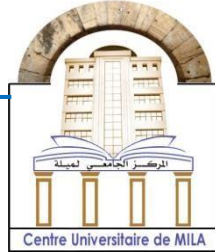


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N°Ref :.....

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département d'Ecologie et de l'Environnement

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème :

**Apport du SIG pour l'étude de la pollution sonore dans
le Campus Universitaire Abdelhafid Boussof (Mila)**

Présenté par :

➤ **MESSAOUDANI Mouhammed Monsaf**

Devant le jury :

Président Dr. TABET Slimane
Examineur Dr. OULMIT Farid
Promoteur Dr. LAALA Ahmed

MCB Centre Universitaire de Mila
MCB Centre Universitaire de Mila
MCA Centre Universitaire de Mila

Année universitaire : 2024/2025

Remerciement

Je remercie d'abord Allah de m'avoir guidé et donné la force, le courage et la volonté de réaliser ce modeste travail.

Je tiens à remercier en premier lieu mon promoteur, M. LAALA Ahmed, qui s'est montré disponible pour m'avoir guidé avec des conseils et des commentaires rigoureux ainsi que pour sa gentillesse et son écoute.

Mes très vifs remerciements vont aussi à Mr TABET Slimane pour avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Je remercie également Mr OULMIT Farid pour avoir accepté de juger ce travail.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance aux enseignants, étudiants et personnels du centre universitaire de Mila qui ont participé à l'enquête.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à mes collègues qui ont contribué activement à la réalisation des mesures nécessaires à ce travail. Leur disponibilité, leur collaboration et leur esprit d'équipe ont grandement facilité le bon déroulement de cette étape essentielle. Leur aide précieuse est vivement appréciée.

Dédicace

À mes chers parents,

Pour votre amour inconditionnel, vos sacrifices silencieux et votre soutien sans faille. Ce travail est le reflet de vos prières, de votre patience et de votre foi en moi.

À mes frères et sœurs,

Merci pour votre présence constante, vos mots d'encouragement et la chaleur de votre soutien.

À mes amis et collègues,

Pour les moments partagés, l'entraide précieuse et la bonne humeur qui ont éclairé ce parcours.

À celle qui occupe une place unique dans mon cœur,

Merci d'avoir été une source d'inspiration, de force et de douceur.

Messaoudani Mouhammed Monsaf

Table des matières

Liste des figures

Liste des photos

Liste des abréviations

Introduction 1

Chapitre I : Etude bibliographique

1. Définition de la pollution sonore	4
2. Mesure et évaluation de la pollution sonore	4
2.1. Les unités de mesure du son (décibel, dBA)	5
2.2. Les indicateurs de bruit (Leq, Lden, etc.)	6
2.3. Leq (Niveau équivalent de bruit)	6
2.4. Lden (Level day-evening-night).....	7
2.5. Lnight (niveau sonore nocturne).....	7
3. Impacts de la pollution sonore sur la santé humaine et l'environnement	7
3.1. Les effets sur la santé	7
3.2. Conséquences sur l'Environnement.....	12
4. Sources de la pollution sonore dans les campus universitaires	14
4.1. Bruit lié aux activités de transport	14
4.2. Bruit provenant des installations techniques et des infrastructures	14
4.3. Bruit des constructions et rénovations	15
5. Stratégies de gestion et de réduction de la pollution sonore	15
5.1. Aménagement et urbanisme sonore.....	16
5.2. Règlementation et normes acoustiques.....	16

5.2.1. Normes et réglementations internationales	17
5.2.2. Réglementation Algérienne relative au bruit	17
5.3. Technologies de réduction à la source	18
5.4. Mesures comportementales et campagnes de sensibilisation.....	18
5.5. Approche intégrée : surveillance, évaluation et cartographie du bruit	18

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

1. Présentation de la zone d'étude	20
1.1. Localisation géographique	21
1.2. Structure et population du Campus Universitaire.....	21

Chapitre III : Matériels et Méthodes

1. Matériels et Méthodes.....	25
1.1. Matériels	26
1.1.1. Application de saisie du bruit (Noise Capture).....	26
1.1.2. Ressources humaines mobilisées	27
1.1.3. Le logiciel ArcGis	27
1.1.4. Plateforme numérique « Google Forms ».....	28
1.2. Méthodologie	28
1.2.1. Mesurage acoustique	28
1.2.2. Méthodologie de calcul du niveau sonore équivalent (Leq)	29
1.2.3. Interpolation spatiale	31
1.2.4. Enquête de terrain sur la perception de la pollution sonore	31
1.2.5. Traitements des données	32

