République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université d'Oran 2 - Mohamed Ben Ahmed
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Géographie et Aménagement du Territoire

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master en Gestion des risques et sécurité civile
Sous le titre:

Contribution des Systèmes d'Information Géographique à l'Évaluation des Nuisances Acoustiques: Étude de Cas du Quartier Akid Lotfi, Commune de Bir El Djir

Réalisé par : Mr. Bounazef Mohamed Rayan
Mr. Daoudi Mohamed Iheb

Devant le jury composé de :

Président	Allal Nadir Elouassini	Université d'Oran 2
Examinateur	Bendib abdelhalim	Université d'Oran 2
Encadrant	Boutrid Mohamed lamine	Université d'Oran 2

Année universitaire : 2024/2025

Dédicace

À mes chers parents

Je dédie ce mémoire avec tout mon amour, mon respect et ma profonde reconnaissance. À vous, pour tous les sacrifices que vous avez consentis, pour votre soutien inconditionnel, vos prières silencieuses, vos encouragements dans les moments de doute, et votre foi en moi-même lorsque je doutais de moi.

Vous avez toujours été mon pilier, et sans vous, je n'aurais jamais pu arriver jusque-là. (IHAB)

À mes chers parents

Je vous dédie ce mémoire avec toute la gratitude de mon cœur.

Merci pour votre amour infini, vos sacrifices silencieux, votre soutien sans faille et vos prières qui m'ont accompagné à chaque étape.

Vous êtes ma source de force et d'inspiration. Sans vous, rien de tout cela n'aurait été possible. (RAYE N)

À notre encadreur BOUTRID Lamine

Merci pour votre soutien, vos conseils et votre patience tout au long de ce travail. Votre encadrement a été essentiel à ma réussite.

Remerciement

Tout d'abord, Nous tenons à remercier notre Dieu ALLAH tout puissant de nous avoir donné la patience et le courage pour réaliser ce modeste travail avec succès.

Nous exprimons notre profonde gratitude envers, Monsieur BOUTRID Lamine, notre directeur de mémoire, pour sa disponibilité, sa patience et ses conseils précieux. Grâce à son encadrement attentif et ses orientations pertinentes, nous avons pu avancer avec confiance dans nos recherches.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury, ils ont témoigné pour cette étude en acceptant de participer au jury.

Nous adressons également nos remerciements à toute l'équipe pédagogique de l'Université d'ORAN 2 pour la qualité de l'enseignement dispensé durant notre parcours et pour leur accompagnement constant.

Résumé

Ce mémoire s'inscrit dans une démarche d'évaluation environnementale appliquée au contexte urbain d'Akid Lotfi, un quartier dynamique et densément peuplé de la commune de Bir El Djir (Oran, Algérie). L'étude vise à évaluer l'intensité et la répartition spatiale des nuisances acoustiques en milieu urbain à l'aide des Systèmes d'Information Géographique (SIG), outils de plus en plus utilisés dans la gestion des risques environnementaux.

L'approche adoptée combine des mesures acoustiques in situ, des enquêtes de terrain, et une analyse spatiale via un SIG (QGIS). Les données recueillies ont permis de produire des cartes de bruit par interpolation spatiale, mettant en évidence des zones critiques, notamment autour des axes routiers principaux, des zones commerciales et des équipements sensibles (écoles, cliniques, etc.).

L'analyse multicritère a également permis de croiser plusieurs couches d'informations (typologie urbaine, densité, fonctions) pour identifier les zones de vulnérabilité élevée face au bruit. Les résultats ont révélé que de nombreuses zones dépassaient les seuils recommandés par l'OMS (>65 dB), exposant les habitants à des risques pour leur santé.

L'étude formule enfin des recommandations d'aménagement : création de zones tampons, végétalisation, limitation du trafic routier dans certaines zones, et sensibilisation des citoyens. Elle souligne le rôle stratégique que peuvent jouer les SIG dans la planification urbaine durable, la gestion du bruit et la prise de décision territoriale.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التلوث الضوضائي في الوسط الحضري من خلال دراسة حالة حي عقيد لطفي في بلدية بئر الجير (ولاية وهران -الجزائر)، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (SIG) كأداة تحليلية وقرارية. يعتبر هذا الحي من بين أكثر الأحياء كثافة سكانية وحركية مرورية، ما يجعله عرضة لمستويات مرتفعة من الضجيج الناتج عن حركة المرور والنشاطات التجارية اليومية.

اعتمدت المنهجية على القياسات الصوتية الميدانية باستخدام جهاز قياس الضجيج، إلى جانب تحليل البيانات داخل بيئة نظم معلومات جغرافية(QGIS) ، لتوليد خرائط ضوضاء عبر تقنيات الاستيفاء المكاني .(IDW)أظهرت النتائج أن العديد من المناطق، خاصة القريبة من الطرقات الرئيسية والمؤسسات الحساسة (المدارس، العيادات)، تتجاوز عتبة الضجيج الموصي بها من قبل منظمة الصحة العالمية<) 65.(dB

كما تم استخدام تحليل متعدد المعايير (AHP) لتحديد مستويات الهشاشة السكانية تجاه التلوث الصوتي، عبر ربط البيانات الصوتية بعوامل عمرانية مثل الكثافة، نوعية البنايات، واستخدامات الأرض.

وقد تم تقديم مجموعة من الاقتراحات والتوصيات، منها: إنشاء حواجز نباتية، إعادة تنظيم حركة المرور، تقوية الإطار القانوني، وتفعيل المشاركة المجتمعية. وتخلص الدراسة إلى أن نظم المعلومات الجغرافية تمثل أداة استراتيجية فعالة في دعم قرارات التهيئة الحضرية، خاصة في مجال التسيير البيئي ومكافحة التلوث السمعي.

Abstract

This study aims to assess environmental noise pollution in urban areas, using the neighborhood of Akid Lotfi in the municipality of Bir El Djir (Oran, Algeria) as a case study. The evaluation is conducted through the use of Geographic Information Systems (GIS), which are powerful tools for spatial analysis and urban decision-making.

The adopted methodology combines in-situ noise measurements, field surveys, and spatial data processing using GIS software (QGIS). The collected data allowed for the generation of noise maps using spatial interpolation techniques (IDW), revealing critical zones mainly located along major roads, commercial areas, and around sensitive facilities (such as schools and clinics).

A multi-criteria analysis (AHP method) was carried out to identify the most vulnerable zones by correlating measured noise levels with urban characteristics such as population density, building typology, and land use. Results showed that several areas exceed the thresholds recommended by the WHO (>65 dB), putting local residents at risk of noise-induced health issues.

The study proposes several mitigation measures, including the implementation of green buffer zones, regulation of traffic flow, public awareness campaigns, and integration of noise management into urban planning. It concludes that GIS represents a key strategic tool for sustainable urban management and environmental noise reduction.

Table des matières

_Introduction Générale 1

Chapitre 1 : cadre théorique

1.1. Les nuisances acoustiques : définitions et sources : 10
1.1.1 Définition selon les normes internationales : 10
1.1.2 Nature physique du bruit : 10
1.1.3 Typologie des nuisances sonores : 11
1.1.4 Seuils de gêne et de danger : 11
1.1.5 Approche juridique : 12
1.2. Impacts des nuisances sonores sur l'environnement et la santé : 12
1.2.1 Effets sur la santé humaine : 12
1.2.2 Effets cardiovasculaires : 13
1.2.3 Troubles cognitifs et apprentissage : 13
1.2.4 Effets psychologiques : 13
1.2.5 Effets sur l'environnement et la faune : 14
1.2.6 Conséquences socio-environnementales : 14
1.3. Évaluation du bruit en milieu urbain : méthodes et normes : 15
1.3.1 Méthodes d'évaluation du bruit 15
1.3.2 Cartographie et modélisation du bruit (méthodes indirectes) 16
1.3.3 Seuils indicatifs utilisés dans plusieurs études (adaptables) : 17
1.4. Apports des Systèmes d'Information Géographique dans l'analyse environnementale : 18
1.4.1 Introduction aux SIG dans le contexte environnemental : 18
1.4.2 Fonctionnalités des SIG utiles à l'analyse environnementale : 18
1.4.3 Domaines d'application des SIG en environnement : 19
1.4.4 Cas particulier : le bruit urbain et les SIG : 20
1.4.5 Limites et précautions : 21
1.5. Utilisation des SIG dans la modélisation et la cartographie du bruit : 21
1.5.1 Composantes de la modélisation acoustique dans un SIG (Données de base nécessaires) : 22
1.5.2 Étapes de modélisation du bruit dans un SIG : 23

1.5.3 Production de cartes de bruit : 24
1.5.4 Avantages de l'utilisation des SIG dans la cartographie du bruit : 25
1.5.5 Limites et précautions : 25
1.6. Expériences et études de cas similaires : 25
1.6.1 Étude de la cartographie du bruit à l'aide des SIG – Cas de la ville de Lyon (France) : 25
1.6.2 Cartographie stratégique du bruit – Région de Casablanca (Maroc) : 26
1.6.3 Projet européen « END – Environmental Noise Directive » – Bruxelles, Belgique : 27
1.6.4 Étude à Constantine (Algérie) – Cartographie des nuisances sonores dans un espace universitaire : 28
1.6.5 Projet Noise Capture – Application mobile et SIG participatif (International) : 29
1.7. Conclusion du chapitre : 30

Chapitre 2 : présentation de la zone d'étude

2.1. Localisation géographique de la commune de Bir El Djir et du quartier Akid Lotfi : 33
2.1.1 La commune de Bir El Djir : contexte géographique et administratif : 33
2.1.2 Le quartier Akid Lotfi : localisation intra-urbaine : 33
2.2. Caractéristiques physiques : relief, climat, topographie : 35
2.2.1 Relief : 35
2.2.2 Impact du relief sur l'urbanisme : 36
2.2.3 Climat : 36
2.2.4 Conséquences environnementales : 36
2.2.5 Topographie et occupation du sol : 37
2.2.6 Occupation du sol à Akid Lotfi : 37
2.2.7 Résumé des caractéristiques physiques : 37
2.3. Caractéristiques socio-économiques de la population : 38
2.3.1 Données démographiques générales : 39
2.3.2 Niveau d'instruction et d'emploi : 40

2.3.3 Niveau de vie et cadre de vie : 40
2.3.4 Aspects pertinents pour l'étude des nuisances sonores 41
2.3.5 Activités économiques et emploi : 41
2.3.6 Mobilité, vie urbaine et nuisances associées : 43
2.4. Organisation urbaine et réseau de transport : 43
2.4.1 Organisation urbaine de la commune de Bir El Djir : 43
2.4.2 Le quartier Akid Lotfi : structure urbaine interne : 44
2.4.3 Réseau de transport structurant : 44
2.4.4 Enjeux urbanistiques et acoustiques liés aux transports : 45
2.5. Sources potentielles de nuisances sonores dans le quartier : 46
2.5.1 Le trafic routier : 46
2.5.2 Manifestations sonores : 46
2.5.3 Activités commerciales et services 47
2.5.4 Transports en commun et taxis : 47
2.5.5 Établissements publics et zones sensibles : 47
2.5.6 Nuisances domestiques et de voisinage : 48
2.5.7 Chantiers de construction et maintenance : 48
2.5.8 Synthèse sous forme de tableau : 48
2.6. Justification du choix de la zone d'étude : 49
2.7. Conclusion du chapitre 50

Chapitre 3 : conception de la base des données et analyses spatiale

3.1. Introduction : 34
3.2. Modélisation de la base de données géographique 51
3.2.1 Modèle Conceptuel des Données (MCD) 51
3.2.2 Modèle Logique des Données (MLD) 52
3.2.3 Modèle Physique des Données (MPD) 55
3.3. Données sono métriques et enquêtes de terrain 57
3.3.1 Données sono métriques 57
3.3.2 Un graphique à bar représente les mesures sonores 59
3.3.3 Enquêtes de terrain 60
3.4. Analyse spatiale avec SIG 62

3.4.1 Analyse multicritère par la méthode AHP de la vulnérabilité aux nuisances acoustiques 62
3.5. Résultats cartographiques et statistiques 67
3.5.1 Matrice de comparaison par paires 67
3.5.2 Justification des comparaisons 68
3.5.3 Calcul des poids par la méthode AHP 69
3.6. Calcul de l'indice de vulnérabilité 70
3.7. Conclusion du chapitre 71

Chapitre 4 : discussions des resultats et propositions

4.1. Analyse critique des résultats obtenus 72
4.1.1 Classification des niveaux de vulnérabilité 72
4.1.2 Résultats et interprétation 72
4.2. Comparaison avec les normes et seuils réglementaires 73
4.2.1 Référentiels réglementaires utilisés 73
4.2.2 Résultats par rapport aux seuils réglementaires 73
4.2.3 Cartographie de dépassement des seuils 74
4.3. Limites de l'étude 74
4.4. Propositions d'atténuation des nuisances acoustiques dans le quartier Akid Lotfi 75
4.4.1 Interventions à l'échelle urbaine 76
4.4.2 Interventions sur le bâti 76
4.4.3 Sensibilisation et participation citoyenne 77
4.4.4 Actions de suivi et de régulation 77
4.5. Perspectives d'utilisation des SIG pour la gestion sonore urbaine 78
4.5.1 Cartographie dynamique et actualisation continue 78
4.5.2 Planification urbaine et simulations 78
4.5.3 Intégration multi-critères pour la gestion de la vulnérabilité 79
4.5.4 Participation citoyenne et concertation territoriale 79
4.5.5 Suivi réglementaire et évaluation des politiques 79
4.6. Conclusion du chapitre 80
Conclusion générale 82

Sources et références 84

Tables des figures

Figure 1modèle conceptuel des données 52
Figure 2: Figure représente un MLD 55
Figure 3: modèle physique des données 56
Figure 4: Exemple de point de mesure 58
Figure 5: Un graphique des mesures sonores 59
Figure 6: table des matières des points de mesure 59
Figure 7: graphe d'intensités sonores 61
Figure 8: carte réalisée par les deux étudiants 63
Figure 9: carte réalisé par les deux étudiants 64
Figure 10: carte réalisé par les deux étudiants 66
Figure 11: carte réalisé par les deux étudiants 67
Figure 12: carte de vulnérabilité 70

Tables des tableaux

Tableau 1 type de bruit 11
Tableau 2: Seuils de gêne et de danger 11
Tableau 3: Seuils indicatifs utilisés dans plusieurs études (adaptables) 17
Tableau 4: Synthèse comparative 30
Tableau 5: paramètre climatique 36
Tableau 6: caractéristiques physiques 38
Tableau 7: Structure par âge et composition sociale 39
Tableau 8: Évolution de la population 41
Tableau 9: Secteurs d'emploi 42
Tableau 10: Répartition fonctionnelle 44

Tableau 11: synthèse des sources potentielles de nuisances sonores 49
Tableau 12: tableau de matrice de comparaison par paires 68
Tableau 13: Justification des comparaisons 68

Introduction générale

_Introduction Générale

Contexte de l'étude :

Au cours des dernières décennies, l'urbanisation rapide et désordonnée des villes a généré de profondes transformations dans les espaces urbains, notamment dans les pays en développement. Ces transformations se traduisent non seulement par une densification du bâti et une augmentation des activités économiques, mais aussi par une amplification des nuisances environnementales, dont la pollution sonore constitue un enjeu de santé publique majeur.

D'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2018), environ 20 % de la population européenne est exposée à des niveaux sonores considérés comme nocifs pour la santé (> 65 dB), principalement en raison du trafic routier. Le bruit environnemental – qu'il provienne des transports, des industries ou de l'activité humaine – est aujourd'hui reconnu comme un facteur de risque sanitaire, impliqué dans des troubles du sommeil, du stress chronique, des pathologies cardiovasculaires, et des difficultés de concentration, notamment chez les enfants.

Dans les pays du Maghreb et particulièrement en Algérie, la question des nuisances sonores demeure peu documentée et sous-estimée dans les politiques d'aménagement urbain. Cependant, des villes comme Oran, à fort potentiel de développement et à démographie galopante, connaissent une intensification des sources sonores liées au trafic routier, aux activités commerciales, et à la cohabitation désorganisée entre zones résidentielles, zones industrielles et axes de circulation.

Le quartier Akid Lotfi, situé dans la commune de Bir El Djir, illustre parfaitement cette situation. Il constitue un pôle stratégique sur le plan économique et résidentiel, avec une densité de population élevée, une présence marquée d'équipements publics, de commerces, ainsi qu'une circulation routière soutenue.

Cette configuration génère une pression sonore importante, ressentie quotidiennement par les habitants. Malgré cela, aucune cartographie officielle du bruit n'existe actuellement, et les données sont rares, voire inexistantes, pour orienter les actions d'atténuation.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le recours aux systèmes d'information géographique (SIG), outils performants pour l'acquisition, l'analyse spatiale et la visualisation des données environnementales. Les SIG permettent notamment de:

- localiser et cartographier les sources de bruit.
- modéliser la propagation acoustique.
- identifier les zones les plus exposées (écoles, hôpitaux, habitations...)
- croiser les données sonores avec des couches urbaines (réseau routier, typologie du bâti, densité de population).
- générer des cartes de bruit facilement interprétables par les décideurs.

À travers cette étude, il s'agira donc de mobiliser les SIG pour évaluer et cartographier les nuisances sonores dans le quartier d'Akid Lotfi. Cela implique la collecte de données acoustiques sur site, leur traitement dans un environnement SIG (comme QGIS), et l'interprétation des résultats dans une optique de gestion durable et participative du cadre de vie urbain.

Cette recherche se veut ainsi à la croisée des approches environnementale, technologique et urbaine, et ambitionne de fournir des outils d'aide à la décision aux gestionnaires territoriaux, en vue de réduire l'exposition des populations au bruit et d'améliorer la qualité de vie.

Problématique :

L'urbanisation accélérée des villes algériennes, notamment celle d'Oran et plus particulièrement de la commune de Bir El Djir, a entraîné une augmentation significative du trafic routier, du développement immobilier et des activités

commerciales. Ces dynamiques urbaines sont à l'origine de nuisances acoustiques croissantes, affectant directement le bien-être et la santé des populations. Pourtant, la pollution sonore demeure un enjeu peu pris en compte dans les politiques publiques d'aménagement et de gestion de l'environnement urbain.

Dans ce contexte, il devient crucial de localiser, mesurer et analyser ces nuisances afin d'orienter des actions correctives efficaces. Or, cette démarche nécessite des outils capables de traiter des données à la fois spatiales et environnementales.

Les systèmes d'information géographique (SIG), en tant qu'outils d'analyse spatiale, offrent la possibilité de visualiser la répartition des niveaux sonores, d'identifier les zones sensibles et de croiser les données acoustiques avec les caractéristiques urbaines du territoire. Cependant, leur intégration dans l'évaluation environnementale du bruit reste encore limitée dans le contexte local.

