : étude et évaluation. Cours n° 02, 03 et 04. Institut de Gestion des Techniques Urbaines, Université de M'sila.
- Assemblée Populaire (AP) de la wilaya de M'Sila. (Données démographiques et administratives).
- Berland, A., et al. (2017). The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and Urban Planning*, 162, 167-177.
- Centre d'Études et de Réalisation en Urbanisme de Sétif (URBASE) - Direction Régionale de M'Sila. (2014). Rapport du Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) de M'sila. (Pages : 5, 6-7, 7, 8, 10-11, 10-15, 15-16, 16, 35-38).
- City of Gold Coast. (2022). Stormwater Management Design Guidelines. Gold Coast City Council.
- DAUPHINÉ, A. (2001). Risques et catastrophes : Observer, spatialiser, comprendre, gérer. Paris : Armand Colin.
- Direction de l'Emploi de la wilaya de M'Sila. (Données sur l'emploi et le chômage).
- Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaire (DPAT) de la wilaya de M'Sila. (Données démographiques).
- Direction de la Protection Civile - Unité de M'Sila. (2025). *Registre annuel des interventions liées aux intempéries (inondations) pour la commune de M'Sila (2015-2024)*. M'Sila.
- Dokma Abdellali (s.d.). Cours résilience urbaine. 1ère année master risques urbains et résilience. IGTU, Université de M'sila.
- FAYOL, H. (1916, rééd. 1999). Administration industrielle et générale. Paris : Dunod.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2020). Coastal Construction Manual (FEMA P-55). Washington, DC.
- Houbib Hanane (2025). Modélisation Cartographique des Réseaux D'assainissement et AEP et Les Contraintes d'Extension Urbaine De La Ville De M'sila [Thèse de doctorat]. Université Batna 2.

- MANYENA, B., O'BRIEN, G., O'KEEFE, P., & ROSE, J. (2011). Disaster resilience: a bounce back or bounce forward ability?. *Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability*, 16(5), 417-424.
- Office National des Statistiques (ONS). (2008 et autres années). Recensement général de la population et de l'habitat.
- Photos prises par l'étudiante. (Mars 2026). (Documentation photographique de terrain).
- Révision du Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU). (2014). M'sila.
- Rockefeller Foundation. (2015). City Resilience Framework. ARUP.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2014). Green Infrastructure Guide for Water Management. Nairobi.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2025). Community-based approaches to disaster risk reduction. Geneva.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). (2021). Stormwater Management for Federal Facilities. Washington, DC.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). (2023). Permeable Pavements: Design, Construction and Maintenance. Washington, DC.
- Cours et présentations (non publiés / Power point)
- Cours résilience. (s.d.). [PowerPoint]. Institut de Gestion des Techniques Urbaines, Université de M'sila.
- Cours risque. (s.d.). [PowerPoint]. Institut de Gestion des Techniques Urbaines, Université de M'sila.
- Textes juridiques et institutionnels
- JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE. (2004). Loi n° 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable. Journal officiel, n° 84.
- NATIONS UNIES – BUREAU POUR LA RÉDUCTION DES RISQUES DE CATASTROPHES (UNDRR). (2017). Terminologie pour la prévention des risques de catastrophe. Genève : UNDRR.

- UN-Water. (2025). Early Warning Systems for Floods. Geneva.
- Sites web et ressources en ligne (classés par ordre alphabétique de l'organisation)
- ANSYS. (s.d.). Qu'est-ce que la simulation ?. Disponible sur : www.ansys.com/fr-fr/simulation-topics/what-is-simulation (Consulté le : [Mars,2026]).
- BLACKTOWN CITY COUNCIL. (2026). Local Overland Flow Flooding. Disponible sur : www.blacktown.nsw.gov.au (Consulté le : [Mars,2026]).
- CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. (2026). Geomorphology and Flooding: Ponding and Depression Storage. Disponible sur : www.cambridge.org (Consulté le : [Mars,2026]).
- DoDEA (Department of Defense Education Activity). (2026). Flash Floods. Disponible sur : www.dodea.edu (Consulté le : [Mars,2026]).
- JBA RISK MANAGEMENT. (2026). Flood Types: Dam Break. Disponible sur : www.jbarisk.com (Consulté le : [Mars,2026]).
- MARICOPA OPEN DIGITAL PRESS. (2026). Dynamic Planet: Regional Floods. Disponible sur : open.maricopa.edu (Consulté le : [Mars,2026]).
- ZURICH INSURANCE GROUP. (2026). Surface Water Flooding in Rural Areas. Disponible sur : www.zurich.com (Consulté le : [Mars,2026]).