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Résultats et discussion	33
1.1. Analyse des résultats des mesures acoustiques.....	34
1.1.1. Profil acoustique journalier en Décembre	34
1.1.2. Variation mensuelle du niveau sonore	34
1.1.3. Variation journalière du niveau sonore.....	35
1.1.4. Variabilité spatio-temporelle des niveaux sonores maximaux mensuels	40
1.1.5. Interpolation spatiale du niveau sonore maximale cumulé du mois d'avril	45
1.1.6. Variation spatio-temporelle du bruit journalier.....	46
1.2. Résultats de l'enquête terrain sur la pollution sonore	49
1.2.1. Typologie des répondants à l'enquête	49
1.2.2. Niveau académique des répondants	50
1.2.3. Appartenance institutionnelle des répondants à l'enquête.....	50
1.2.4. Perception du niveau sonore général sur le campus	51
1.2.5. Degré de sensibilité	51
1.2.6. Effets des nuisances sonores sur le bien-être et la santé.....	52
1.2.7. Tendance du bruit au sein du campus	53
1.2.8. Sources dominantes des nuisances sonores dans le campus	53
1.2.9. Les périodes les plus bruyantes	54
1.2.10. Journées à forte intensité sonore.....	55
1.2.11. Les espace à forte pollution sonore	55
1.2.12. Effets du bruit sur la concentration et la performance académique	56
1.2.13. Propositions relatives au bruit sur le campus	57
Conclusion.....	59
Reference bibliographique	62

Annexe..... 65

Résumé 68

Liste des figures

Figure 01. Les nuisances sonores dans l'environnement urbain

Figure 02. L'échelle des décibels et les niveaux de bruit

Figure 03. Echelle de decibels (db) percus

Figure 04. Effets extra-auditifs court et long terme (OMS, 2017)

Figure 05. Le système auditif humain

Figure 06. Les acouphènes, ennemis de la paix intérieure

Figure 07. Mécanisme des acouphènes et d'Hyperacousie

Figure 08. Perturbation du sommeil (insomnie)

Figure 09. Le stress et l'anxiété causés par le bruit

Figure 10. Effets extra-auditifs du bruit (Babish, 2002)

Figure 11. Fragmentation des habitats

Figure 12. Exemple de maintien des infrastructures bruyantes (routes) hors des zones sensibles (écoles, hôpitaux, logements)

Figure 13. Exemple d'installation d'un capteur acoustique pour la surveillance en temps réel

Figure 14. Localisation géographique de la zone d'étude

Figure 15. Effectifs des enseignants, étudiants et personnels du Centre Universitaire de Mila

Figure 16. Logiciel SIG « ArcGis, Version10.1)

Figure 17. Vue sur le panneau de mesure de l'application

Figure 18. Vue sur le panneau des résultats de l'application

Figure 19. Extrait du questionnaire électronique réalisé via Google Forms

Figure 20. Variation journalière du niveau sonore moyen mesuré en mois de Décembre dans 30 stations du campus universitaire de Mila

Figure 21. Variation mensuelle du niveau sonore moyen mesuré dans 30 stations du campus universitaire de Mila

Figure 22. . Heatmap des niveaux sonores journalier du mois de Décembre par site et heure de mesure

Figure 23. Heatmap des niveaux sonores journalier du mois de Janvier par site et heure de mesure

Figure 24. Heatmap des niveaux sonores journalier du mois de Février par site et heure de mesure

Figure 25. Heatmap des niveaux sonores journalier du mois de Mars par site et heure de mesure

Figure 26. Heatmap des niveaux sonores journalier du mois d'Avril de par site et heure de mesure

Figure 27. Niveau sonore maximal mesuré en Décembre pour les 30 sites du campus universitaire

Figure 28. Niveau sonore maximal mesuré en Janvier pour les 30 sites du campus universitaire

Figure 29. Niveau sonore maximal mesuré en Février pour les 30 sites du campus universitaire

Figure 30. Niveau sonore maximal mesuré en Mars pour les 30 sites du campus universitaire

Figure 31. Niveau sonore maximal mesuré en Avril pour les 30 sites du campus universitaire

Figure 32. Interpolation spatiale du niveau sonore maximal du mois d'avril

Figure 33. Interpolation spatiale du niveau sonore (LA50) lors du pic matinal du Dimanche

Figure 34. Répartition des catégories de la population interrogée

Figure 35. Les niveaux d'éducation de catégories participantes

Figure 36. Distribution des participants par institut

Figure 37. Evaluation du niveau sonore sur le campus

Figure 38. Sensibilité de la population universitaire à la pollution sonore

Figure 39. Impact du bruit sur le confort et la santé de la population universitaire

Figure 40. Perception de l'évolution de la pollution sonore sur le campus universitaire

Figure 41. Les principales causes de la pollution sonore dans le campus universitaire