Ainsi, comment les systèmes d'information géographique peuvent-ils contribuer à l'évaluation, la cartographie et la gestion des nuisances acoustiques dans un milieu urbain dense comme le quartier Akid Lotfi ?

Hypothèses de recherche :

Voici plusieurs hypothèses de recherche qu'on peut formuler à partir de la problématique sur l'évaluation des nuisances acoustiques à l'aide des SIG dans le quartier Akid Lotfi (commune de Bir El Djir) :

- **Hypothèse principale :**

L'utilisation des systèmes d'information géographique (SIG) permet d'identifier, de cartographier et d'analyser efficacement les zones les plus exposées aux nuisances acoustiques dans le quartier Akid Lotfi, et constitue un outil pertinent d'aide à la décision pour la gestion urbaine.

- **Hypothèses secondaires :**

– Les nuisances sonores dans le quartier Akid Lotfi sont principalement concentrées autour des axes routiers à forte circulation et des zones commerciales.

– L'analyse spatiale par SIG permet de corréler les niveaux sonores mesurés in situ avec des variables urbaines telles que la densité de population, la typologie des bâtiments et la proximité des infrastructures de transport.

– La cartographie acoustique générée par les SIG met en évidence l'exposition des populations sensibles (écoles, hôpitaux, zones résidentielles) à des niveaux sonores dépassant les normes recommandées par l'OMS.

– L'absence actuelle de dispositifs de suivi et de gestion du bruit dans la commune de Bir El Djir limite la prise en compte des nuisances sonores dans l'aménagement du territoire.

Objectifs de l'étude :

- **Objectif général :**

Évaluer les nuisances acoustiques dans le quartier Akid Lotfi à l'aide des systèmes d'information géographique (SIG), afin de cartographier les zones les plus exposées au bruit et de fournir un outil d'aide à la décision pour une meilleure gestion urbaine et environnementale.

- **Objectifs spécifiques :**

– Mesurer les niveaux sonores in situ à différents endroits stratégiques du quartier Akid Lotfi et à différents moments de la journée (heures de pointe, heures creuses, jour/nuit).

– Intégrer et traiter ces données acoustiques dans un environnement SIG (comme QGIS) pour produire des représentations spatiales précises (cartes de bruit).

- Identifier les zones sensibles (écoles, hôpitaux, zones résidentielles denses…) particulièrement exposées à des niveaux sonores dépassant les normes recommandées (ex. : celles de l'OMS).
- Analyser la relation spatiale entre les niveaux sonores enregistrés et les facteurs urbains tels que le trafic routier, la typologie du bâti, la densité de population et l'occupation du sol.
- Formuler des recommandations en matière d'aménagement urbain et de réduction du bruit, à destination des autorités locales (commune de Bir El Djir) et des urbanistes.

Méthodologie générale :

L'approche méthodologique adoptée dans cette étude repose sur une combinaison entre travail de terrain (relevés sonores) et analyse spatiale à l'aide des systèmes d'information géographique (SIG). Elle suit une démarche structurée en quatre grandes phases complémentaires : collecte des données, traitement, analyse et interprétation cartographique.

1. Délimitation et caractérisation du site d'étude :

Le quartier Akid Lotfi, situé dans la commune de Bir El Djir (wilaya d'Oran), est choisi en raison de sa densité urbaine élevée, de son activité routière intense et de sa mixité fonctionnelle (zones résidentielles, commerciales, éducatives). Cette première phase consiste à :

- Délimiter le périmètre d'étude à l'aide d'un fond de plan (cadastre, images satellites, carte topographique).
- Recenser les axes routiers, types de bâtiments, zones sensibles (écoles, hôpitaux).
- Réaliser un diagnostic urbain initial.

2. **Collecte des données acoustiques sur site :**

Des mesures sonores sont effectuées directement sur le terrain, à l'aide d'un sonomètre ou d'une application mobile spécialisée validée pour un usage scientifique (ex. : SoundMeter, Decibel X, etc.). La méthode comprend :

- La sélection de points de mesure représentatifs (zones à fort trafic, rues résidentielles, proximité d'institutions…).
- La réalisation de relevés à différents moments de la journée (matin, midi, soir, nuit).
- L'enregistrement des données en décibels (dB) : niveau sonore équivalent (Leq), maximum (Lmax) et minimum (Lmin).
- Le géoréférencement des points de mesure via GPS.

3. **Traitement et intégration des données dans un SIG :**

Les données collectées sont intégrées dans un logiciel SIG (tel que QGIS ou ArcGIS), ce qui permet de :

- Créer une base de données spatiale regroupant les points de mesure, les valeurs sonores, les horaires, etc.
- Croiser ces données avec d'autres couches d'information urbaine (réseau routier, typologie du bâti, densité de population).
- Interpoler les données (ex. : méthode IDW ou krigeage) pour générer une carte continue du bruit dans le quartier. « IDW – Inverse Distance Weitling (pondération par distance inverse), son principe c'est plus un point est proche, plus il influence la valeur estimée ; Krigeage (ou kriging), son principe c'est une méthode géostatistique avancée qui tient compte de la distance, mais aussi de la structure spatiale des données (comment elles varient dans l'espace) »

4. Analyse spatiale et interprétation :

Une fois les cartes générées, l'analyse se concentre sur :

- L'identification des zones à forte exposition sonore (> 65 dB selon l'OMS).
- La localisation des populations sensibles exposées (écoles, logements proches de voies principales).
- La comparaison des résultats avec les normes acoustiques internationales (ex. : directives OMS).
- L'interprétation des facteurs explicatifs : rôle du trafic, morphologie urbaine, présence de végétation, etc.

5. Propositions et recommandations :

En s'appuyant sur les résultats de l'analyse SIG, l'étude se conclut par des recommandations pratiques :

- Aménagements anti-bruit (murs acoustiques, revêtements routiers absorbants).
- Requalification urbaine de certaines zones (création d'espaces verts comme "tampons").
- Élaboration d'un plan communal de gestion du bruit.

Chapitre 1 : Cadre Théorique

1.1. Les nuisances acoustiques : définitions et sources :

Les nuisances acoustiques, également appelées pollution sonore, désignent l'ensemble des sons indésirables ou gênants perçus par l'oreille humaine, susceptibles d'avoir des effets néfastes sur la santé, le bien-être et la qualité de vie des individus. Elles se distinguent des sons simplement forts par leur caractère intrusif, répétitif ou inapproprié dans un contexte donné.

1.1.1 Définition selon les normes internationales :

- Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la pollution sonore est définie comme :

"Un bruit environnemental nocif produit par différentes sources, y compris la circulation routière, ferroviaire, aérienne, les activités industrielles et de loisirs, et qui constitue une menace sérieuse pour la santé publique." (WHO, 2018)

- L'Agence européenne pour l'environnement (AEE), quant à elle, indique que :

"Le bruit environnemental excessif est un problème de santé publique majeur en Europe, contribuant à des troubles du sommeil, des maladies cardiovasculaires, des troubles cognitifs chez l'enfant, et à une gêne générale". (EEA, 2020)

1.1.2 Nature physique du bruit :

Le bruit est une vibration mécanique des molécules d'air, transmise sous forme d'ondes sonores. Il est caractérisé par :

- L'intensité sonore, mesurée en décibels (dB)
- La fréquence, mesurée en hertz (Hz)
- La durée d'exposition

L'unité dB(A) est utilisée pour mesurer le bruit en prenant en compte la sensibilité de l'oreille humaine, qui perçoit différemment les sons selon leur fréquence.

1.1.3 Typologie des nuisances sonores :

Les nuisances acoustiques peuvent être classées en plusieurs types selon leur origine :

Type de bruit	Source principale
Bruit de transport	Circulation routière, ferroviaire, aérienne
Bruit industriel	Usines, chantiers, activités logistiques
Bruit de voisinage	Comportements humains, équipements domestiques
Bruit de loisirs	Bars, événements publics
Bruit institutionnel	Etablissement scolaires, hôpitaux, etc.

Tableau 1 type de bruit

1.1.4 Seuils de gêne et de danger :

L'OMS recommande de ne pas dépasser certains seuils pour préserver la santé :

Période	Seuil recommandé par l'OMS (dB(A))
Journée	53 dB(A) pour le bruit routier
Nuit	45 dB(A)

Tableau 2: Seuils de gêne et de danger

Des expositions prolongées à des niveaux supérieurs peuvent entraîner :

- Stress chronique.
- Problèmes cardiovasculaires.
- Troubles du sommeil.
- Baisse des performances cognitives (notamment chez l'enfant). (WHO, 2018)

1.1.5 Approche juridique :

En Algérie, bien que la législation sur le bruit environnemental reste limitée, la loi n°03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement prévoit la limitation des nuisances sonores dans les espaces urbains. Toutefois, les outils de contrôle et les normes acoustiques ne sont pas systématiquement appliqués, ce qui rend les évaluations locales comme celle de votre étude d'autant plus utiles.

1.2. Impacts des nuisances sonores sur l'environnement et la santé :

Les nuisances acoustiques ne se limitent pas à une gêne passagère. Lorsqu'elles deviennent chroniques et dépassent certains seuils, elles ont des conséquences multidimensionnelles, touchant à la fois la santé humaine, le bien-être psychologique, le rendement cognitif et même les écosystèmes naturels.

1.2.1 Effets sur la santé humaine :

a. Troubles auditifs :

Une exposition prolongée à des niveaux sonores supérieurs à 85 dB(A) peut entraîner une perte auditive irréversible, particulièrement chez les personnes vivant à proximité de routes très fréquentées, d'aéroports ou de zones industrielles.

Selon l'OMS, environ 466 millions de personnes dans le monde souffrent de déficience auditive, dont une partie est liée à l'exposition excessive au bruit. (WHO, 2018)

b. Perturbation du sommeil :

Le bruit nocturne a des effets délétères sur la qualité du sommeil, même à faibles niveaux sonores (supérieurs à 40 dB(A)) :

- Réveils fréquents.
- Réduction du sommeil profond (stade N3).
- Fatigue chronique, irritabilité.

L'OMS recommande un niveau de bruit nocturne inférieur à 45 dB(A) pour éviter des effets physiologiques et psychologiques. (WHO N. N., 2009)

1.2.2 Effets cardiovasculaires :

L'exposition chronique au bruit augmente le stress oxydatif, la pression artérielle et le rythme cardiaque, ce qui accroît le risque de :

- Hypertension artérielle.
- Infarctus du myocarde.
- Accidents vasculaires cérébraux (AVC).

Une étude publiée dans The Lancet a montré que le risque de maladies cardiaques augmente de 8 % par tranche de 10 dB(A) d'exposition au bruit routier au-delà de 50 dB(A).

1.2.3 Troubles cognitifs et apprentissage :

Chez l'enfant, l'exposition au bruit (notamment dans les écoles situées près d'axes routiers ou ferroviaires) est associée à :

- Des difficultés de concentration.
- Une baisse des performances en lecture.
- Un retard dans le développement linguistique.

(WHO B., 2011)

1.2.4 Effets psychologiques :

Les bruits perçus comme intrusifs ou incontrôlables induisent :

- Du stress chronique.
- Des troubles anxieux.

- Un sentiment de gêne, souvent sous-estimé mais impactant fortement le bien-être.

1.2.5 Effets sur l'environnement et la faune :

a. Perturbation de la faune terrestre :

Le bruit agit comme une barrière écologique :

- Modification des comportements d'alimentation, de reproduction ou de migration chez certaines espèces.
- Réduction des aires de répartition.
- Diminution de la biodiversité.

b. Effets sur les milieux aquatiques :

Le bruit sous-marin (bateaux, sonars, forages) perturbe la vie des mammifères marins :

- Dérégulation de l'écholocation.
- Stress, désorientation.
- Échouages massifs documentés chez certaines espèces de cétacés. ((Rolland et al., 2012)

c. Altération des écosystèmes :

Des écosystèmes entiers peuvent être modifiés par des changements de comportement des espèces sensibles au bruit, entraînant des déséquilibres dans les chaînes trophiques.

1.2.6 Conséquences socio-environnementales :

- Dévalorisation immobilière dans les zones bruyantes.
- Conflits sociaux liés aux nuisances de voisinage ou aux infrastructures bruyantes (ex : discothèques, routes).
- Charge économique importante pour les systèmes de santé publique.

En Europe, la pollution sonore engendrerait une perte économique annuelle de plus de 40 milliards d'euros, liée aux soins de santé, à la perte de productivité et à la baisse de qualité de vie. (EEA, 2020)

1.3. Évaluation du bruit en milieu urbain : méthodes et normes :

Le bruit urbain est reconnu comme un facteur majeur de pollution affectant la santé physique et mentale des populations. Son évaluation nécessite des approches normalisées et rigoureuses, tant pour la mesure que pour la modélisation et l'interprétation. L'application de normes acoustiques permet une comparaison objective entre différents environnements et oriente la planification urbaine.

1.3.1 Méthodes d'évaluation du bruit

a. Mesures sur site (sur terrain) :

Les mesures acoustiques peuvent être réalisées de manière ponctuelle ou continue selon les objectifs de l'étude.

b. Paramètres mesurés :

- LAeq (niveau équivalent de pression acoustique) : moyenne énergétique du bruit sur une période donnée (ex. 15 minutes, 1 heure, etc.).
- Lmax / Lmin : niveau maximum/minimum atteint.
- L10, L50, L90 : niveaux de bruit dépassés pendant respectivement 10 %, 50 %, 90 % du temps (indiquent la variation).
- SEL (Sound Exposure Level) : niveau d'exposition sur un événement.

c. Matériel :

- Sonomètres normalisés classe 1 ou 2 (conformes à la norme IEC 61672).
- Microphones calibrés avec protection contre le vent.
- Stations fixes ou mobiles, montées à hauteur standard de 1,2 à 1,5 m du sol.

d. Protocoles :

- Mesures réalisées à différentes heures de la journée : jour (7h-19h), soir (19h-23h), nuit (23h-7h).
- Conditions météorologiques enregistrées (vent, pluie, température).

1.3.2 Cartographie et modélisation du bruit (méthodes indirectes)

Lorsque la mesure directe est difficile ou coûteuse à grande échelle, on utilise des modèles acoustiques, souvent intégrés dans des SIG.

a. Méthodes :

- Modèles prédictifs (ex. : CNOSSOS-EU, NMPB, RLS-90)
- Modélisation 2D ou 3D avec :
  - Données sur la circulation (volume, type de véhicules, vitesse)
  - Répartition des bâtiments (géométrie, hauteur, matériaux)
  - Topographie
  - Conditions météorologiques

b. Outils :

- Logiciels comme CadnaA, SoundPLAN, ou des modules dans ArcGIS / QGIS.
- Simulation par interpolation spatiale des points mesurés (ex. krigeage).

c. Normes et seuils réglementaires :

- **Normes internationales et européennes :**
- **Recommandations de l'OMS :**
  - 55 dB(A) LAeq jour à ne pas dépasser pour prévenir les effets sur la santé.
  - 45 dB(A) LAeq nuit pour protéger le sommeil.

- **Directive européenne 2002/49/CE :**
  - Obligation de cartes stratégiques du bruit pour les agglomérations >100 000 habitants.
  - Indices standardisés : Lden (jour-soir-nuit), Lnight.

- **Normes algériennes et locales (si disponibles) :**
  - L'Algérie ne dispose pas encore de normes acoustiques complètes équivalentes à celles de l'UE, mais elle peut s'inspirer :
  - des normes françaises (NFS 31-010, 31-085) ou belges.
  - des limites utilisées dans les études d'impact environnemental (EIE).
  - de recommandations de l'Agence Nationale des Changements Climatiques (ANCC) ou du Ministère de l'Environnement.

1.3.3 Seuils indicatifs utilisés dans plusieurs études (adaptables) :

zone	LAeq Jour (dB(A))	LAeq Nuit (dB(A))
Résidentielle	**≤ 55**	**≤ 45**
Commerciale	**≤ 65**	**≤ 55**
Industrielle	**≤ 70**	**≤ 60**
Zone sensibles (écoles, hôpitaux, etc.)	**≤ 50**	**≤ 40**

Tableau 3: Seuils indicatifs utilisés dans plusieurs études (adaptables)

1.4. Apports des Systèmes d'Information Géographique dans l'analyse environnementale :

1.4.1 Introduction aux SIG dans le contexte environnemental :

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) sont des outils informatiques puissants qui permettent de collecter, stocker, gérer, analyser et visualiser des données géographiques. Leur application dans le domaine de l'environnement est devenue incontournable, notamment en raison de leur capacité à intégrer une grande diversité de données spatiales (images satellites, cartes, données de terrain, etc.) et à produire des analyses multidimensionnelles.

L'environnement, par nature, est un système complexe, composé d'éléments interconnectés et dynamiques. La spatialisation des phénomènes environnementaux (pollution, érosion, bruit, qualité de l'air, inondations, etc.) nécessite des outils capables de représenter et de modéliser ces interactions dans l'espace et le temps. Les SIG répondent précisément à cette exigence.

1.4.2 Fonctionnalités des SIG utiles à l'analyse environnementale :

Les SIG offrent une variété de fonctionnalités qui sont particulièrement pertinentes dans les études environnementales :

a. Gestion et intégration de données hétérogènes :

Les SIG permettent d'intégrer des données provenant de différentes sources : relevés de terrain, données climatiques, images satellites, cartes topographiques, données socio-économiques, etc. Cette capacité favorise une approche interdisciplinaire, essentielle dans l'analyse environnementale.

b. Analyse spatiale :

Grâce à des fonctions telles que l'interpolation spatiale, le croisement de couches, la détection de zones à risque, les SIG facilitent l'analyse des relations spatiales

entre différents facteurs environnementaux (ex : proximité entre zones industrielles et zones résidentielles).

c. Modélisation environnementale :

Les SIG permettent de simuler des scénarios environnementaux (propagation de la pollution, dispersion des émissions sonores, montée des eaux, etc.) en prenant en compte des variables physiques et humaines. Cela aide à la planification préventive et à la prise de décision.

d. Cartographie thématique :

La production de cartes thématiques (cartes de bruit, de qualité de l'air, d'occupation du sol, etc.) est un atout majeur. Ces cartes facilitent la visualisation des phénomènes et leur compréhension par les décideurs comme par le grand public.

e. Analyse temporelle :

Les SIG permettent également d'analyser l'évolution des phénomènes environnementaux dans le temps (par exemple, l'évolution du couvert végétal, ou des niveaux de bruit à différentes heures de la journée ou entre deux périodes).