Figure 42. Périodes les plus dérangeants de la journée

Figure 43. Jours les plus dérangeants

Figure 44. Les zones les plus bruyantes sur le campus universitaire

Figure 45. Impact de la pollution sonore sur la performance académique

Figure 46. Soumission des plaintes ou des suggestions concernant la pollution sonore

Liste des photos

Photo 01. Circulation routière dans le campus universitaire

Photo 02. Les activités récréatives dans le campus universitaire

Photo 03. Les activités récréatives dans le campus universitaire

Photo 04. Instituts et installations académiques du Campus Universitaire Abdelhafid Boussouf

Photo 05. Interface de l'application « NOISE CAPTURE »

Photo 06. Ressources humaines mobilisées pour la collecte des données

Photo 07. Répartition spatiale des sites de mesure du niveau sonore dans le Campus Universitaire de Mila

.

Liste des abréviations

Db : décibel

Leq : Niveau équivalent de bruit

Lden : Level day-evening-night

Lnight : niveau sonore nocturne

ST : Sciences et Technologies

MI : Mathématiques et Informatique

SNV : Sciences de la Nature et de la Vie

SE : Sciences économiques, commerciales et de gestion

LSNM : Laboratoire des sciences naturelles et des matériaux.

LMI : Laboratoire des mathématiques et de leurs interactions.

LIIA : Laboratoire d'informatique et d'intelligence artificielle.

LESDDDED : Laboratoire des études des stratégies de diversification économique pour un développement durable.

LELC : Laboratoire des études littéraires et critiques.

LLASL : Laboratoire de linguistique appliquée entre la science et la littérature.

LGTE : Laboratoire de génie et technologies environnementales.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

SIG : Système d'Information Géographique

IDW : Inverse Distance Weighting (Pondération Inverse de la Distance)

Arc Gis : Arc Geographic Information System

Introduction

Introduction :

Les enjeux environnementaux occupent aujourd'hui une place centrale dans les débats scientifiques, sociaux et politiques, tant ils conditionnent la qualité de vie des populations et la durabilité des écosystèmes. Parmi ces enjeux, la pollution sous toutes ses formes représente un défi majeur pour les sociétés contemporaines, notamment en raison de l'urbanisation accélérée, de la croissance démographique continue, de l'industrialisation et de la transformation des modes de vie. Si l'on a longtemps focalisé l'attention sur les formes classiques et visibles de pollution, telles que la pollution de l'air, de l'eau ou des sols, d'autres formes, plus discrètes, gagnent en importance, en particulier la pollution sonore, un phénomène souvent sous-estimé, mais dont les effets sont tout aussi nuisibles, voire insidieux (Godard, 2004).

La pollution sonore, également appelée pollution acoustique, désigne l'ensemble des bruits indésirables, excessifs ou perturbateurs, produits par les activités humaines. Elle se manifeste notamment dans les milieux urbanisés, industriels, et même éducatifs. Contrairement à d'autres formes de pollution, elle ne laisse ni trace visible ni résidu matériel, mais ses impacts sont bel et bien concrets : fatigue mentale, troubles du sommeil, stress, baisse de la concentration, anxiété, irritabilité, voire dans certains cas, des atteintes auditives irréversibles. La pollution sonore affecte ainsi non seulement la santé physique, mais aussi la santé psychologique, émotionnelle et sociale des individus (OMS, 2018).

Dans ce contexte, le campus universitaire, censé être un espace propice au calme, à la réflexion et à l'apprentissage, n'est pas épargné par ce phénomène. Bien au contraire, il peut concentrer diverses sources de bruit : circulation automobile, travaux d'aménagement, comportements bruyants, équipements mécaniques, ou encore rassemblements sociaux. Ces nuisances sonores, si elles deviennent fréquentes et intenses, risquent de compromettre sérieusement la qualité de l'environnement d'étude, la performance académique des étudiants, ainsi que le bien-être du personnel administratif et enseignant (Goines *et al.*, 2007).

C'est à partir de cette problématique que se construit notre étude. Il s'attache à analyser le phénomène de la pollution sonore au sein du campus universitaire, en s'appuyant sur une approche de terrain combinant observations directes et enquête par questionnaire. L'objectif principal est de mesurer l'intensité et la fréquence des nuisances sonores et d'évaluer leurs impacts à la fois environnementaux et sanitaires sur les usagers du campus. Cette étude ambitionne également de cerner le niveau de sensibilisation des étudiants et du personnel face à cette problématique, souvent banalisée mais dont les répercussions sont multiples et profondes.

Le mémoire s'articule autour de quatre chapitres principaux :

Le premier chapitre est consacré à une revue bibliographique sur la pollution sonore, ses caractéristiques, ses sources, et ses effets sur la santé humaine et l'environnement ;

Le deuxième chapitre présente la zone d'étude, à savoir le campus universitaire, avec ses spécificités structurelles, fonctionnelles et sociales ;

Le troisième chapitre détaille la méthodologie utilisée, incluant les outils d'enquête, les modalités de collecte des données, et les critères d'analyse adoptés ;

Le quatrième chapitre présente les résultats obtenus à partir de l'étude de terrain.

Enfin, une conclusion vient clore ce travail.

Chapitre 1

Etude bibliographique

1. Définition de la pollution sonore

La pollution sonore se réfère à la présence excessive ou indésirable de bruits dans l'environnement, qui perturbe les activités humaines et les écosystèmes. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS2011.Burdens of disease from environmental noise), la pollution sonore est définie comme « un bruit qui affecte la santé physique, mentale et sociale des individus » .

Les sources de la pollution sonore sont variées et incluent principalement des bruits d'origine humaine, tels que le trafic routier, ferroviaire et aérien, mais également des bruits liés aux activités industrielles, commerciales, ainsi que ceux générés par les infrastructures publiques et privées comme les chantiers de construction, les équipements de ventilation, ou les systèmes de climatisation. D'autres sources importantes incluent les bruits de la vie quotidienne, tels que les conversations, les loisirs bruyants et les bruits émis par les appareils électroniques.

La pollution sonore devient particulièrement problématique lorsqu'elle dépasse certains seuils de tolérance pour les individus, affectant leur qualité de vie, leur santé et leur bien-être. Elle est considérée comme une nuisance lorsque le bruit perturbe les activités normales, comme le travail, l'apprentissage, ou le sommeil» (Berglund et al., 1999)..

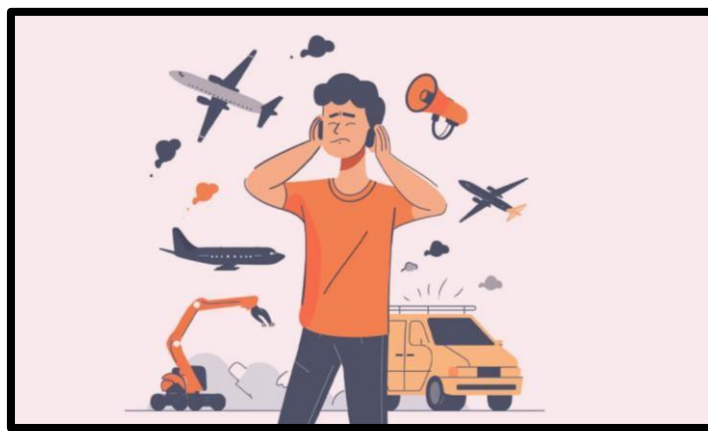


Fig.1. Les nuisances sonores dans l'environnement urbain

1. Mesure et évaluation de la pollution sonore

La compréhension et la gestion de la pollution sonore nécessitent une évaluation précise de l'exposition au bruit. Pour ce faire, des unités normalisées et des indicateurs spécifiques ont été mis en place. Ces outils permettent de quantifier le niveau sonore, d'identifier les périodes critiques, et de proposer des stratégies d'atténuation adaptées.

1.1. Les unités de mesure du son (décibel, dBA)

La pollution sonore est un phénomène physique mesurable. L'unité standard pour exprimer l'intensité sonore est le décibel (dB). Il s'agit d'une unité logarithmique, ce qui signifie qu'une variation de 10 dB correspond à un doublement ou une réduction perçue de l'intensité du son.

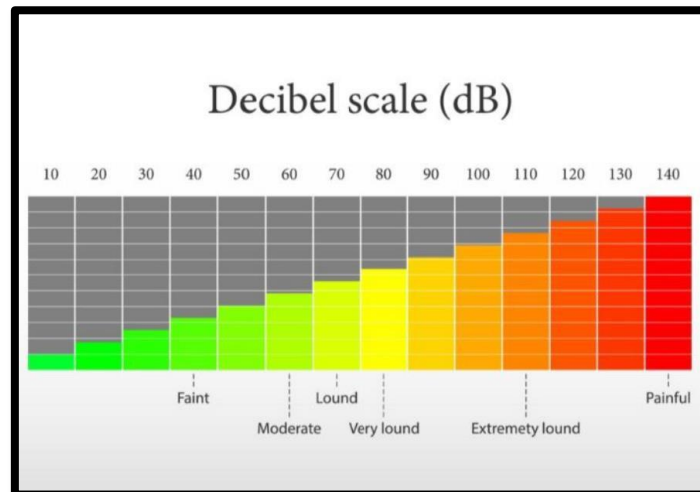


Fig.2. L'échelle des décibels et les niveaux de bruit

Par exemple, un son à 80 dB paraît environ deux fois plus fort qu'un son à 70 dB, bien que l'énergie sonore réelle ait été multipliée par 10. Cette échelle est utilisée car l'oreille humaine est capable de percevoir des sons sur une très large plage d'intensité, allant du seuil d'audibilité (0 dB) au seuil de douleur environ 120-130 dB (Passchier-Vermeer et Passchier, 2000).