1.4.3 Domaines d'application des SIG en environnement :

a. Gestion des risques naturels :

Les SIG sont utilisés pour cartographier les zones inondables, les zones à risque sismique, les glissements de terrain, etc. Ils permettent aussi d'élaborer des plans d'évacuation et des stratégies de prévention.

b. Suivi de la qualité de l'air et de l'eau :

En croisant les données de capteurs et de modélisations, les SIG aident à localiser les sources de pollution et à suivre la qualité de l'air ou de l'eau à l'échelle régionale ou urbaine.

c. Évaluation des nuisances sonores :

Les SIG peuvent être utilisés pour créer des cartes de bruit en milieu urbain en intégrant les données de mesure acoustique, les caractéristiques du bâti, le trafic routier, etc. Ils permettent ainsi de localiser les zones sensibles et de proposer des mesures d'atténuation.

d. Aménagement du territoire et planification urbaine :

Les SIG permettent d'évaluer l'impact environnemental de nouveaux projets d'aménagement (routes, zones industrielles, logements) en identifiant les zones écologiquement sensibles.

e. Suivi de la biodiversité et des habitats :

En croisant les données écologiques et géographiques, les SIG permettent de surveiller les habitats naturels, d'identifier les corridors écologiques et de suivre la fragmentation du paysage.

1.4.4 Cas particulier : le bruit urbain et les SIG :

Dans le contexte de la pollution sonore, les SIG jouent un rôle central dans :

- La localisation des points de mesure acoustique (choix stratégique en fonction de l'urbanisme et du trafic).
- L'interpolation des niveaux sonores à partir des points mesurés (ex : krigeage, IDW).
- La modélisation 3D du bruit en tenant compte de la topographie et des obstacles (bâtiments, végétation).
- La superposition avec d'autres couches (habitat, infrastructures, zones sensibles).
- L'identification des zones dépassant les seuils réglementaires (décibels) selon les normes locales ou internationales.

1.4.5 Limites et précautions :

Malgré leurs nombreux avantages, les SIG ne sont pas exempts de limites :

- La qualité des analyses dépend fortement des données disponibles : leur précision, leur actualité, leur résolution.
- Les coûts de certains logiciels SIG propriétaires peuvent être un frein pour les petites structures.
- Une formation technique est nécessaire pour une bonne maîtrise des outils SIG.
- Certains phénomènes environnementaux nécessitent une modélisation complexe difficile à implémenter sans expertises interdisciplinaires.

1.5. Utilisation des SIG dans la modélisation et la cartographie du bruit :

La pollution sonore constitue une problématique majeure en milieu urbain. Elle impacte la santé publique (stress, troubles du sommeil, surdité partielle, troubles cardiovasculaires) et altère la qualité de vie. Afin de localiser les zones les plus exposées et de mettre en place des stratégies d'atténuation, il est nécessaire de représenter le bruit dans l'espace de manière précise.

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) sont aujourd'hui des outils incontournables pour la modélisation spatiale du bruit. Grâce à leur capacité à croiser des données acoustiques, urbanistiques, topographiques et météorologiques, les SIG permettent non seulement de produire des cartes de bruit dynamiques, mais également de simuler des scénarios et de soutenir la prise de décision.

1.5.1 Composantes de la modélisation acoustique dans un SIG (Données de base nécessaires) :

Pour une modélisation fiable, il est indispensable de collecter et intégrer dans le SIG les données suivantes :

a. Mesures de bruit :

- Réalisées à l'aide de sonomètres ou stations de mesure.
- Points de mesure géo-référencés (latitude, longitude, hauteur).
- Indicateurs utilisés : Leq (niveau équivalent), Lden (day-evening-night level), Lnight.

b. Données routières :

- Type de voirie (principale, secondaire, résidentielle).
- Volume de trafic journalier (véhicules légers, poids lourds).
- Vitesse moyenne de circulation.
- Taux d'accélération/décélération (important aux intersections).

c. Caractéristiques du bâti :

- Localisation des bâtiments.
- Hauteur et matériaux (qui influent sur la réflexion du son).
- Densité urbaine et orientation.

d. Topographie et environnement naturel :

- Modèle numérique de terrain (MNT) et modèle numérique de surface (MNS).
- Présence de végétation, plans d'eau, ou parcs (effet d'absorption naturelle du bruit).

e. Conditions météorologiques (si disponibles) :

- Température, direction et vitesse du vent, humidité relative.

- Ces paramètres affectent la propagation des ondes sonores.

1.5.2 Étapes de modélisation du bruit dans un SIG :

a. Structuration des données :

L'ensemble des données collectées est structuré dans une base géographique sous forme de couches (layers). Chaque couche correspond à une thématique : voirie, bâtiment, bruit mesuré, topographie, etc.

b. Interpolation spatiale des niveaux sonores :

Les mesures ponctuelles de bruit sont rarement suffisantes pour couvrir tout le territoire. Il est donc nécessaire de recourir à des méthodes d'interpolation pour estimer le bruit dans les zones non mesurées. Les méthodes les plus utilisées dans les SIG sont :

- IDW (Inverse Distance Weighting) : attribue plus de poids aux points proches.
- Kriging : méthode géostatistique qui tient compte de la variance spatiale et offre des résultats plus fiables, surtout en milieu urbain dense.

1. Modélisation de la propagation acoustique :

- Des logiciels complémentaires (parfois intégrés aux SIG ou compatibles) permettent de simuler la propagation du bruit :
- SoundPLAN, CadnaA, RoadNoise, etc., sont utilisés pour simuler le bruit à partir des caractéristiques des routes, du bâti et des données météo.
- Ces logiciels génèrent des isos courbes de bruit ou cartes de bruit stratifiées, exportables dans des SIG pour traitement et analyse.

2. Analyse spatiale dans le SIG :

- Croisement des couches pour identifier les zones sensibles (écoles, hôpitaux, zones résidentielles proches de routes bruyantes).

- Représentation en classes de bruit (par plages de dB : <55, 55–65, >65 dB, etc.).
- Calcul de population exposée : à l'aide de données démographiques et de buffers (zones tampons autour des sources de bruit).
- Simulation de scénarios : effet d'un écran acoustique, réduction du trafic, changement de revêtement routier, etc.

1.5.3 Production de cartes de bruit :

Les cartes de bruit générées à partir des SIG sont des outils de communication essentiels :

a. Types de cartes produites :

- Cartes de bruit actuelles (état réel, basé sur les mesures et modélisation).
- Cartes de prévision (bruit projeté dans 10–20 ans avec croissance urbaine ou modification d'infrastructure).
- Cartes d'exposition de la population.
- Cartes de conformité réglementaire (zones dépassant les seuils définis par la loi).

b. Représentation cartographique :

- Utilisation de dégradés de couleur (ex. : vert = zones calmes ; rouge = zones fortement bruyantes).
- Ajout de légendes claires, d'échelles, d'informations contextuelles.
- Intégration dans des interfaces web SIG ou des atlas interactifs.

1.5.4 Avantages de l'utilisation des SIG dans la cartographie du bruit :

- Visualisation intuitive de l'impact sonore à l'échelle urbaine.
- Identification rapide des zones prioritaires pour l'action publique.
- Évaluation de scénarios avant mise en œuvre des solutions (urbanisme, voirie).
- Appui à la prise de décision pour les autorités locales et urbanistes.
- Suivi temporel : comparaison entre cartes de différentes années.
- Communication auprès du public (transparence, participation citoyenne).

1.5.5 Limites et précautions :

- Dépendance à la qualité des données : la précision des cartes dépend fortement de la densité et de la fiabilité des données mesurées.
- Complexité des modèles acoustiques : certains phénomènes physiques ne sont pas toujours bien reproduits.
- Coût et complexité logicielle : certains outils professionnels (ex. CadnaA, SoundPLAN) sont coûteux et nécessitent des compétences avancées.
- Manque de données actualisées (trafic, construction, climat), ce qui peut fausser les résultats.

1.6. Expériences et études de cas similaires :

1.6.1 Étude de la cartographie du bruit à l'aide des SIG – Cas de la ville de Lyon (France) :

a. Objectifs :

- Réaliser une cartographie du bruit à l'échelle urbaine.
- Évaluer l'exposition des populations au bruit à proximité des grands axes routiers.

b. Méthodologie :

- Relevés sonores réalisés par des capteurs mobiles installés sur des véhicules.
- Collecte simultanée de données GPS pour géo localiser les mesures.

c. Utilisation du logiciel ArcGIS pour :

- Importer les données de bruit géo localisées.
- Appliquer une méthode d'interpolation spatiale (IDW).
- Croiser les données avec des cartes de densité de population.

d. Résultats :

- Création de cartes de bruit en 3D.
- Mise en évidence des zones à forte exposition (>70 dB).
- Utilisation des résultats pour orienter des aménagements urbains (pose d'écrans antibruit, reconfiguration de la voirie).

(Can, 2011)

1.6.2 Cartographie stratégique du bruit – Région de Casablanca (Maroc) :

a. Objectifs :

- Diagnostiquer la pollution sonore dans les zones urbaines mixtes (résidentiel / industriel).
- Fournir une base de données sonore pour la planification urbaine.

b. Méthodologie :

- Mesures de bruit à l'aide de sonomètres manuels dans 25 points répartis stratégiquement.

c. Traitement des données dans QGIS :

- Digitalisation des couches de routes, bâtiments et zones industrielles.
- Interpolation spatiale via la méthode du krigeage.
- Calcul de buffers de 100 à 500 m autour des axes majeurs.

d. Résultats :

- Cartes de bruit selon les périodes (jour / nuit).
- Identification de quartiers exposés >75 dB.
- Intégration de ces données dans le plan d'aménagement urbain (PAU) de la région.

(Bencheikh, (2018))

1.6.3 Projet européen « END – Environmental Noise Directive » – Bruxelles, Belgique :

a. Objectifs :

- Établir une cartographie standardisée du bruit dans les grandes villes européennes.
- Utiliser les SIG pour produire des cartes de bruit stratégiques.

b. Méthodologie :

- Utilisation de modèles de simulation (CadnaA, SoundPLAN) alimentés par des bases de données géo spatiales (routes, rails, bâtiments).
- Les résultats sont intégrés dans des SIG via ArcGIS pour permettre la visualisation interactive.
- Classification selon les seuils de la directive européenne (>55 dB, >65 dB…).

c. Résultats :

- Cartes interactives publiées en ligne (open data).

- Outil de décision pour les autorités locales en matière d'urbanisme et de transport.
- Obligation pour les municipalités de produire des plans d'action anti-bruit.

(., 2015)

1.6.4 Étude à Constantine (Algérie) – Cartographie des nuisances sonores dans un espace universitaire :

a. Objectifs :

- Évaluer les niveaux de bruit dans un environnement éducatif.
- Identifier les zones perturbées affectant le bon déroulement des cours.

b. Méthodologie :

- Relevés sonores à 15 points sur le campus durant les heures de cours.
- Analyse SIG via QGIS avec interpolation IDW.
- Superposition avec la carte des salles de classe, espaces verts et circulation.

c. Résultats :

- Les zones proches des parkings et des voies internes présentaient des niveaux >65 dB.
- Recommandation de plantation d'arbres et de changement des itinéraires de circulation.
- Prise en compte des résultats par la direction du campus dans les futurs projets d'aménagement.

(Bensalem, (2020))

1.6.5 Projet Noise Capture – Application mobile et SIG participatif (International) :

a. Objectifs :

- Permettre aux citoyens de mesurer le bruit avec leur smartphone et contribuer à une base de données mondiale.
- Exploiter les SIG pour visualiser les résultats collectés en temps réel.

b. Méthodologie :

- Utilisation d'une application mobile gratuite (NoiseCapture).
- Mesures géo localisées envoyées à un serveur central.
- Les données sont visualisables sur une plateforme SIG open source (NoisePlanet).

c. Résultats :

- Récolte de milliers de points dans plusieurs villes du monde.
- Visualisation des niveaux de bruit sur carte mondiale.
- Projet mobilisé par certaines municipalités pour orienter leur politique environnementale.

(CNRS / Ifsttar (France), 2017)

d. Synthèse comparative :

étude	Outils utilisés	Type de bruit	Echelle	Logiciel SIG
Lyon	Véhicule + GPS	routier	urbaine	ArcGIS
Casablanca	sonomètre	Mixte (industriel + trafic)	Urbaine	QGIS

Bruxelles	Simulation + BD topo	Multi-source	Métropolitaine	ArcGIS
Constantine	Sonomètre manuel	Campus / circulation interne	Locale	QGIS
Noise capture	smartphone	Tout type	international e	SIG web (NoisePlanet)

Tableau 4: Synthèse comparative

1.7. Conclusion du chapitre :

Ce premier chapitre a permis d'établir une base conceptuelle et scientifique solide pour aborder la problématique des nuisances acoustiques en milieu urbain, en particulier dans le contexte algérien et plus précisément celui du quartier Akid Lotfi à Oran.

Tout d'abord, nous avons défini les nuisances acoustiques comme une forme de pollution sonore générée principalement par les activités humaines (trafic routier, infrastructures, chantiers, etc.), dont l'intensité, la fréquence et la durée peuvent engendrer une gêne importante, voire des effets délétères sur la santé humaine et l'environnement. Cette pollution invisible mais omniprésente constitue aujourd'hui une préoccupation majeure pour les urbanistes, les autorités sanitaires et les décideurs publics.

Ensuite, l'analyse des impacts du bruit a révélé l'ampleur des conséquences de l'exposition prolongée au bruit sur la santé physique (troubles auditifs, maladies cardiovasculaires), mentale (stress, anxiété) et sociale (altération de la qualité de vie). L'environnement lui-même n'est pas épargné : le bruit affecte la faune

urbaine, perturbe les écosystèmes et génère une fragmentation sonore de l'espace urbain.

Nous avons ensuite examiné les différentes méthodes d'évaluation du bruit, allant des mesures physiques ponctuelles jusqu'aux techniques de modélisation, en passant par les normes de référence telles que celles de l'OMS ou des réglementations locales. Ces approches visent à quantifier le bruit et à mieux comprendre sa répartition spatiale et temporelle, condition indispensable pour planifier des politiques d'atténuation efficaces.

Dans ce cadre, les Systèmes d'Information Géographique (SIG) se sont révélés être des outils puissants et indispensables dans l'analyse environnementale. Leur capacité à gérer, croiser et visualiser des données spatiales permet non seulement de localiser les zones à fort impact sonore, mais aussi d'identifier les populations les plus exposées et de simuler des scénarios d'aménagement pour réduire les nuisances.

Par ailleurs, l'étude des expériences internationales et régionales a mis en lumière l'efficacité de l'intégration des SIG dans la gestion du bruit urbain. Ces cas de référence démontrent qu'une approche géographique, combinée à une expertise technique et à une volonté politique, peut grandement contribuer à une meilleure qualité de vie urbaine et à une gestion durable du territoire.

Ainsi, ce cadre théorique constitue la fondation intellectuelle et méthodologique nécessaire à la mise en œuvre de notre étude de cas dans le quartier Akid Lotfi. Il permet de cadrer l'analyse à venir, d'orienter le choix des outils et des méthodes de collecte et de traitement des données, et d'assurer la pertinence des résultats obtenus dans les chapitres suivants.

Chapitre 2 : Présentation de la Zone d'Étude

2.1. Localisation géographique de la commune de Bir El Djir et du quartier Akid Lotfi :

2.1.1 La commune de Bir El Djir : contexte géographique et administratif :

La commune de Bir El Djir est située dans la wilaya d'Oran, au nord-ouest de l'Algérie, sur la frange littorale méditerranéenne. Elle fait partie de la banlieue est de la ville d'Oran, à environ 7 km du centre-ville. La commune est insérée dans une zone stratégique, car elle est limitrophe à l'ouest de la commune d'Oran, au nord de la Méditerranée, à l'est de la commune de Hassi Bounif, et au sud de la commune d'Es-Sénia.

Administrativement, Bir El Djir relève de la daïra du même nom, et fait partie des pôles urbains les plus dynamiques de l'agglomération oranaise. Elle accueille des infrastructures majeures à l'échelle régionale, telles que :

- Le Centre Hospitalo-Universitaire 1er novembre 1954.
- L'Université des Sciences et de la Technologie Mohamed-Boudiaf (USTO-MB).
- Plusieurs pôles résidentiels modernes et centres commerciaux.
- Des axes routiers structurants (voie express, pénétrante Est d'Oran, RN11).

Avec une superficie d'environ 31,86 km², Bir El Djir connaît un développement urbain accéléré depuis les années 2000, marqué par une forte densification, en particulier le long des principaux axes routiers et autour des pôles d'activités.

2.1.2 Le quartier Akid Lotfi : localisation intra-urbaine :

Le quartier Akid Lotfi est l'un des quartiers emblématiques de la commune de Bir El Djir. Il est situé dans la partie nord-ouest de la commune, à proximité

immédiate de la frontière administrative avec la commune d'Oran, ce qui en fait un espace de transition entre le centre-ville et la banlieue orientale.

a. Coordonnées géographiques approximatives :

- Latitude : 35.712° N.
- Longitude : -0.591° W.