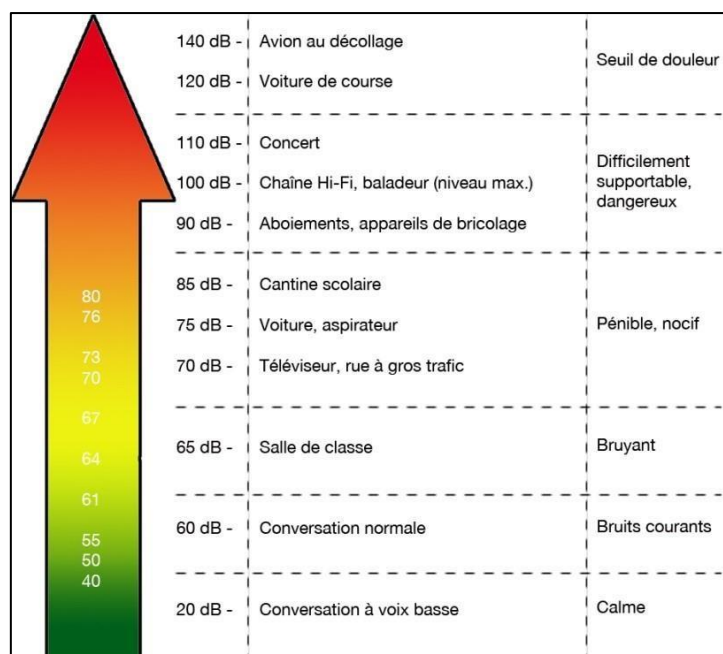


Fig.3. Echelle de decibels (db) percus

Tous les sons ne sont pas perçus avec la même intensité, même s'ils ont le même niveau en dB. L'oreille humaine est plus sensible aux fréquences moyennes (entre 1000 et 5000 Hz) qu'aux très basses ou très hautes fréquences. Pour tenir compte de cette sensibilité, on applique un filtre appelé pondération A, d'où l'unité dBA (décibel A). Le dBA réduit l'influence des fréquences que l'oreille perçoit moins bien et renforce celles auxquelles elle est la plus réceptive (Passchier-Vermeer & Passchier, 2000).

En pratique, le dBA est utilisé pour évaluer les impacts du bruit sur l'homme, car il reflète mieux la gêne perçue et les effets potentiels sur la santé. Ainsi, de nombreuses réglementations et seuils d'exposition au bruit (environnement, travail, santé publique) sont définis en dBA. Par exemple, l'Organisation mondiale de la santé recommande de ne pas dépasser 55 dBA en journée et 40 dBA la nuit dans les zones résidentielles pour éviter les nuisances et les troubles du sommeil (WHO, 2018).

Il existe aussi d'autres pondérations (comme dBC, plus sensibles aux basses fréquences), mais elles sont beaucoup moins utilisées dans l'évaluation des nuisances urbaines. Le dBA reste la référence la plus courante pour les mesures environnementales, industrielles et médicales (Berglund *et al.*, 1999).

1.2. Les indicateurs de bruit (Leq, Lden, etc.)

Pour évaluer la pollution sonore de manière fiable, il ne suffit pas de mesurer ponctuellement l'intensité du bruit ; il faut aussi tenir compte de la durée d'exposition, des variations temporelles et de la sensibilité des périodes de la journée. C'est pourquoi des indicateurs normalisés ont été développés afin de refléter l'exposition réelle des populations au bruit. Les plus utilisés sont le Leq, le Lden et le Lnight, qui permettent de quantifier et de comparer les niveaux sonores dans différents contextes (European Environment Agency, 2020).

1.3. Leq (Niveau équivalent de bruit)

Le Leq, ou niveau de pression acoustique équivalent, représente le niveau sonore constant qui, sur une période donnée, aurait la même énergie acoustique que le bruit réel, même s'il varie dans le temps. Autrement dit, c'est une moyenne énergétique pondérée sur une durée déterminée, exprimée en dBA.

Cet indicateur est largement utilisé dans les études environnementales, notamment pour les mesures de bruit routier, ferroviaire ou industriel. Par exemple, un bruit fluctuant entre 60 et 80 dBA pendant une heure pourrait avoir un Leq d'environ 70 dBA. Le Leq est pertinent pour évaluer

l'exposition continue au bruit, et donc son impact probable sur la santé humaine (Lambert et *al.*, 2020).