Akid Lotfi s'étend autour de l'axe structurant du 2e boulevard périphérique, et est desservi par plusieurs avenues majeures :

- Boulevard des 40 mètres (route Est-Ouest).
- Boulevard de l'environnement.
- Proximité avec la rocade Sud et la voie rapide d'Oran Est.

b. Caractéristiques urbaines du quartier Akid Lotfi :

Type d'urbanisation : Mixte (résidentielle, commerciale, administrative),

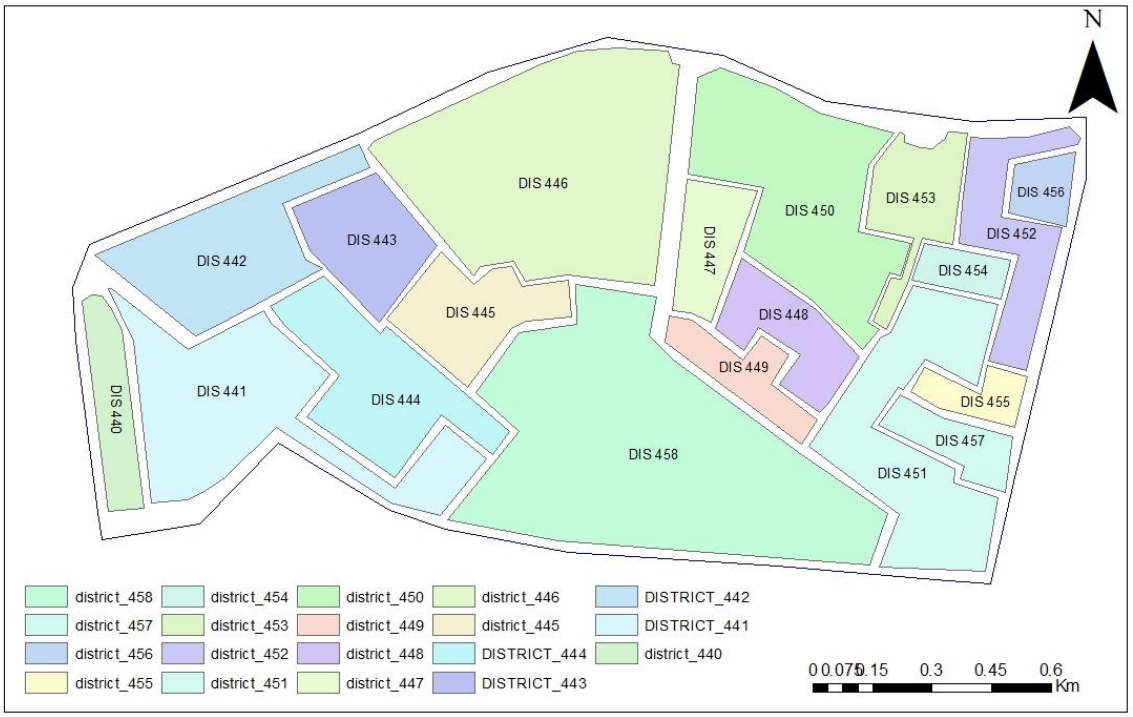
Morphologie urbaine : Trame régulière, immeubles collectifs, zones de lotissements, grands ensembles d'habitat vertical,

c. Infrastructures clés :

- Siège de l'apc.
- Lycées, écoles, cliniques privées.
- Transports en commun (bus, taxis collectifs).

Le quartier connaît une forte fréquentation quotidienne, en particulier aux heures de pointe, en raison de la concentration de services et de commerces. Cela génère une intensité du trafic routier significative, notamment sur les axes principaux, ce qui en fait une zone à fort enjeu acoustique.

CARTE DES DISTRICTS ZONE AKID LOTFI -ORAN_



2.2. Caractéristiques physiques : relief, climat, topographie :

2.2.1 Relief :

La commune de Bir El Djir s'inscrit dans un relief globalement faible à modérément ondulé, appartenant à la zone des plaines littorales oranaises. Le relief est caractérisé par :

- Une altitude moyenne comprise entre 30 et 80 mètres au-dessus du niveau de la mer.
- Une légère pente orientée du sud vers le nord, se dirigeant vers le littoral méditerranéen.
- Des zones plus élevées au sud, vers les limites d'Es-Sénia, et plus basses au nord, proches du front maritime.

Le terrain est relativement homogène, ce qui a facilité le développement d'un urbanisme régulier et planifié, notamment dans des quartiers comme Akid Lotfi, où les contraintes topographiques sont faibles.

2.2.2 Impact du relief sur l'urbanisme :

- Favorise la densification verticale (immeubles de plusieurs étages).
- Permet une bonne accessibilité aux différents secteurs.
- Rend le site propice à l'aménagement de voiries structurantes (boulevards, rocades,

2.2.3 Climat :

La commune de Bir El Djir, comme l'ensemble de la wilaya d'Oran, bénéficie d'un climat méditerranéen semi-aride, caractérisé par :

paramètre	Valeur approximative (annuelle)
Température moyenne	17 à 19 °C
Température été	28 à 34 °C (juillet-août)
Température hiver	8 à 13 °C (janvier-février)
Précipitations moyennes	300 à 400 mm/an (irrégulières)
Durée d'ensoleillement	> 3000 heures/an
Humidité moyenne	Modérée, influence maritime

Tableau 5: paramètre climatique

Ce climat est influencé par la proximité de la mer Méditerranée, qui modère les amplitudes thermiques et apporte une brise marine fréquente, notamment dans les quartiers nord comme Akid Lotfi.

((CNTS)). (d'Oran). (Office National des Statistiques (ONS)) (Urbain).)

2.2.4 Conséquences environnementales :

- Le climat favorise une forte fréquentation des espaces extérieurs en journée et soirée, ce qui peut accentuer l'exposition sonore (bruit ambiant, trafic, activités sociales).
- Les périodes estivales chaudes entraînent une utilisation accrue de climatisation, générant parfois des nuisances mécaniques.
- Les vents dominants (nord-ouest) peuvent propager les sons sur de plus longues distances, surtout dans un tissu urbain dense.

2.2.5 Topographie et occupation du sol :

La topographie de la commune de Bir El Djir est relativement uniforme, sans accidents majeurs du relief. Le terrain présente des pentes douces, ce qui facilite:

- L'écoulement des eaux pluviales (malgré quelques points de stagnation urbains).
- L'implantation de zones bâties sur plusieurs niveaux (immeubles, blocs résidentiels).
- La modélisation SIG du bruit par interpolation fiable (ex. Krigeage, IDW), car le terrain est peu perturbé par le relief.

2.2.6 Occupation du sol à Akid Lotfi :

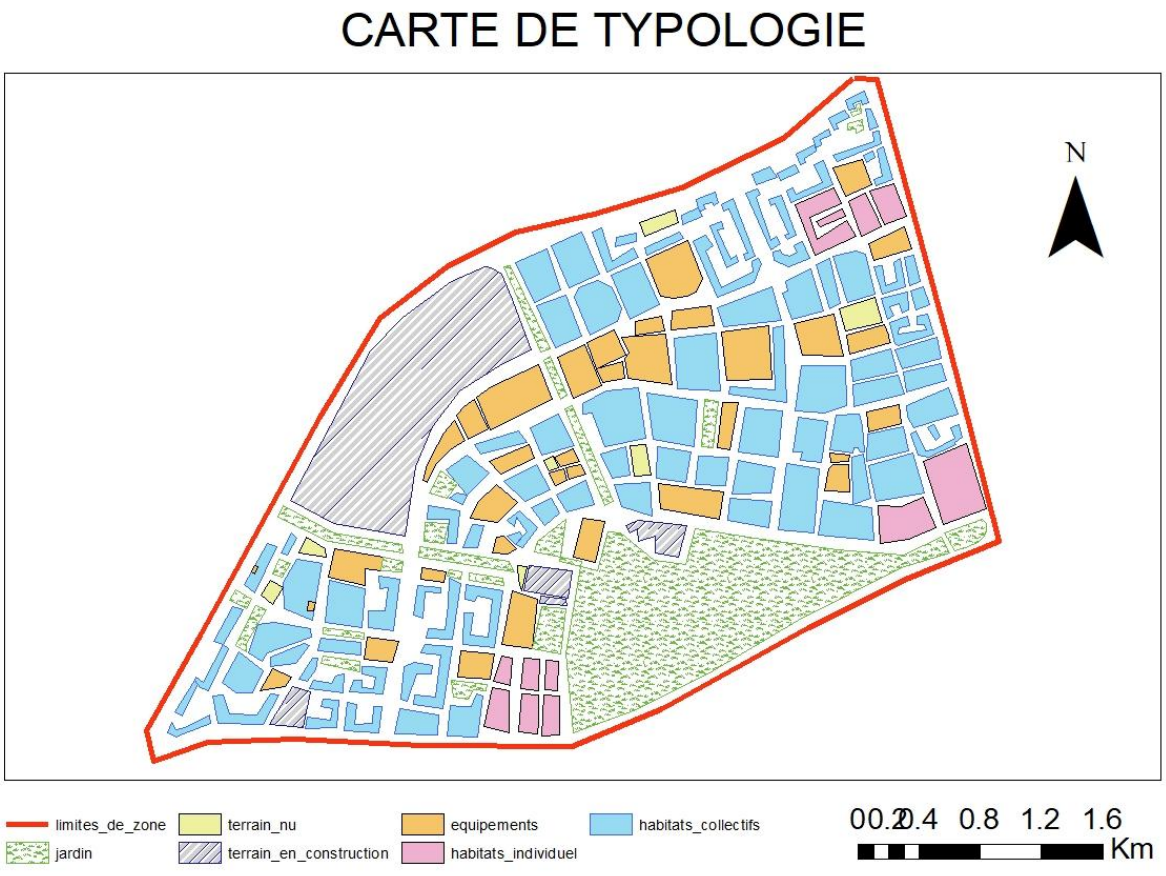
- Habitat vertical (R+4 à R+10) dominant.
- Zones commerciales en pied d'immeubles,
- Voiries bitumées structurées en quadrillage.
- Espaces verts peu nombreux mais présents (square, alignements arborés).
- Peu de zones industrielles ou agricoles (zone majoritairement urbaine et résidentielle).

2.2.7 Résumé des caractéristiques physiques :

Elément	Description succincte
Relief	Plat à légèrement ondulé (30 à 80 m)
Climat	Méditerranéen semi-aride, chaud en été, doux en hiver
Topographie	Favorable à l'urbanisation dense ; pentes faibles
Occupation du sol	Majoritairement résidentielle (immeubles), axes routiers, activités commerciales

Tableau 6: caractéristiques physiques

(Office National de la Météorologie (ONM)), (–) , (Benamara S. (2021) –)



2.3. Caractéristiques socio-économiques de la population :

2.3.1 Données démographiques générales :

La commune de Bir El Djir connaît une forte croissance démographique depuis les années 2000, en raison de sa proximité avec Oran et de l'implantation de nombreux équipements structurants (université, CHU, logements AADL, zones d'activités).

- **Population estimée :**
  - En 2008 (RGPH) : ~ 133 000 habitants.
  - En 2022 (estimations locales) : ~ 170 000 à 190 000 habitants.
- **Cette croissance s'explique par :**
  - Le déplacement des populations vers des quartiers neufs comme Akid Lotfi.
  - Le développement de programmes de logements publics (LSP, AADL, ENPI).
  - L'installation d'étudiants, de jeunes ménages et de cadres actifs.
- **Structure par âge et composition sociale :**

La population de Bir El Djir est relativement jeune, ce qui est caractéristique des banlieues en extension :

Tranche d'âge	Pourcentage estimé
Moins de 20 ans	35–40 %
20-40 ans	40–45 %
Plus de 60 ans	< 10 %

Tableau 7: Structure par âge et composition sociale

Le quartier Akid Lotfi concentre une classe moyenne urbaine :

- Cadres et fonctionnaires, notamment dans l'enseignement, la santé, les collectivités.
- Étudiants (proximité de l'USTO, logements universitaires).
- Commerçants et professions libérales (zone tertiaire active).
- Une minorité de foyers à faibles revenus, notamment dans les anciens immeubles OPGI.

2.3.2 Niveau d'instruction et d'emploi :

a. Éducation :

- Taux de scolarisation élevé (> 85 % chez les 6–18 ans).
- Présence de nombreuses écoles primaires, collèges, lycées.
- Proximité de l'Université USTO-MB, ce qui attire une population éduquée et diplômée.

b. Emploi :

- Secteurs dominants : administration, commerce, éducation, santé, BTP.
- Chômage présent surtout chez les jeunes (estimé à ~18–22 %).
- Activités informelles visibles dans certaines zones (petits commerces, travail journalier).

2.3.3 Niveau de vie et cadre de vie :

Le niveau de vie dans Akid Lotfi est hétérogène :

- Zones résidentielles moyennes à supérieures (immeubles récents, AADL).
- Logements plus anciens (bâtiments collectifs OPGI).
- Mixité sociale visible entre anciens habitants et nouveaux arrivants.

Le cadre de vie est globalement :

- Urbanisé, sécurisé, avec accès à de nombreux services publics (écoles, postes, agences, cliniques, mosquées).
- Bien desservi par les transports (bus, taxis collectifs, axes routiers).
- Mais impacté par des nuisances urbaines : bruit, embouteillages, densité.

2.3.4 Aspects pertinents pour l'étude des nuisances sonores

- Population jeune et active : mobilité quotidienne élevée, exposition au bruit.
- Densité résidentielle importante : effet de masse sonore (voisinage, circulation).
- Fréquentation commerciale élevée : sources de bruit variées (livraisons, clients, animations).
- Mixité fonctionnelle du quartier : superposition d'activités génératrices de bruit (commerce, circulation, services publics).

- **Évolution de la population :**

année	Population (estimation)
1998	~ 96 000 habitants
2008	~ 133 000 habitants
2022	~ 180 000 à 190 000

Tableau 8: Évolution de la population

Le quartier Akid Lotfi, bien que localisé dans une zone déjà urbanisée dès les années 1980, a connu une forte densification verticale dans les années 2000–2010 avec la construction de nombreux immeubles collectifs (AADL, OPGI, ENPI), ce qui a renforcé son attractivité résidentielle.

2.3.5 Activités économiques et emploi :

Bir El Djir n'est pas une commune industrielle, mais elle possède une économie urbaine de services bien développée, concentrée notamment dans Akid Lotfi.

a. Secteurs d'emploi dominants :

secteur	exemple
Administration publique	APC, daïra, centres de santé
Enseignement	Écoles, université, formations privées
Commerce & services	Boutiques, cafés, banques, cliniques
santé	Polycliniques, laboratoires
Transport informel	Taxis, chauffeurs particuliers
BTP (hors site)	Ouvriers vivant sur place

Tableau 9: Secteurs d'emploi

b. Taux de chômage :

- Estimé entre 18 % et 25 %, particulièrement élevé chez les jeunes diplômés (moins de 30 ans).
- Nombre d'emplois précaires ou informels (vendeurs de rue, livreurs, journaliers).

c. Niveau de vie et cadre résidentiel :

Akid Lotfi présente une hétérogénéité socio-spatiale :

- Cités modernes (AADL, ENPI, coopératives immobilières) avec standing moyen à élever.
- Cités sociales ou plus anciennes (ex-OPGI, bâtiments R+4 construits dans les années 80).
- Mixité sociale marquée, mais cohabitation généralement stable.

d. Équipements et services accessibles :

- Cliniques privées, pharmacies, centres de soins.
- Marchés de proximité, centres commerciaux (Akid Lotfi Mall).

- Banques, agences postales, mosquées, salles de sport.

2.3.6 Mobilité, vie urbaine et nuisances associées :

a. Mobilité :

- Fort usage des taxis collectifs et bus urbains.
- Axes routiers souvent congestionnés aux heures de pointe.
- Mobilité piétonne dense (commerces, écoles, services publics).

b. Impacts sur les nuisances sonores :

- Niveau sonore élevé lié à la circulation, klaxons, activités commerciales.
- Bruits de voisinage fréquents dans les ensembles d'habitat vertical dense.
- Zones sensibles proches des écoles, mosquées, cliniques → population vulnérable exposée.

(estimations, 2008/2022) , (internes)., 2021–2023)

2.4. Organisation urbaine et réseau de transport :

2.4.1 Organisation urbaine de la commune de Bir El Djir :

La commune de Bir El Djir présente une organisation urbaine en expansion rapide, structurée autour de grands pôles fonctionnels et résidentiels, avec une urbanisation majoritairement planifiée. On y observe une dynamique de métropolisation périphérique, typique des banlieues algériennes postcoloniales.

a. Typologie de l'urbanisation :

- Urbanisation linéaire et radiale : le développement s'est fait autour des grands axes routiers et vers l'est (Hassi Bounif),
- Centralités multiples : CHU, USTO, siège de la daïra, zones commerciales, équipements éducatifs,
- Pôles résidentiels mixtes :

- Habitat social (OPGI).
- Habitat promotionnel (AADL, ENPI).
- Coopératives et lotissements privés.

b. Équipements structurants :

- Université des Sciences et de la Technologie (USTO-MB).
- CHU 1er novembre 1954.
- Siège de la daïra, APC, agences de services (Sonelgaz, Algérie Poste…).
- Écoles, mosquées, cliniques privées.

2.4.2 Le quartier Akid Lotfi : structure urbaine interne :

Le quartier Akid Lotfi constitue une centralité secondaire importante dans la commune. Il est planifié selon une trame régulière, avec des blocs d'immeubles disposés de manière orthogonale et des axes routiers larges et hiérarchisés.

- **Répartition fonctionnelle :**

Zone	Fonction principale
Nord du quartier	Résidentielle (immeubles AADL/OPGI)
Centre (vers Boulevard 40 m)	Commerciale et tertiaire
Sud (vers rocade)	Équipements publics, établissements scolaires

Tableau 10: Répartition fonctionnelle

- **Cette organisation favorise :**
  - Une densité de population élevée.
  - Une activité commerciale intense.
  - Des flux de circulation importants aux heures de pointe.

2.4.3 Réseau de transport structurant :

a. Transport routier :

La commune est traversée par un réseau hiérarchisé de routes et boulevards, facilitant la mobilité entre Oran centre, l'aéroport d'Es-Sénia et les zones résidentielles périphériques.

b. Principaux axes :

- Boulevard de l'Environnement : traverse Akid Lotfi, axe est-ouest très fréquenté.
- Boulevard des 40 mètres : artère commerçante centrale du quartier.
- 2e boulevard périphérique d'Oran : structure les flux entre Oran centre et l'est.
- Rocade sud : relie l'autoroute Est-Ouest et le port d'Oran.

c. Transports en commun :

- Taxis collectifs : très utilisés, desservant Oran centre, Hassi Bounif, Es-Sénia.
- Bus urbains : lignes régulières assurées par l'ETO (Entreprise de Transport d'Oran) ou des opérateurs privés.
- Arrêts concentrés au niveau du centre commercial, du lycée Akid Lotfi et des carrefours.

d. Mobilité piétonne :

- Forte fréquentation piétonne dans les zones commerçantes.
- Trottoirs souvent encombrés ou inadaptés.
- Peu de pistes cyclables ou d'espaces piétons protégés.

2.4.4 Enjeux urbanistiques et acoustiques liés aux transports :

Le réseau de transport, tout en assurant une bonne accessibilité, engendre plusieurs externalités négatives, notamment :

a. Nuisances acoustiques :

- Trafic routier dense : bruit constant, notamment aux heures de pointe.
- Klaxons, moteurs, freinages : pollution sonore dans les axes principaux.
- Transports publics bruyants (moteurs diesel, vieillissement du parc).

b. Sécurité et congestion :

- Embouteillages fréquents (boulevard des 40 m, Carrefour Akid Lotfi).
- Accidents mineurs récurrents.
- Manque d'aménagements pour les mobilités douces.

2.5. Sources potentielles de nuisances sonores dans le quartier :

Le quartier Akid Lotfi présente une forte densité urbaine et une mixité fonctionnelle importante, ce qui en fait un secteur à fort risque acoustique. Les nuisances sonores y sont principalement d'origine anthropique (provoquées par les activités humaines), liées à la circulation, aux commerces, aux équipements publics et à l'habitat vertical dense.

2.5.1 Le trafic routier :

Le trafic routier constitue la principale source de bruit dans Akid Lotfi. Le quartier est traversé par plusieurs axes très fréquentés, notamment :

- Le boulevard des 40 mètres (centre du quartier).
- Le boulevard de l'Environnement.
- Les artères secondaires desservant les zones résidentielles.

2.5.2 Manifestations sonores :

- Klaxons fréquents, surtout aux intersections sans signalisation automatisée.
- Moteurs bruyants (notamment véhicules anciens, bus, camions).
- Bruit de freinage, démarrage, embouteillages.

- Circulation nocturne (livraisons, taxis clandestins) dans certaines zones.

2.5.3 Activités commerciales et services

a. Zones concernées :

- Alignement de commerces sur le boulevard des 40 m.
- Marchés de proximité (ex. mini-marchés, boucheries, cafés).
- Centre commercial Akid Lotfi Mall.

b. Types de bruit :

- Bruit de foule (clients, discussions, musique dans les boutiques).
- Chargement/déchargement de marchandises (camions de livraison).
- Systèmes de climatisation ou groupes électrogènes en façade.

Ces nuisances sont intensifiées aux heures de pointe (matin et fin de journée) et durant les périodes festives ou de forte activité (Ramadan, rentrée scolaire, soldes...).

2.5.4 Transports en commun et taxis :

- Taxis collectifs stationnant en masse à certains points (non organisés).
- Bus urbains vieillissants (moteurs diesel, arrêts fréquents sans aménagement sonore).
- Attroupements de voyageurs, parfois avec cris, klaxons pour appel de clients.

2.5.5 Établissements publics et zones sensibles :

a. Équipements scolaires :

- Écoles, lycées, collèges : bruit de récréation, rassemblements, transports scolaires.

b. Mosquées :

- Appels à la prière (cinq fois par jour, parfois amplifiés).
- Rassemblements importants les vendredis ou durant les fêtes.

c. Cliniques, centres médicaux :

- Circulation liée aux urgences, bruit de sirènes ambulancières.

2.5.6 Nuisances domestiques et de voisinage :

- Immeubles collectifs (R+4 à R+10) : transmission du bruit d'un logement à l'autre.
- Utilisation d'appareils électroménagers, téléviseurs, fêtes domestiques.
- Enfants jouant dans les cours intérieures ou espaces entre immeubles.

2.5.7 Chantiers de construction et maintenance :

- Quartier en expansion constante, avec des programmes de logements ou d'équipements publics.
- Bruit de machines, marteaux pneumatiques, bétonnières, camions de chantier.
- Parfois activité tôt le matin ou durant le week-end.

- **Autres sources potentielles :**
  - Activités sportives de rue (terrains de proximité).
  - Salons de fêtes, cafés-restaurants (musique, animations en soirée).
  - Chiens errants ou domestiques (aboiements fréquents dans certaines rues).

2.5.8 Synthèse sous forme de tableau :

Source de bruit	Type de bruit	Moment d'intensité	Localisation principale
Circulation routière	Moteurs, klaxons, freinages	Toute la journée	Boulevards principaux

Commerces et marchés	Foule, musique, livraisons	Matin + fin d'après-midi	Boulevard 40 m, rues commerçantes
Transports en commun	Bruit de moteur, attroupements	Journée + soirées	Arrêts de taxis/bus
Écoles et mosquées	Rassemblements, haut-parleurs	heures de prière	Partout dans le quartier
Immeubles résidentiels	Voisinage, télé, bruit de pas	Soirée + week-end	Zones d'habitat vertical
Chantiers	Machines, coups, camions	Matinée et après-midi	Zones en construction

Tableau 11: synthèse des sources potentielles de nuisances sonores

2.6. Justification du choix de la zone d'étude :

Tout d'abord, Akid Lotfi est un quartier en pleine expansion urbaine, caractérisé par une forte densité de population, un développement immobilier rapide et la proximité de plusieurs infrastructures majeures, telles que des établissements scolaires, des administrations, des centres commerciaux et des axes routiers à fort trafic. Ces éléments en font un espace urbain particulièrement exposé aux nuisances sonores.

En outre, la diversité des sources sonores présentes dans le quartier (trafic routier intense, activités commerciales, chantiers de construction, transports publics, etc.) offre un contexte idéal pour une étude approfondie et représentative des nuisances acoustiques en milieu urbain.

Par ailleurs, la commune de Bir El Djir et en particulier le secteur d'Akid Lotfi souffrent d'un manque de données précises sur l'exposition au bruit environnemental, ce qui renforce la pertinence de cette recherche dans une perspective de diagnostic et d'aide à la décision pour les pouvoirs publics.

Ainsi, ce quartier présente une configuration urbaine hétérogène (zones résidentielles, zones d'activités, espaces ouverts, etc.) qui permet une application intéressante des outils de Systèmes d'Information Géographique (SIG) pour analyser la spatialisation des nuisances acoustiques.

Enfin, Akid Lotfi constitue une zone d'étude stratégique et pertinente, permettant d'illustrer concrètement l'apport des SIG dans l'évaluation, la cartographie et la gestion des nuisances sonores en milieu urbain

2.7. Conclusion du chapitre :

La présentation détaillée du quartier Akid Lotfi, au sein de la commune de Bir El Djir, a permis de situer géographiquement et contextuellement la zone choisie pour cette étude. Cette analyse a mis en évidence les caractéristiques physiques, socio-économiques et urbaines du quartier, tout en soulignant les éléments susceptibles d'amplifier les nuisances acoustiques, notamment la densité du trafic, la concentration des activités humaines et la croissance urbaine rapide.

Le quartier se distingue par une hétérogénéité de ses usages du sol, une forte fréquentation quotidienne, et la présence de multiples sources sonores, ce qui en fait un terrain pertinent pour une évaluation environnementale basée sur les SIG. De plus, le manque de régulation acoustique effective et l'absence de données territorialisées sur le bruit rendent cette étude d'autant plus nécessaire et utile.

Ainsi, cette zone d'étude offre un contexte riche pour l'analyse spatiale des nuisances sonores et justifie pleinement l'application d'outils géomatiques pour mieux comprendre et représenter la répartition du bruit en milieu urbain. Le chapitre suivant abordera la méthodologie adoptée pour la collecte, l'analyse et la modélisation des données acoustiques dans le cadre de cette recherche

Chapitre 3 : Conception de la Base de Données et Analyse Spatiale

3.1. Introduction :

La qualité d'une analyse spatiale repose en grande partie sur la structuration rigoureuse et pertinente des données géographiques et attributaires. Dans le cadre de cette étude, la conception d'une base de données spatiale constitue une étape fondamentale visant à organiser, centraliser et exploiter efficacement les informations collectées sur le territoire étudié.

Ce chapitre présente la méthodologie adoptée pour concevoir une base de données géographique adaptée à l'analyse du bruit urbain dans le quartier d'Akid Lotfi. La démarche suit une approche progressive, débutant par l'identification des couches SIG pertinentes, leur structuration en entités géographiques normalisées, et la modélisation des relations entre ces entités sous forme d'un Modèle Conceptuel de Données (MCD).

Une fois la base de données formalisée, une série de traitements spatiaux est appliquée pour explorer les interactions entre les sources de bruit, les zones sensibles, et les points de mesure. L'analyse spatiale repose notamment sur l'interpolation des niveaux sonores, l'étude de la proximité aux axes routiers, et la superposition thématique avec les zones bâties et administratives. Ces opérations permettent de produire des représentations cartographiques utiles à la prise de décision.

L'ensemble de la méthodologie repose sur l'utilisation d'outils SIG, la structuration en base de données relationnelle spatiale, et des traitements géostatistiques adaptés au contexte urbain étudié.

3.2. Modélisation de la base de données géographique

La modélisation d'une base de données géographique est une étape essentielle pour structurer les données spatiales et attributaires de manière cohérente, durable et exploitable. Elle permet de passer d'une compréhension abstraite du système réel (territoire, infrastructure, phénomènes) à une implémentation concrète dans un système de gestion de bases de données (SGBD)

Cette modélisation suit en général une approche en trois niveaux :

Le Modèle Conceptuel des Données (MCD) — représentation abstraite des données.

Le Modèle Logique des Données (MLD) — structuration logique et relationnelle.

Le Modèle Physique des Données (MPD) — implémentation technique dans un SGBD

3.2.1 Modèle Conceptuel des Données (MCD)

Est une étape essentielle dans la conception d'une base de données. Il permet de représenter de manière abstraite et indépendante du système de gestion de base de données (SGBD) les données et leurs relations dans un système d'information. Voici une présentation complète de l'information et des détails concernant le MCD

a. Définition du MCD

Le Modèle Conceptuel des Données (MCD) est un schéma qui décrit les entités d'un système, leurs propriétés (ou attributs), et les relations entre elles. Il est utilisé principalement dans la méthode Merise, une méthode française de conception de systèmes d'information.

b. Éléments de base du MCD

- Entité
- Attribut
- Relation (ou association)
- Cardinalités

c. Représentation graphique

- Les éléments du MCD sont souvent représentés sous forme de diagramme
- Les entités sont représentées par des rectangles.
- Les relations sont des losanges (ou ovales).
- Les attributs sont dans des ellipses reliées aux entités.
- Les cardinalités sont notées près des lignes reliant entités et relations (par exemple 0,n ; 1,1 ; 1,n).

Apres l'étude qu'on a fait on a pu réaliser le MCD suivant :

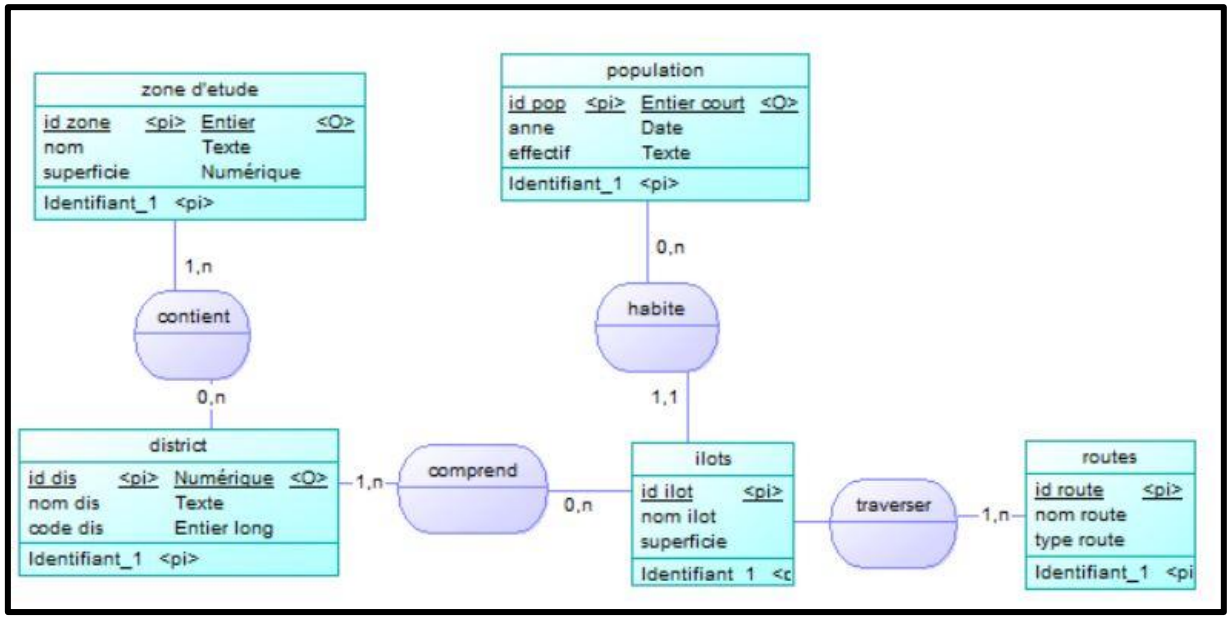


Figure 1modèle conceptuel des données

3.2.2 Modèle Logique des Données (MLD)

a. Qu'est-ce qu'un modèle logique de données ?

Le modèle logique de données est une représentation structurée de l'information qui permet de comprendre les relations entre les données sans se soucier du format de stockage ou du type de base de données utilisé (relationnelle, NoSQL, etc.).

Il détaille les entités, leurs attributs, ainsi que les relations entre ces entités.

L'objectif est d'offrir une vision plus détaillée qu'un modèle conceptuel, tout en restant indépendant de l'implémentation physique des données.

b. Pourquoi le modèle logique de données est-il essentiel ?

- Facilite la compréhension des données
- Base pour le modèle physique de données
- Clarifie les relations entre les entités
- Centralise les données avec un MDM

c. Les composantes d'un modèle logique de données

Voici les éléments principaux que vous retrouverez dans un MLD :

- Entités
- Attributs
- Relations
- Clés primaires et étrangères

d. Relations entre entités :

- Un produit appartient à une catégorie (relation un-à-plusieurs)
- Un client passe une commande (relation un-à-plusieurs)
- Une commande peut concerner plusieurs produits (relation plusieurs-à-plusieurs)

e. Quelle est la différence entre un modèle conceptuel et un modèle logique de données ?

Le modèle conceptuel est une vision globale des données sans détail sur la structure. Le modèle logique est plus détaillé, définissant les entités, attributs et relations.

f. Comment passer d'un modèle logique à un modèle physique ?

Une fois le MLD validé, il est converti en modèle physique en tenant compte des spécificités de la base de données choisie (relationnelle, NoSQL, etc.).

g. Quels outils utiliser pour concevoir un modèle logique de données ?

Des outils comme Amcpower , Draw.io ou Erwin Data Modeler permettent de créer facilement des diagrammes entité-association pour visualiser le MLD

- On utilisant le POWER AMC on a pu passer de la figure 1 (MCD) a figure 2 (MLD)

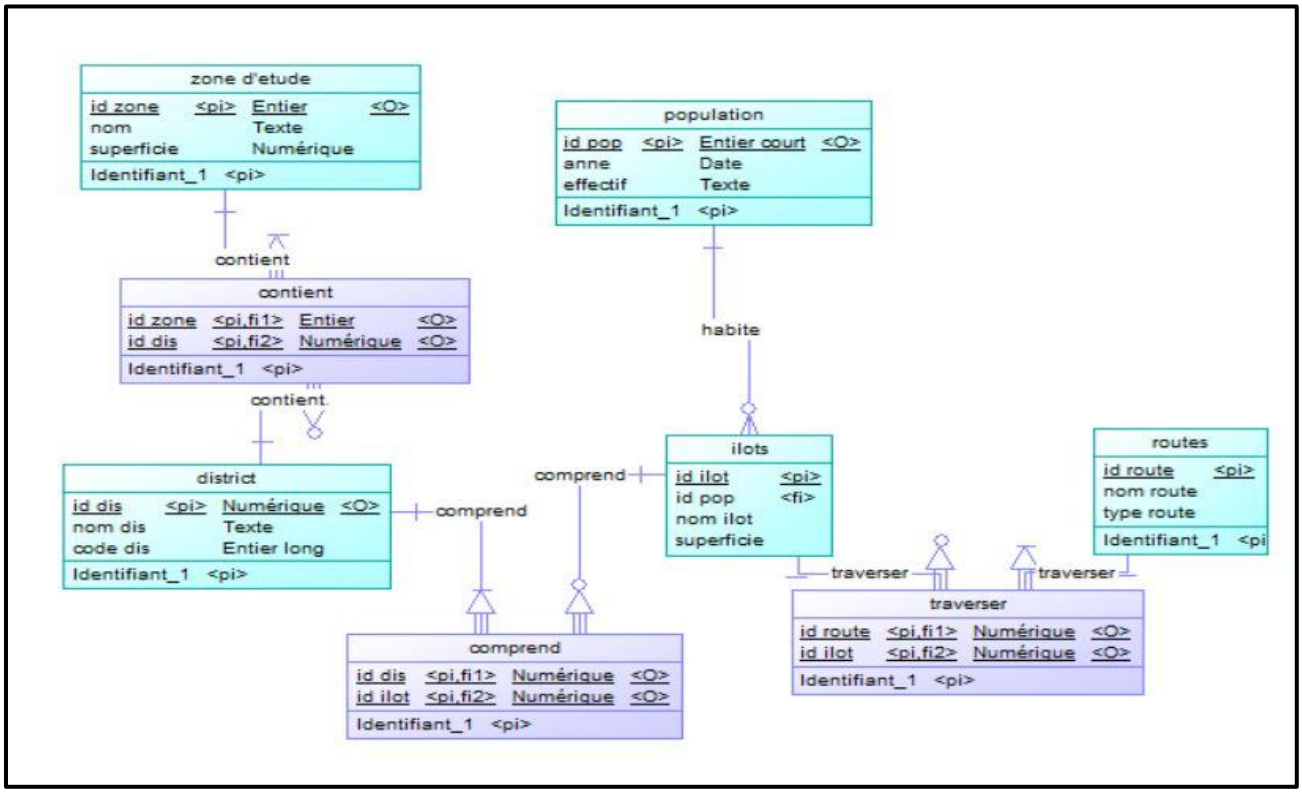


Figure 2: Figure représente un MLD

3.2.3 Modèle Physique des Données (MPD)

a. Qu'est-ce qu'un modèle physique de données ?

Un modèle physique de données (MPD) est la traduction concrète du modèle logique de données en une structure technique de base de données (SGBD).

- Il inclut tous les détails nécessaires pour implémenter le modèle dans un SGBD spécifique, comme les tables, les colonnes, les types de données, les index, les clés primaires et étrangères.
- Il sert à décrire comment les données seront stockées, récupérées, et gérées dans une base de données.

b. L'importance du modèle physique de données

- **Optimisation des performances**

  Le MPD améliore la performance de la base de données en choisissant des types de données appropriés, en utilisant des index et en optimisant les relations entre tables.

- **Traduction technique du modèle logique**

  Il transforme le Modèle Logique des Données (MLD) en une structure technique exploitable par un SGBD, en tenant compte des contraintes d'implémentation.

- **Assurance de la cohérence des données**

  Par l'utilisation de clés primaires, de clés étrangères et de contraintes d'intégrité, le MPD garantit la fiabilité et la cohérence des données.