1.4. Lden (Level day-evening-night)

Le Lden est un indicateur composite utilisé pour représenter l'exposition au bruit sur une période de 24 heures. Il combine les niveaux sonores enregistrés le jour (6h–18h), le soir (18h–22h), et la nuit (22h–6h), avec une pondération de +5 dB pour la soirée et de +10 dB pour la nuit. Ces pénalités tiennent compte de la sensibilité accrue des individus pendant ces périodes, notamment en lien avec la détente, le sommeil ou le repos.

Le Lden est largement utilisé dans les directives européennes pour la cartographie stratégique du bruit, en particulier dans les zones urbaines à forte densité de population ou proches des infrastructures de transport (European Environment Agency, 2020).

1.5. Lnight (niveau sonore nocturne)

Le Lnight correspond au niveau moyen de bruit enregistré durant la nuit, généralement entre 22h et 6h. Il est spécifiquement conçu pour évaluer les effets du bruit sur le sommeil, notamment les réveils, les difficultés d'endormissement ou les perturbations des cycles biologiques.

L'Organisation mondiale de la santé recommande que le Lnight ne dépasse pas 40 dBA afin de prévenir les effets nocifs sur la santé, comme l'augmentation de la pression artérielle, les troubles du sommeil ou les maladies cardiovasculaires (WHO, 2009). Cet indicateur est particulièrement important pour les zones résidentielles proches des routes, voies ferrées, ou aéroports (Basner et *al.*, 2014).

2. Impacts de la pollution sonore sur la santé humaine et l'environnement

2.1.1. Les effets sur la santé

Contrairement à d'autres formes de pollution, le bruit est souvent sous-estimé alors qu'il peut avoir des conséquences profondes sur le bien-être physique et psychologique des individus. Ses effets ne se limitent pas à l'oreille humaine, mais s'étendent à l'ensemble de l'organisme, perturbant le sommeil, provoquant du stress, et nuisant aux fonctions cognitives.

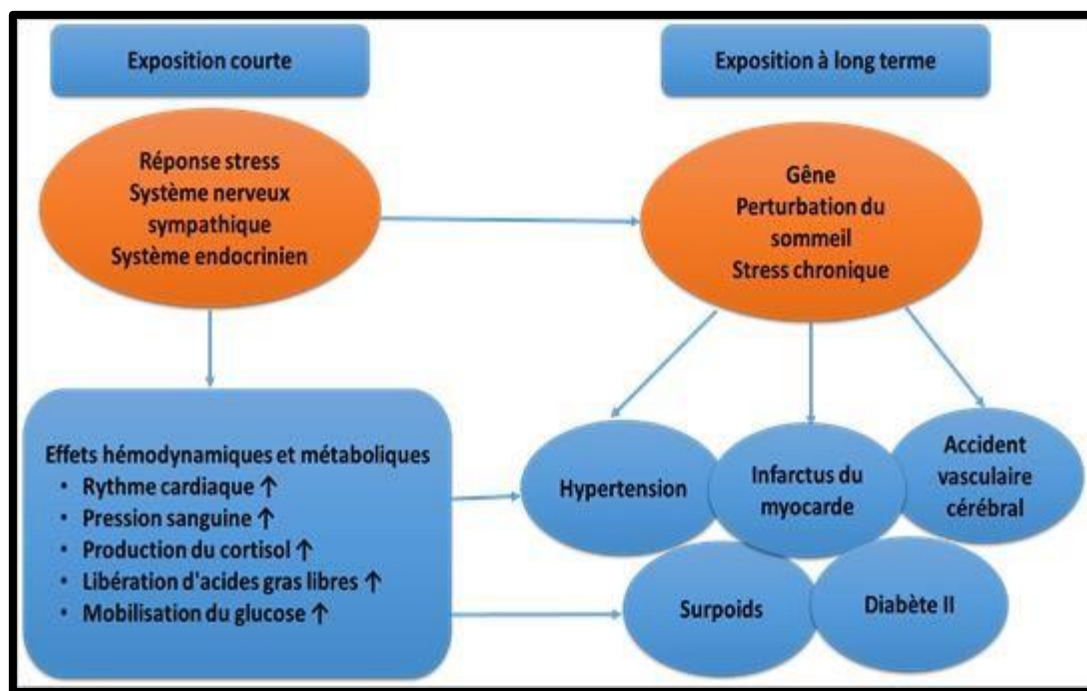


Fig.4. Effets extra-auditifs court et long terme (OMS, 2017)

Les effets de la pollution sonore sur la santé humaine peuvent être classés en plusieurs catégories :

a. Effets physiologiques

➤ **Stress et hypertension :** Une exposition prolongée au bruit peut entraîner une réponse de stress chronique, caractérisée par une augmentation des niveaux de cortisol (hormone du stress) et de la fréquence cardiaque. Cela peut provoquer une hypertension artérielle, un facteur de risque majeur pour les maladies cardiovasculaires (Stansfeld & Matheson, 2003).