Le MDM peut compléter cela en centralisant les données de référence.

c. Les composantes d'un modèle physique de données

- **Les principaux éléments d'un MPD comprennent :**

  - Tables
  - Colonnes et types de données
  - Clés primaires et étrangères
  - Contraintes et index

d'après le (MLD) on a pu génère ce (MPD)

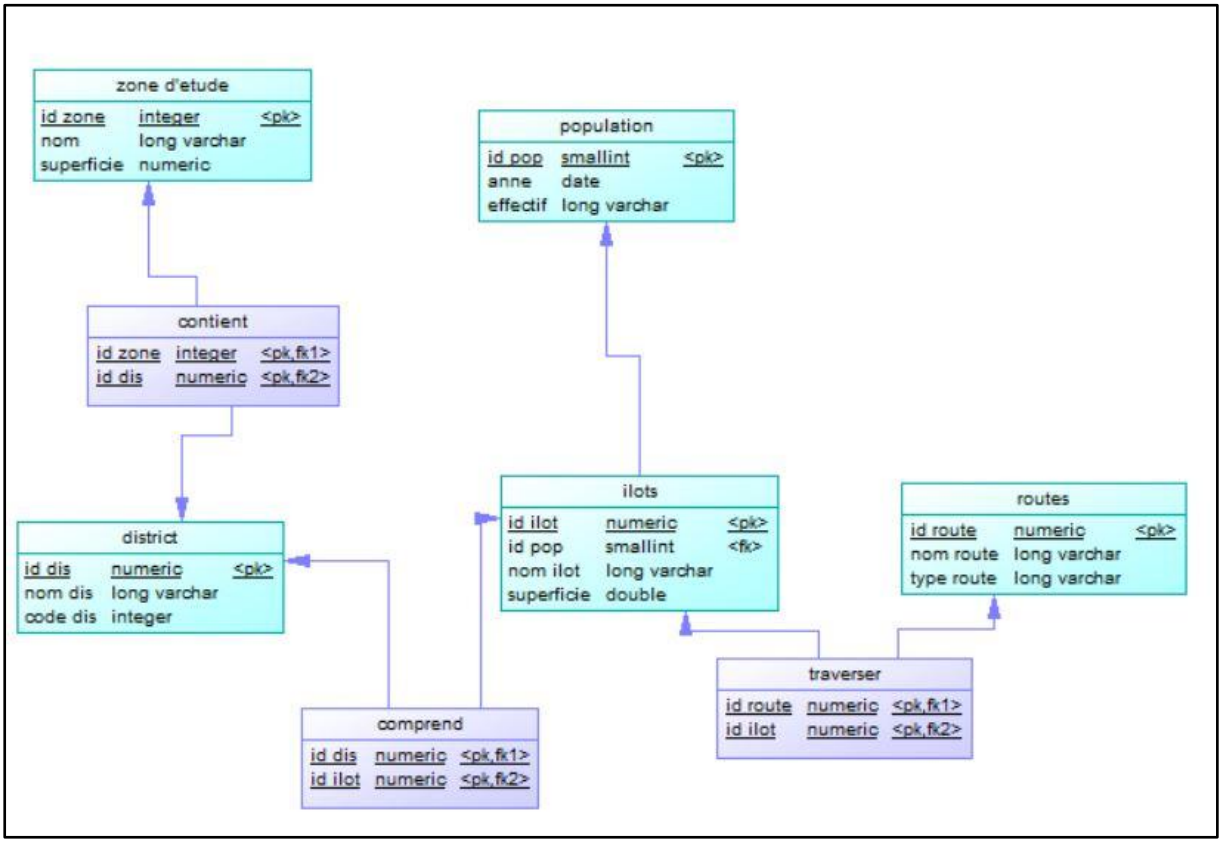


Figure 3: modèle physique des données

Le modèle physique de données est un élément central de la conception de toute base de données. En transformant le modèle logique en structure technique, il permet de s'assurer que données sont stockées de manière cohérente, optimisée et accessible.

Que vous gériez un grand catalogue de produits ou des informations client complexes, bien construire votre MPD garantit une meilleure performance de la base de données et une gestion efficace des données.

3.3. Données sono métriques et enquêtes de terrain

3.3.1 Données sono métriques

Utilisation de sonomètres portables pour enregistrer le LAeq, Lmax, Lmin
Choix de plusieurs points de mesure stratégiques dans le quartier Akid Lotfi :
Proximité des écoles, hôpitaux, grands axes routiers
Mesures prises à différents moments : matin, après-midi, nuit

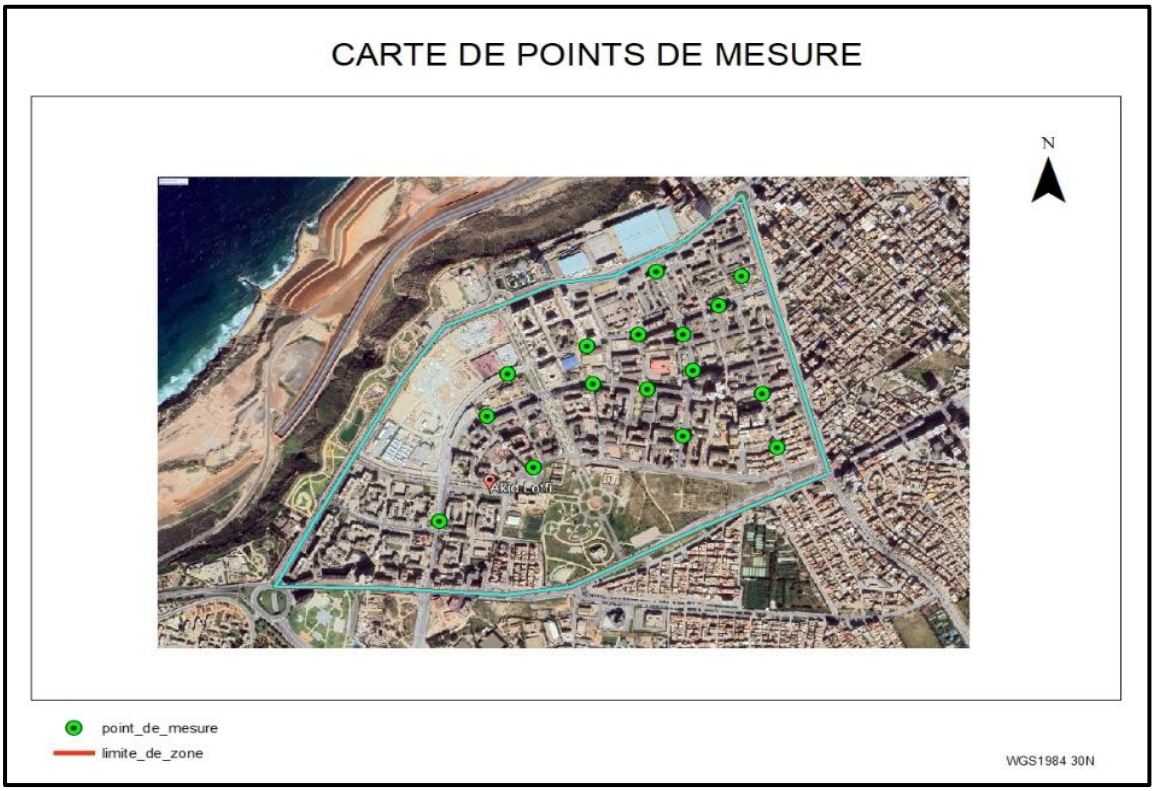


Figure 4: Exemple de point de mesure

Cette carte présente une vue aérienne du quartier Akid Lotfi (commune de Bir El Djir, Oran), avec une délimitation précise de la zone d'étude (tracée en bleu clair) et la localisation des points de mesure sonométrique (cercles verts avec contour noir).

3.3.2 Un graphique à bar représente les mesures sonores

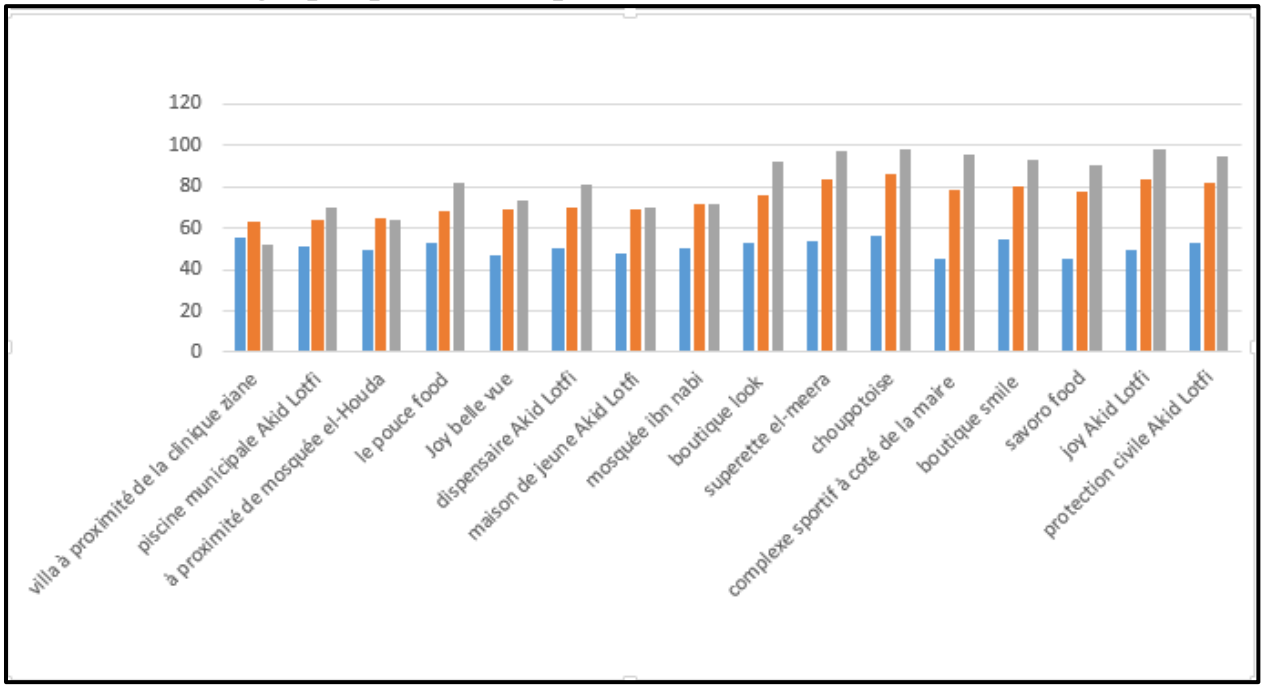


Figure 5: Un graphique des mesures sonores

Ce graphique en colonnes illustre les niveaux de bruit enregistrés à plusieurs points stratégiques du quartier, identifiés par leur proximité à des lieux publics (piscines, mosquées, commerces, etc.)

Bleu : mesures prises le matin. Orange : mesures prises à midi.

Gris : mesures prises le soir.

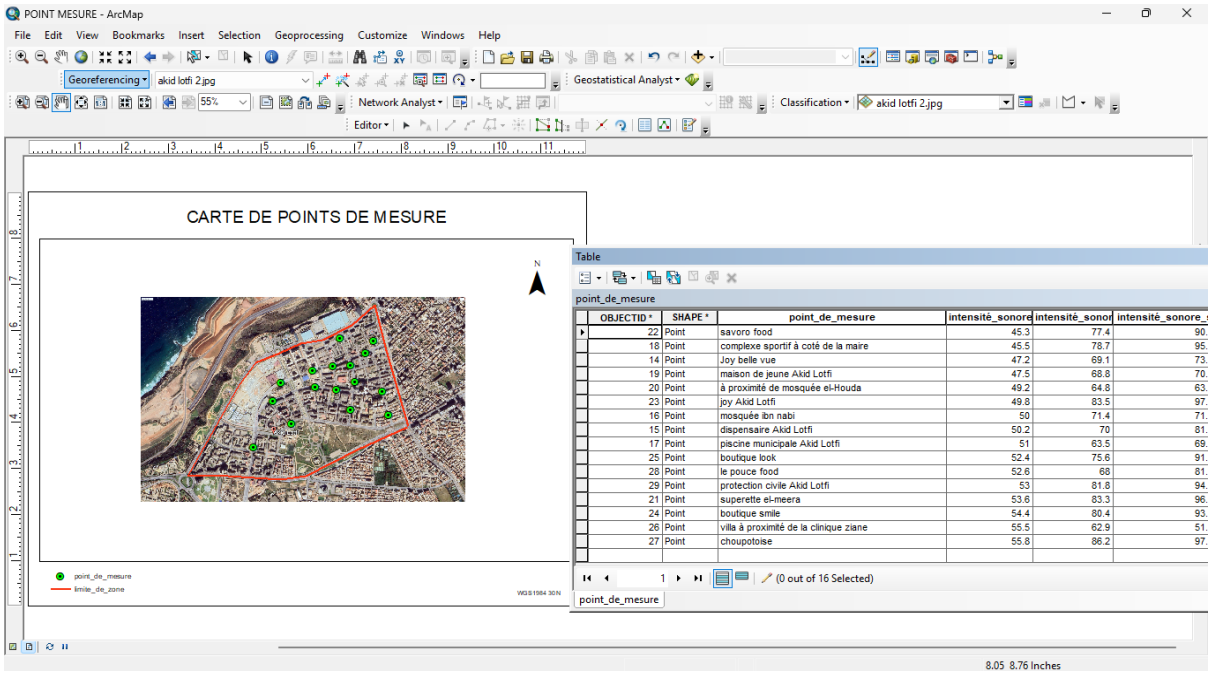


Figure 6: table des matières des points de mesure

3.3.3 Enquêtes de terrain

- Dans le cadre de cette étude sur les nuisances acoustiques urbaines, une enquête de terrain a été réalisée au sein du quartier Akid Lotfi, situé dans la commune de Bir El Djir (Oran), afin de recueillir les perceptions des habitants sur le bruit environnemental. En complément des mesures sonométriques objectives, cette approche permet de croiser les données physiques avec le ressenti subjectif des résidents, offrant ainsi une analyse plus complète et contextualisée du phénomène.
- Cette enquête s'inscrit dans une démarche intégrée où les Systèmes d'Information Géographique (SIG) jouent un rôle central : en géolocalisant les réponses des habitants et en les associant aux données mesurées sur le terrain, il devient possible de cartographier les perceptions du bruit, d'en évaluer la distribution spatiale, et de repérer les zones les plus sensibles.
- Un échantillon de 30 personnes a été interrogé, réparti sur différentes zones du quartier, dans le but de garantir une certaine représentativité. Le questionnaire portait sur deux aspects principaux:
- Les périodes de la journée où le bruit est perçu comme le plus dérangeant (matin, midi, soir),
- Le niveau d'intensité sonore ressenti, classé en quatre catégories : faible, moyen, fort et très fort.
- Les résultats de cette enquête permettront de :
- Identifier les écarts éventuels entre les mesures objectives et la perception humaine du bruit ;
- Intégrer les perceptions dans les modèles SIG pour affiner les analyses spatiales ;

❖ Mieux cibler les actions de gestion urbaine en matière de pollution sonore dans les zones prioritaires.

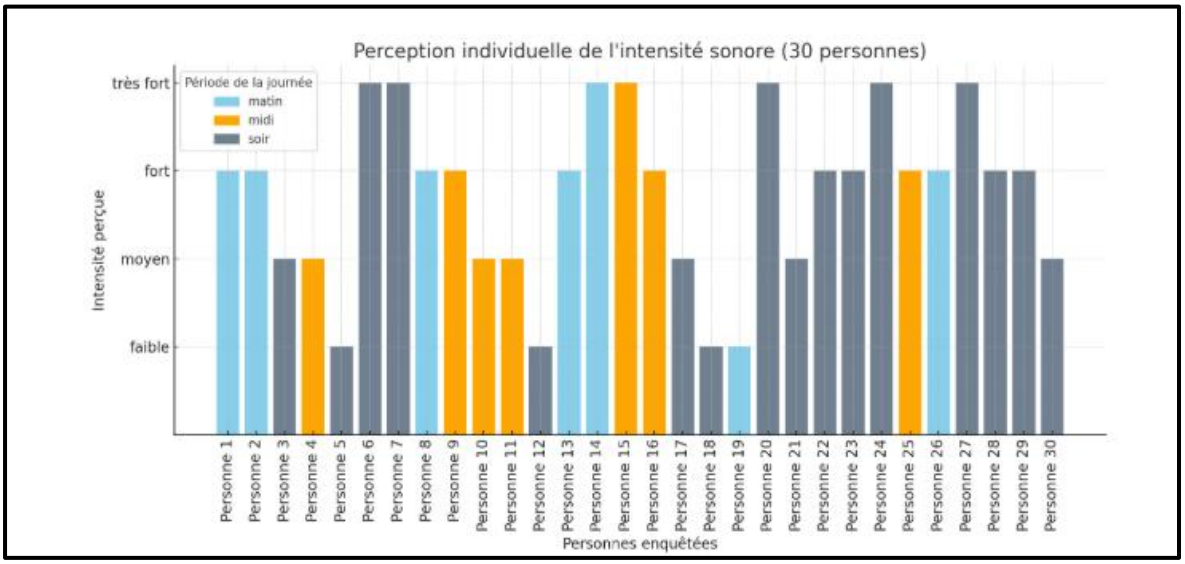


Figure 7: graphe d'intensités sonores

- **Prépondérance du soir comme période de gêne sonore**

- Une majorité des barres gris foncé se situent au niveau 3 (fort) et 4 (très fort).
- Cela indique que la période du soir est perçue comme la plus bruyante par un grand nombre de participants, et surtout comme étant intensément dérangeante.
- Le midi et le matin, moins bruyants mais non négligeables
- Le midi (orange) montre aussi plusieurs cas de gêne forte ou très forte, notamment chez les personnes 9, 15 et 26.
- Le matin (bleu clair) est souvent associé à un bruit fort (niveau 3), mais rarement "très fort", ce qui suggère un niveau de nuisance modéré.

- **Variabilité interindividuelle**

L'analyse montre une grande diversité de perception : certaines personnes rapportent un bruit très fort le soir, tandis que d'autres signalent un bruit faible à la même période.

Cela souligne l'intérêt de croiser ces perceptions avec la localisation géographique dans un SIG pour mieux comprendre les facteurs contextuels.

Alors Ce diagramme apporte une vision personnalisée et qualitative du bruit perçu dans le quartier Akid Lotfi. Il permet de :

- Visualiser l'intensité ressentie par chaque individu.
- Identifier les périodes critiques (principalement le soir).
- Justifier la nécessité d'une gestion ciblée du bruit, notamment dans les zones fortement perçues comme bruyantes en soirée.

3.4. Analyse spatiale avec SIG

3.4.1 Analyse multicritère par la méthode AHP de la vulnérabilité aux nuisances acoustiques

a. Introduction

Dans le but d'évaluer la vulnérabilité des habitants aux nuisances acoustiques dans le secteur urbain d'Akid Lotfi (Oran), une approche d'analyse multicritère a été mobilisée, combinée à la méthode AHP (Analytic Hierarchy Process). Développée par Saaty (1980), cette méthode permet de pondérer plusieurs critères selon leur importance relative, à partir de comparaisons par paires. Elle est largement utilisée en aménagement du territoire et en gestion des risques pour structurer la décision dans des contextes intégrant des variables hétérogènes.

b. Choix des critères d'analyse

Quatre critères principaux ont été retenus dans cette étude, en lien direct avec l'exposition réelle et perçue au bruit :

- **Critère 1 (C1) : Niveau sonore mesuré**

Des mesures du niveau de bruit ambiant ont été effectuées en plusieurs points de la zone d'étude. Ces données ont été interpolées par la méthode IDW afin d'obtenir une surface continue. Les valeurs mesurées ont été reclassées en 4 classes croissantes : 56–69 dB, 69–74 dB, 74–79 dB, et 79–87 dB.

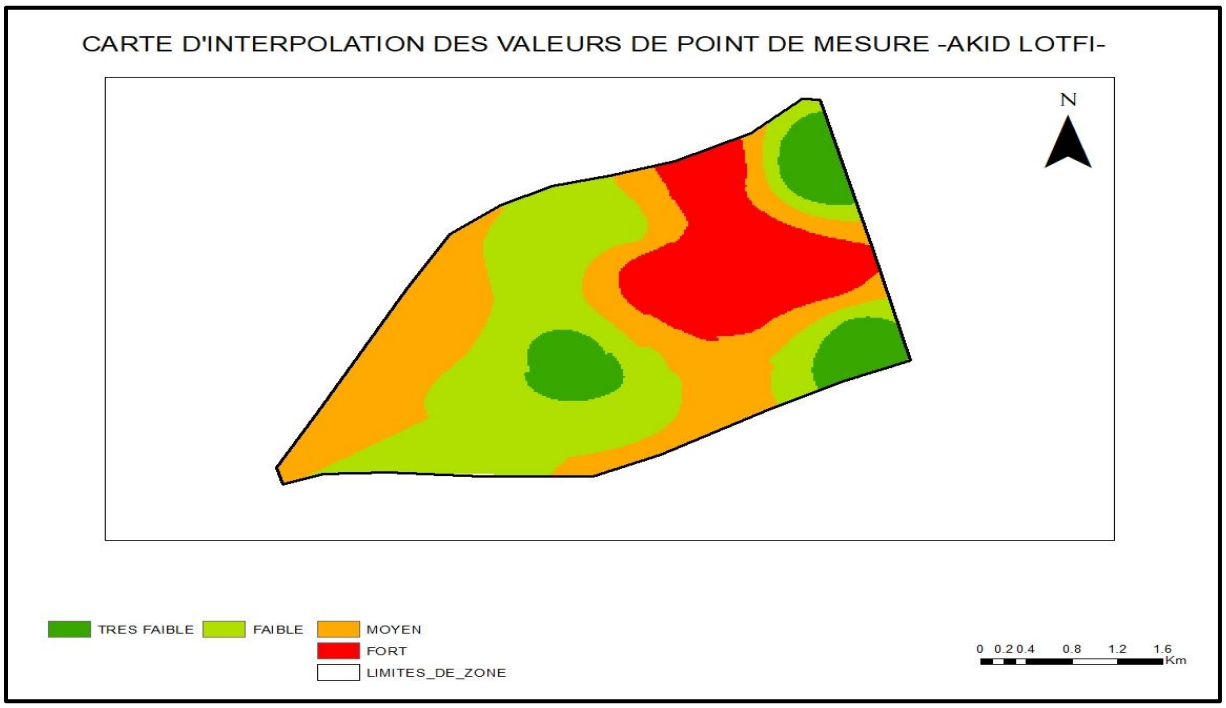


Figure 8: carte réalisée par les deux étudiants

Cette carte d'interpolation des valeurs de points de mesure du bruit à Akid Lotfi illustre clairement la répartition spatiale des niveaux sonores dans le quartier. On y observe plusieurs zones de niveaux de bruit contrastés :

Zones rouges (FORT) : Elles sont localisées principalement au centre et au nord-est du quartier. Cela indique des niveaux sonores élevés, probablement liés à une forte densité de circulation, des zones commerciales, ou des activités humaines intenses.

Zones orange (MOYEN) : Ces zones entourent les zones fortes, représentant des niveaux de bruit modérés. Elles peuvent correspondre à des zones de transition entre les grands axes routiers et les quartiers résidentiels.

Zones vert clair à vert foncé (FAIBLE à TRÈS FAIBLE) : Présentes principalement aux extrémités sud et ouest, elles suggèrent des zones calmes, peut-être des quartiers résidentiels moins exposés ou des espaces verts.

La carte met ainsi en évidence des disparités spatiales importantes en matière de nuisances sonores dans le quartier d'Akid Lotfi, ce qui est essentiel pour orienter les décisions d'aménagement et les mesures de réduction du bruit.

- **Critère 2 (C2) : Ressenti des habitants**

Une enquête de terrain a été menée pour recueillir la perception des habitants vis-à-vis du bruit. La question posée était : « Le bruit vous dérange-t-il ? », avec quatre niveaux de réponse : Acceptable (1), Moyen (2), Fort (3), et Insupportable (4). Les points d'enquête ont été géolocalisés et les données interpolées pour produire une couche continue.

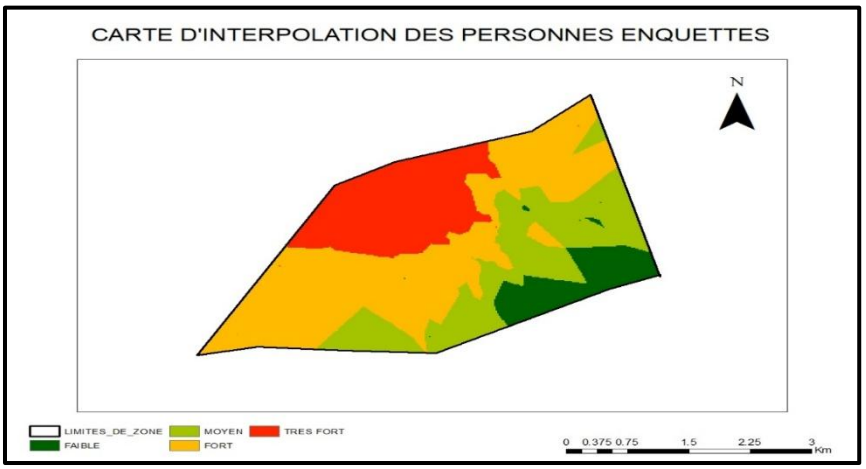


Figure 9: carte réalisé par les deux étudiants

Cette carte d'interpolation des perceptions des nuisances sonores par les personnes enquêtées à Akid Lotfi reflète la répartition subjective du bruit ressentie par les habitants :

Zone rouge (TRÈS FORT) : Située au nord et au centre du quartier, cette zone correspond à une forte gêne sonore ressentie par les résidents. Elle pourrait coïncider avec les zones à fort trafic routier ou à activités commerciales identifiées sur la carte des mesures.

Zone orange (FORT) : Entoure la zone très forte, traduisant un ressenti de nuisance sonore modéré à élevé. Cela peut correspondre à des secteurs urbains densément peuplés ou proches des infrastructures bruyantes.

Zone verte foncée (FAIBLE) : Localisée au sud-est, elle indique que les personnes y perçoivent peu de nuisances sonores, ce qui pourrait être en lien avec une moindre densité de circulation ou la présence d'espaces verts.

Zone vert clair (MOYEN) : Présente en transition entre les zones calmes et bruyantes, elle reflète une gêne modérée.

Cette carte met en évidence une correspondance générale entre les perceptions des habitants et les mesures physiques du bruit, ce qui renforce la validité de l'analyse spatiale. Elle est utile pour intégrer le ressenti des usagers dans les politiques d'aménagement urbain

- **Critère 3 (C3) : Typologie urbaine**

Ce critère exprime la nature du tissu urbain : habitat collectif, équipements, terrains en construction, habitat individuel, jardins et terrains nus. Les zones les plus sensibles, comme les habitats collectifs et les équipements, ont reçu les valeurs les plus élevées (valeur 4), tandis que les terrains nus ont reçu la valeur 1.

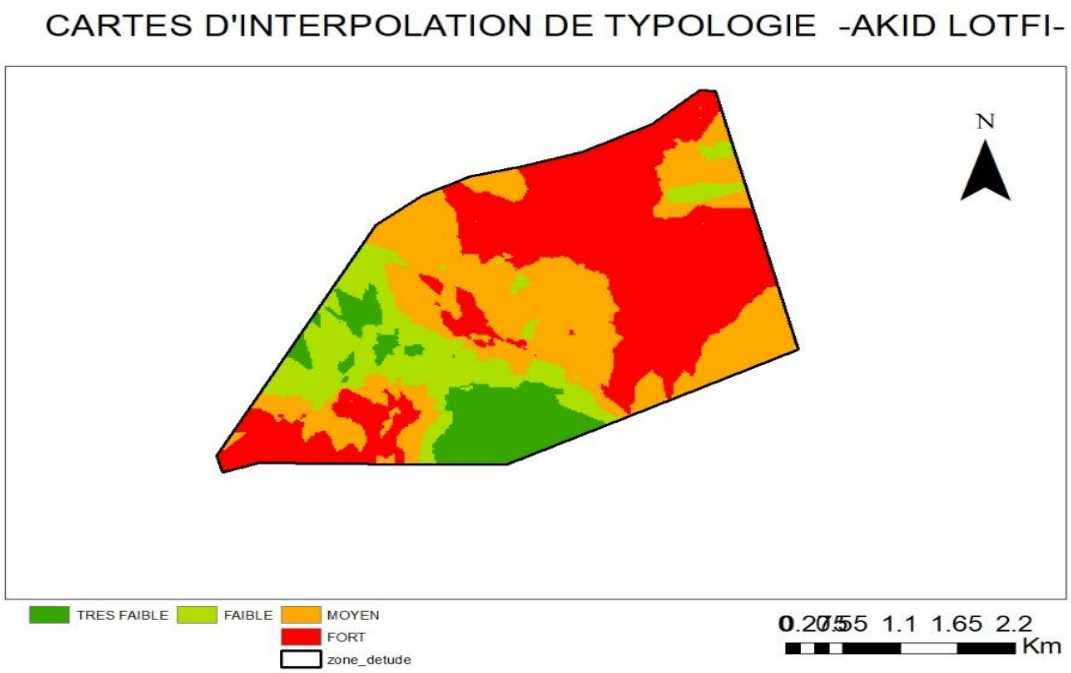


Figure 10: carte réalisé par les deux étudiants

La carte représente une typologie spatiale interpolée du quartier Akid Lotfi, avec un gradient de densité ou d'occupation du sol classé comme suit :

. Zones en rouge (typologie forte) :

Ces zones sont potentiellement les plus exposées au bruit, car elles correspondent souvent à :

Une forte densité bâtie

La présence de routes principales, transports, commerces ou équipements urbains

Elles connaître des niveaux de bruit élevés

. Zones en vert (typologie très faible) :

Ces zones indiquent généralement une basse densité urbaine, comme des quartiers résidentiels périphériques, des espaces verts ou peu urbanisés.

Elles sont donc moins exposées aux nuisances sonores, avec des niveaux sonores modérés voire faibles.

- **Critère 4 (C4) : Densité de population**

La densité de population par hectare a été estimée pour chaque sous-secteur urbain, puis classée en quatre groupes : 0–221, 222–632, 633–787, et 788–1081 habitants/hectare.

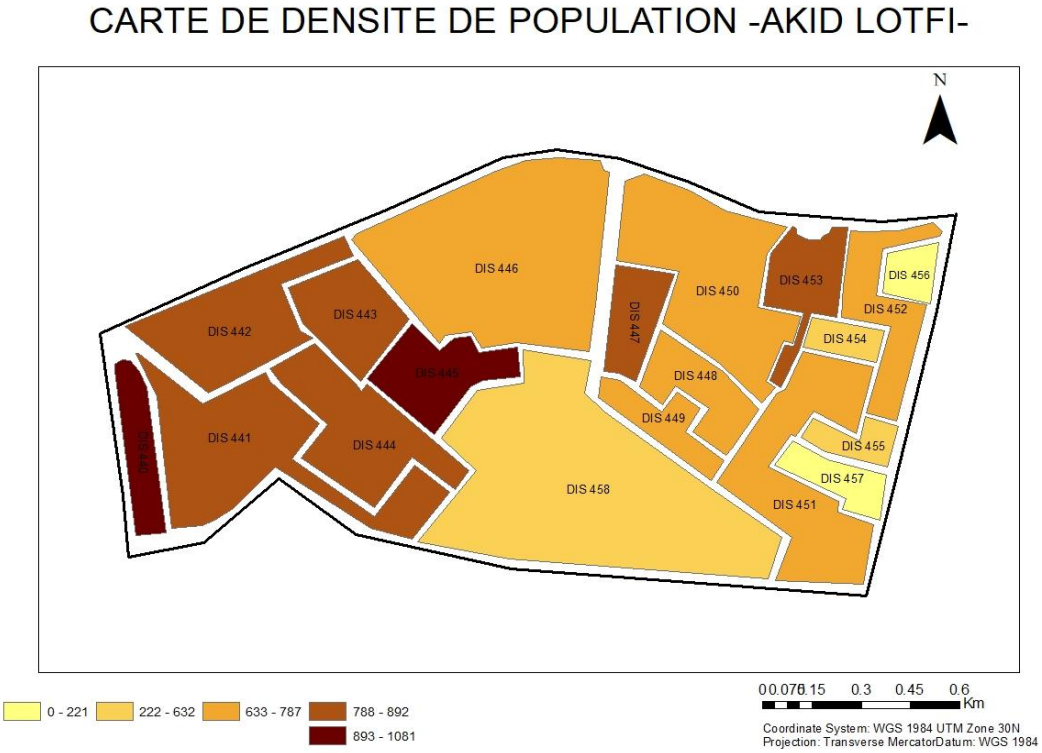


Figure 11: carte réalisé par les deux étudiants

3.5. Résultats cartographiques et statistiques

3.5.1 Matrice de comparaison par paires

Les critères ont été comparés deux à deux selon leur importance relative dans la construction de la vulnérabilité aux nuisances acoustiques. Le tableau suivant illustre la matrice de Saaty utilisée :

Critères	C1 – Niveau sonore	C2 – Ressenti habitants	C3 – Typologie urbaine	C4 – Densité de population
C1 – Niveau sonore	1	2	3	4
C2 – Ressenti	1/2	1	2	3
C3 – Typologie	1/3	1/2	1	2
C4 – Densité	1/4	1/3	1/2	1

Tableau 12: tableau de matrice de comparaison par paires

3.5.2 Justification des comparaisons

Comparaison	Justification
C1 > C2 (valeur 2)	Le niveau sonore est un critère objectif, mesuré par des outils, alors que le ressenti est subjectif.
C1 > C3 (valeur 3)	Le bruit mesuré a un impact direct, tandis que la typologie influe indirectement sur sa diffusion.
C1 > C4 (valeur 4)	Un bruit élevé reste nuisible, même avec une faible densité ; il doit donc être prioritaire.
C2 > C3 (valeur 2)	Le ressenti reflète l'impact vécu du bruit, plus que la nature du bâti.
C2 > C4 (valeur 3)	La perception humaine est une composante essentielle de la vulnérabilité sociale.
C3 > C4 (valeur 2)	La forme urbaine influe davantage sur la propagation du bruit que la seule densité.

Tableau 13: Justification des comparaisons

3.5.3 Calcul des poids par la méthode AHP

La matrice a été normalisée et les poids moyens ont été calculés selon la méthode AHP. Voici les résultats :

- **Somme de chaque colonne :**

Critère	Somme
C1 – Bruit	2.08
C2 – Ressenti	3.83
C3 – Typologie	6.50
C4 – Densité	10.00

Matrice normalisée (valeurs arrondies à 3 décimales) :

Critères	C1	C2	C3	C4	Moyenne (poids)
C1 – Niveau sonore	0.480	0.522	0.462	0.400	**0.465**
C2 – Ressenti	0.240	0.261	0.308	0.300	**0.278**
C3 – Typologie	0.160	0.130	0.154	0.200	**0.160**
C4 – Densité	0.120	0.087	0.077	0.100	**0.098**

3.6. Calcul de l'indice de vulnérabilité

Les poids obtenus ont été utilisés pour combiner les couches raster reclassées dans ArcGIS, à l'aide du Raster Calculator, selon la formule suivante :

- Indice_Vulnérabilité = (0.465 * "Raster_C1") + (0.278 * "Raster_C2") + (0.160 * "Raster_C3") + (0.098 * "Raster_C4")

Où :

- Raster_C1 : Niveau sonore interpolé et reclassé
- Raster_C2 : Perception du bruit interpolée et reclassée
- Raster_C3 : Typologie urbaine reclassée
- Raster_C4 : Densité de population reclassée

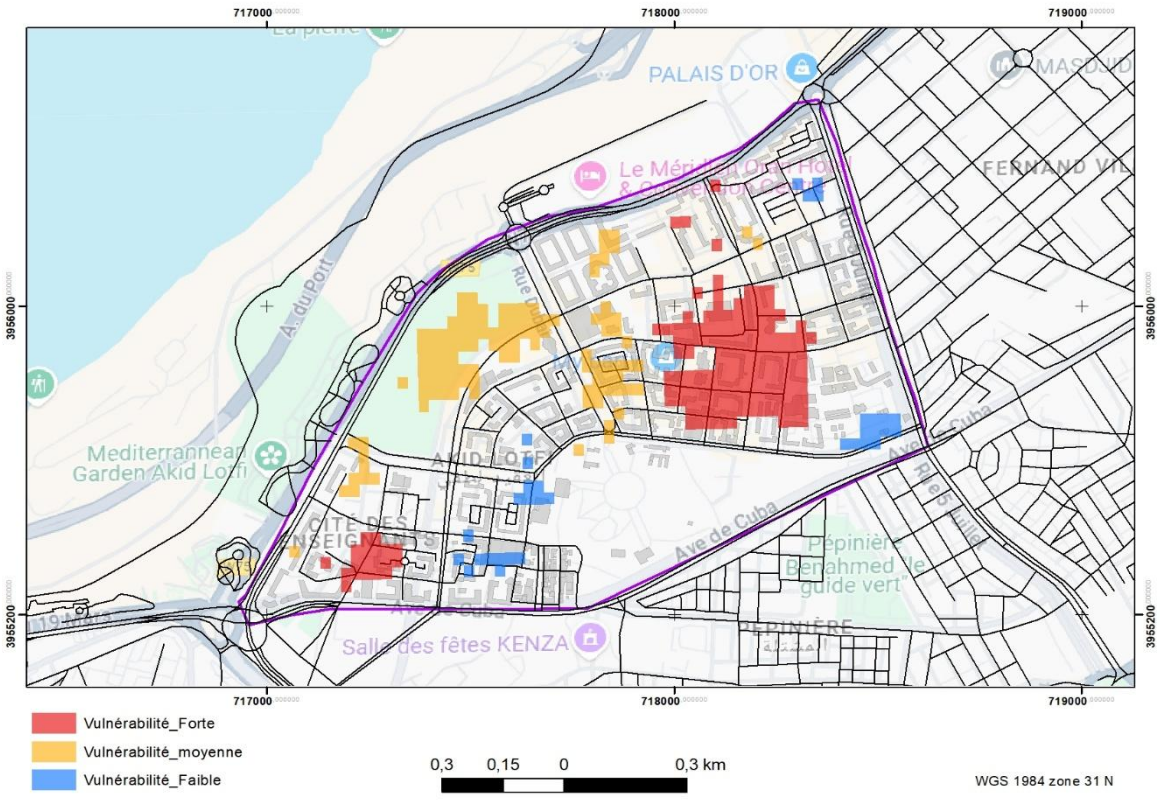


Figure 12: carte de vulnérabilité

Le résultat est un raster continu, avec des valeurs comprises entre 1,0 et 4,0, représentant l'indice global de vulnérabilité aux nuisances acoustiques.