➤ **Troubles auditifs :** L'un des effets auditifs les plus graves de l'exposition prolongée au bruit est la perte auditive induite par le bruit. Ce type de surdité est généralement neurosensorielle, causée par la destruction progressive des cellules ciliées de la cochlée, situées dans l'oreille interne. Lorsque les sons dépassent un certain seuil (généralement 85 dB), et que l'exposition se prolonge dans le temps, ces cellules peuvent être irrémédiablement endommagées, entraînant une diminution permanente de la capacité auditive. Ce phénomène est courant chez les travailleurs des secteurs industriels, de la construction, de l'agriculture mécanisée, mais aussi chez les jeunes exposés à une écoute prolongée de musique à fort volume via des écouteurs. Le problème est d'autant plus préoccupant qu'il s'agit souvent d'une atteinte progressive, indolore, et donc difficilement détectable sans tests réguliers d'audiométrie (Basner *et al.*, 2014).

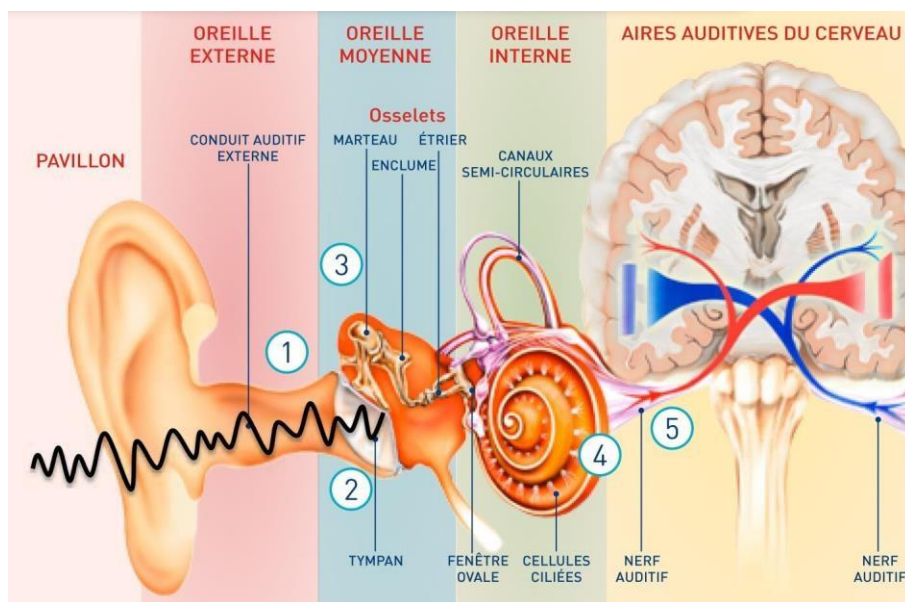


Fig.5. Le système auditif humain

L'exposition chronique au bruit peut également engendrer des acouphènes, c'est-à-dire des sifflements, bourdonnements ou cliquetis perçus sans source sonore externe. Ce symptôme est souvent associé à la perte auditive, mais peut aussi apparaître de manière isolée (Kujawa & Liberman, 2009).



Fig.6. Les acouphènes, ennemis de la paix intérieure

Un autre effet auditif préoccupant est l'hyperacousie, un trouble caractérisé par une sensibilité excessive aux sons de la vie quotidienne, perçus comme douloureux ou insupportables. Les personnes souffrant d'hyperacousie peuvent réagir de manière disproportionnée à des sons anodins comme une conversation, un robinet qui coule ou un bruit de circulation. Ce trouble, souvent lié à des lésions auditives préexistantes ou à des stress acoustiques répétés, engendre une forte détresse psychologique, un retrait social, et parfois une dépression. Il est fréquemment observé

chez les musiciens professionnels, les travailleurs exposés à des sons puissants, ou encore les victimes de traumatismes sonores (Fackrell et *al.*, 2016).