3.7. Conclusion du chapitre

L'analyse spatiale des niveaux sonores mesurés et des perceptions à Akid Lotfi montre une forte concentration du bruit au centre et au nord du quartier. Les résultats révèlent une bonne correspondance entre les mesures objectives et le ressenti des habitants. Cela confirme l'utilité des SIG pour identifier les zones sensibles et souligne la nécessité d'actions ciblées pour réduire les nuisances sonores et améliorer le cadre de vie

Chapitre 4 : discussion des résultats et propositions

4.1. Analyse critique des résultats obtenus

4.1.1 Classification des niveaux de vulnérabilité

Pour faciliter la lecture et la cartographie, l'indice a été reclassé en 3 classes (Figur1):

Classe de vulnérabilité	Plage de valeurs	Couleur
Faible	1.00 – 1.99	Vert
Moyenne	2.00 – 2.74	Jaune
Forte	2.75 – 4.00	Rouge

4.1.2 Résultats et interprétation

La carte finale obtenue illustre une répartition contrastée de la vulnérabilité aux nuisances acoustiques dans la zone d'étude. Les secteurs à forte vulnérabilité se localisent principalement :

- Autour des axes de circulation à fort trafic,
- Près des zones à habitat collectif dense,
- Et à proximité d'équipements publics générateurs de bruit.

Ces zones cumulent des niveaux sonores élevés, une forte densité, une typologie fermée et un ressenti négatif de la part des habitants.

À l'inverse, les zones à faible vulnérabilité correspondent à des quartiers pavillonnaires, faiblement denses, à l'écart des flux bruyants et présentant souvent des espaces végétalisés.

4.2. Comparaison avec les normes et seuils réglementaires

Afin d'évaluer l'ampleur des nuisances sonores observées dans le quartier d'Akid Lotfi, les résultats des mesures sono métriques ont été comparés aux seuils réglementaires nationaux et internationaux en vigueur. Cette comparaison permet de situer objectivement le niveau de gêne sonore et d'en apprécier les impacts potentiels sur la santé publique.

4.2.1 Référentiels réglementaires utilisés

Normes algériennes (décret exécutif n° 93-179 du 27 juillet 1993 relatif à la lutte contre le bruit) :

- **Zones résidentielles :**

Jour (6h-22h) : ≤ 55 dB(A)

Nuit (22h-6h) : ≤ 45 dB(A)

- **Zones mixtes (habitat + commerce) :**

Jour : ≤ 60 dB(A)

Nuit : ≤ 50 dB(A)

Recommandations de l'OMS (Organisation mondiale de la santé, 2018) :

Exposition prolongée > 55 dB(A) en journée peut entraîner des effets négatifs sur la santé.

Niveau > 40 dB(A) la nuit peut perturber le sommeil.

4.2.2 Résultats par rapport aux seuils réglementaires

Les mesures sonométriques réalisées montrent des niveaux compris entre 48 dB(A) et 75 dB(A) selon les lieux et les périodes :

Période Niveau moyen relevé Conformité aux seuils

Matin 55–62 dB(A) Dépassement fréquent dans zones mixtes

Midi 58–68 dB(A) Largement au-dessus des seuils OMS et algériens

Soir 60–75 dB(A) Dépassement critique, y compris en zones résidentielle

> Constat majeur : les seuils réglementaires sont fréquemment dépassés en soirée, ce qui confirme la perception dominante de gêne exprimée par les habitants lors de l'enquête.

4.2.3 Cartographie de dépassement des seuils

L'analyse SIG a permis de spatialiser les zones en dépassement, en croisant les couches interpolées de bruit avec les typologies d'usage urbain. Les secteurs les plus exposés sont :

Les abords des grands axes routiers (ex. : Avenue de l'ALN),

Les zones proches des commerces et services,

Les quartiers à forte densité résidentielle dépourvus de barrière acoustique (arbres, murs…).

4.2.4 Implications sanitaires et réglementaires

Les niveaux mesurés dépassent les seuils jugés nocifs pour la santé auditive et psychique (stress, troubles du sommeil, irritabilité).

La situation appelle une intervention réglementaire, avec des mesures de réduction à la source (trafic, aménagement) et la mise en place de plans d'action locale

4.3. Limites de l'étude

Bien que cette étude ait permis de mettre en évidence des éléments importants sur les nuisances sonores dans le quartier d'Akid Lotfi, certaines limites doivent être

reconnues et prises en compte dans l'interprétation des résultats et des conclusions.

- **Échantillonnage spatial restreint :**

Le nombre de points de mesure sono métrique, bien que stratégique, reste limité au regard de l'étendue du quartier. Certaines zones, notamment résidentielles internes, sont sous-représentées, ce qui peut biaiser les interpolations spatiales.

- **Temporalité des mesures :**

Les relevés acoustiques ont été effectués sur une courte période (matin, midi et soir sur quelques jours). L'absence de données hebdomadaires, saisonnières ou en période de pointe (week-end, événements) réduit la représentativité temporelle.

- **Absence de mesures nocturnes** :

La période nocturne (22h-6h) n'a pas été intégrée dans les relevés, alors que les normes acoustiques y sont les plus strictes et que la gêne y est potentiellement plus sensible (troubles du sommeil, fatigue).

4.4. Propositions d'atténuation des nuisances acoustiques dans le quartier Akid Lotfi

Les résultats des analyses acoustiques et spatiales ont permis de mettre en évidence plusieurs zones de forte exposition au bruit, notamment en soirée et à proximité des grands axes routiers. Afin de réduire les impacts négatifs sur la qualité de vie des habitants, plusieurs mesures d'atténuation peuvent être envisagées à différentes échelles d'intervention.

4.4.1 Interventions à l'échelle urbaine

Réaménagement des voiries principales

- Réduction de la vitesse de circulation sur les grands axes (ex. : Avenue de l'ALN) par des dispositifs physiques (ralentisseurs, giratoires).
- Réorganisation des flux de transport en favorisant les itinéraires de délestage pour limiter le trafic traversant en zones d'habitat dense.

Création de barrières acoustiques végétales

- Plantation d'arbres à feuillage dense et création de haies le long des routes bruyantes pour absorber les ondes sonores.
- Intégration de murs antibruit végétalisés dans les zones où l'espace est restreint.

Zonage réglementaire et urbanisme sonore

- Instauration de zones calmes protégées (espaces verts, places publiques) dans les plans d'aménagement, avec un encadrement strict des niveaux sonores admissibles.
- Interdiction ou régulation d'activités bruyantes (commerces, chantiers) à proximité des établissements sensibles (écoles, hôpitaux).

4.4.2 Interventions sur le bâti

Isolation acoustique des bâtiments existants

- Aides ou incitations pour renforcer l'isolation phonique des façades et ouvertures (double vitrage, matériaux absorbants).
- Utilisation de rideaux épais, revêtements muraux insonorisants dans les logements les plus exposés

Révision des normes de construction

Obligation d'intégrer des matériaux acoustiquement performants dans les nouvelles constructions, en particulier en bordure de routes bruyantes.

4.4.3 Sensibilisation et participation citoyenne

Campagnes de sensibilisation

- Organisation d'ateliers de sensibilisation sur les effets du bruit et les bonnes pratiques (limitation de klaxons, horaires d'activités, etc.).
- Diffusion des cartes de bruit dans les écoles, mairies et lieux publics pour faire connaître les zones à risque.

Participation citoyenne à la gestion du bruit

- Mise en place d'un dispositif de signalement participatif via une application ou plateforme web pour que les citoyens puissent signaler les nuisances sonores.
- Consultation des habitants lors de l'élaboration de plans d'action locaux (PLU, PCAET…).

4.4.4 Actions de suivi et de régulation

Mise en place d'un observatoire local du bruit

- Suivi continu des niveaux sonores par capteurs connectés dans les zones critiques.
- Mise à jour régulière des cartes de bruit pour ajuster les actions à entreprendre.

Renforcement du contrôle réglementaire

- Application stricte des seuils autorisés, notamment pour les chantiers, activités commerciales et événements.
- Sanctions en cas de non-respect des normes sonores

4.5. Perspectives d'utilisation des SIG pour la gestion sonore urbaine

L'intégration des Systèmes d'Information Géographique (SIG) dans l'étude des nuisances sonores urbaines ouvre de nouvelles perspectives pour une gestion plus efficace, ciblée et participative du bruit environnemental. Grâce à leur capacité à traiter et croiser des données spatiales hétérogènes, les SIG permettent de dépasser une simple approche descriptive pour adopter une démarche analytique, prédictive et décisionnelle.

4.5.1 Cartographie dynamique et actualisation continue

- Les SIG permettent de produire des cartes de bruit dynamiques, actualisées selon des données collectées en temps réel (sonomètres connectés, capteurs IoT, etc.).
- Ces cartes facilitent la visualisation des zones critiques et permettent aux décideurs d'intervenir rapidement sur les secteurs les plus affectés.
- À terme, une plateforme SIG en ligne pourrait servir d'interface publique pour la consultation des niveaux de bruit quartier par quartier.

4.5.2 Planification urbaine et simulations

- Les SIG permettent de modéliser l'impact sonore de nouveaux projets urbains (routes, zones commerciales, lotissements) avant leur mise en œuvre.
- Des outils comme ArcGIS Noise Modeling, QGIS avec des extensions acoustiques, ou les plugins de type NoiseMap permettent de simuler la propagation du bruit en fonction de la topographie, des matériaux et du trafic.
- Ainsi, les SIG deviennent un outil d'aide à la décision pour anticiper les nuisances et ajuster les plans d'aménagement.

4.5.3 Intégration multi-critères pour la gestion de la vulnérabilité

- Les SIG facilitent le croisement des niveaux de bruit avec des indicateurs socio-économiques (densité, niveau de revenu, âge, proximité d'écoles ou hôpitaux).
- Cela permet de prioriser les zones d'intervention en tenant compte non seulement de l'intensité du bruit, mais aussi de la vulnérabilité des populations exposées.
- Des analyses multicritères (AMC) peuvent être intégrées pour élaborer une carte de vulnérabilité sonore globale, comme amorcé dans cette étude.

4.5.4 Participation citoyenne et concertation territoriale

- Les plateformes SIG participatives permettent aux habitants de signaler des nuisances sonores via des applications mobiles ou des portails web.
- Ces données citoyennes, croisées avec les données objectives, enrichissent la compréhension fine du bruit urbain et renforcent la transparence de la gestion publique.
- Cela s'inscrit dans une dynamique de gouvernance locale intégrant les préoccupations des citoyens à l'action publique.

4.5.5 Suivi réglementaire et évaluation des politiques

- Les SIG peuvent être mobilisés pour évaluer l'efficacité des mesures de réduction du bruit mises en œuvre (pose de murs antibruit, limitation de vitesse, etc.).
- Ils permettent de documenter les progrès, de justifier les investissements et de répondre aux exigences de reporting auprès des autorités locales ou nationales.
- À moyen terme, ils peuvent soutenir la mise en œuvre de plans d'action bruit environnemental (PABE), comme préconisé par l'Union Européenne, et adaptés au contexte algérien

4.6. Conclusion du chapitre

L'analyse approfondie des données sonores et spatiales collectées dans le quartier d'Akid Lotfi a permis de dresser un état des lieux précis de la pollution sonore urbaine. L'exploitation des outils SIG, combinée à des mesures objectives et des enquêtes de perception, a mis en évidence plusieurs zones de gêne sonore élevée, en particulier en soirée, et autour des axes routiers majeurs.

La comparaison avec les seuils réglementaires nationaux et les recommandations internationales révèle des dépassements préoccupants, susceptibles d'avoir des répercussions sanitaires importantes, notamment sur le sommeil et le bien-être des habitants.

Malgré ces résultats pertinents, certaines limites méthodologiques doivent être reconnues, notamment au niveau de l'échantillonnage temporel, du détail des interpolations, et de la taille de l'échantillon d'enquête. Ces éléments justifient la prudence dans l'interprétation et soulignent l'importance d'approches complémentaires.

Face à ces constats, plusieurs propositions concrètes d'atténuation ont été formulées, allant de l'aménagement urbain (barrières végétales, régulation du trafic), à l'amélioration de l'isolation des bâtiments, en passant par des actions de sensibilisation et de participation citoyenne.

Enfin, les perspectives offertes par les SIG apparaissent riches et prometteuses : simulation acoustique, suivi en temps réel, cartographie dynamique, aide à la décision… autant d'outils qui peuvent contribuer à une gestion proactive, intégrée et intelligente du bruit urbain, dans une optique de développement durable et de qualité de vie.

Ce chapitre pose ainsi les bases d'une stratégie locale d'intervention, et ouvre la voie à une gouvernance sonore participative et territorialisée.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude menée sur le quartier Akid Lotfi a mis en évidence l'ampleur et la complexité des nuisances acoustiques en milieu urbain, dans un contexte marqué par une urbanisation rapide, une densité de population élevée et une circulation routière intense. À travers une approche combinant mesures sur le terrain, enquêtes de perception et traitement spatial via les Systèmes d'Information Géographique (SIG), il a été possible d'identifier les zones les plus affectées par le bruit, d'en comprendre les causes et d'évaluer l'exposition des populations.

Les résultats obtenus ont révélé une forte concentration du bruit autour des grands axes routiers et dans les secteurs denses à usage mixte. La superposition des couches de données a également permis de corréler les niveaux de bruit aux caractéristiques urbaines (typologie du bâti, densité, fonctions urbaines), soulignant l'apport essentiel des SIG dans l'analyse environnementale et la prise de décision territoriale.

Cette étude démontre que les SIG ne sont pas de simples outils de cartographie, mais des instruments puissants d'analyse multicritère, de modélisation et de simulation, capables d'accompagner les politiques publiques dans la planification urbaine durable. Par ailleurs, l'implication des habitants à travers des enquêtes ou des outils participatifs peut enrichir les diagnostics et favoriser une gouvernance plus inclusive du bruit.

En dépit de certaines limites (taille de l'échantillon, temporalité réduite des mesures), le travail réalisé ouvre des perspectives prometteuses : généralisation de la cartographie sonore, intégration du bruit dans les plans d'urbanisme, sensibilisation de la population, et mise en œuvre de plans d'action locaux.

Ainsi, la gestion des nuisances acoustiques ne saurait être dissociée des enjeux de qualité de vie, de santé publique et d'aménagement du territoire. Les SIG, par leur flexibilité et leur puissance analytique, doivent désormais être considérés comme des outils stratégiques au service des villes intelligentes et durables.

Référence bibliographique

Sources et références

- Agence Européenne pour l'Environnement (AEE). Environmental noise in Europe – rapport 2020.
- Atlas topographique et urbain de la Wilaya d'Oran – publié par l'ANDRU (Agence Nationale de Développement et de Réaménagement Urbain).
- Benamara S. (2021) – Urbanisation et environnement à Oran, USTO.
- Bencheikh, A. (2018). Évaluation de la pollution sonore dans la région de Casablanca à l'aide des SIG.
- Bendimerad, F. & Belkacem, S. (2020). L'évaluation de la pollution sonore en milieu urbain par l'utilisation des SIG : cas de la ville d'Oran. Revue des Sciences Humaines et Sociales, Université d'Oran.
- Bensalem, L. et al. (2020). Cartographie des nuisances sonores sur le campus universitaire de Constantine à l'aide des SIG.
- Can, A. & Gousset, O. (2011). Noise mapping based on participatory GIS : Lyon pilot project.
- Centre National des Techniques Spatiales (CNTS)
- CNB (Conseil National du Bruit – France). Le bruit : définitions, impacts, enjeux. 2017.
- DAIRA de Bir El Djir – Rapport sociodémographique local (données internes 2021–2023).
- Direction de l'Urbanisme et de la Construction (DUC) – Wilaya d'Oran
- EEA (2020). Environmental Noise in Europe — 2020 Report.
- EEA, Environmental noise in Europe — 2020 report.
- European Environment Agency (EEA). (2015). Implementation of the Environmental Noise Directive.
- IGN Algérie / CNTS – Cartes topographiques de la wilaya d'Oran.

- Loi n°03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement, République algérienne démocratique et populaire
- MATE (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement – Algérie). Plan national d'action pour l'environnement (PNAE), 2015.
- NoiseCapture Project – CNRS / Ifsttar (France), depuis 2017.
- Observations de terrain et enquêtes locales : Mesures de bruit (en dB), relevés GPS des sources sonores.
- Office National de la Météorologie (ONM), Oran – Bulletins climatiques annuels.
- Office National des Statistiques (ONS) – RGPH 2008 & estimations 2022.
- Office National des Statistiques (ONS), Algérie
- OMS (2018). Environmental Noise Guidelines for the European Region, WHO Regional Office for Europe, Copenhague.
- Plan de circulation urbaine – Wilaya d'Oran.
- Programme AADL & LSP – Documents d'attribution de logements à Akid Lotfi.
- Rolland et al. 2012 – Marine Mammal Noise Exposure Guidelines.
- Université Oran 2 – USTO-MB – Études sur les dynamiques urbaines à Oran.
- Université USTO-MB – Mémoires en géographie urbaine et sociologie (Études locales sur la transformation sociale de Bir El Djir et Akid Lotfi).
- WHO, 2011 – Burden of disease from environmental noise.
- WHO, 2018.
- WHO, Night Noise Guidelines for Europe, 2009.
- WHO. Environmental Noise Guidelines for the European Region. World Health Organization, 2018.