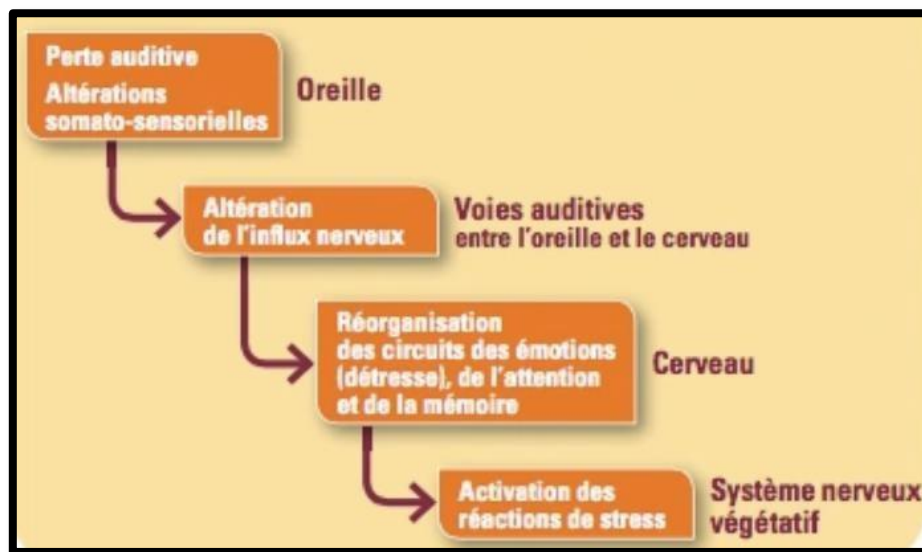


Fig.7. Mécanisme des acouphènes et d'Hyperacousie

➤ **Troubles du sommeil :** La pollution sonore peut perturber le sommeil et provoquer des micro-éveils, altérer les phases profondes du sommeil et perturber le rythme circadien. Ces interruptions, même imperceptibles, ont des conséquences à long terme sur la récupération physique et mentale. Le sommeil fragmenté peut entraîner une somnolence diurne, une baisse de concentration, de la fatigue chronique, et même un affaiblissement du système immunitaire. Les bruits de fond constants ou intermittents comme ceux des trains, des avions ou des sirènes dans les zones urbaines sont parmi les plus nuisibles au sommeil (Basner et Müller, 2013).



Fig.8. Perturbation du sommeil (insomnie)

b. Effets psychologiques et comportementaux

➤ **Anxiété et dépression:** Les environnements bruyants peuvent être associés à des troubles de santé mentale tels que l'anxiété et la dépression. Le bruit chronique est un facteur de stress constant qui affecte l'humeur et la capacité de gestion des émotions (Evans & Stecker, 2004).



Fig.9. Le stress et l'anxiété causés par le bruit

➤ **Irritabilité et diminution de la qualité de vie :** Une exposition continue au bruit peut nuire à la qualité de vie, provoquant des sentiments d'irritabilité et d'agitation. Les personnes vivant ou étudiant dans des environnements bruyants sont souvent plus susceptibles de ressentir du mal-être émotionnel (Müller & Schulte, 2009).

➤ **Effets sur l'apprentissage**

L'exposition prolongée au bruit dans les institutions éducatives, notamment celles situées à proximité d'aéroports ou de grandes routes, est liée à une baisse des performances scolaires. Le bruit interfère avec le processus de traitement de l'information, notamment lors des phases d'apprentissage sensibles, en réduisant la capacité de concentration et en augmentant la charge cognitive (Clark & Paunovic, 2018).

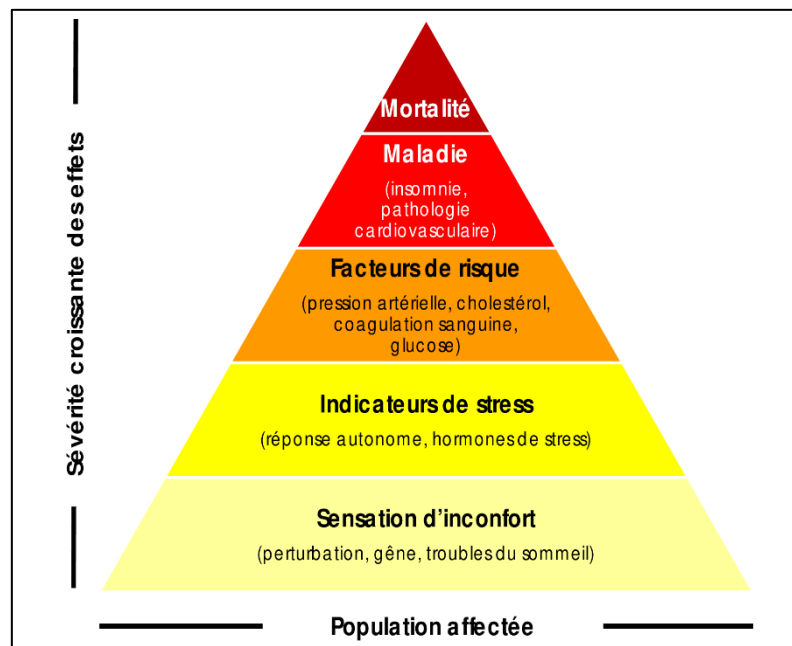


Fig.10. Effets extra-auditifs du bruit (Babish, 2002)

2.1.2. Conséquences sur l'Environnement

a) Perturbation du comportement naturel

La pollution sonore affecte non seulement la santé et le bien-être des humains, mais a également des conséquences écologiques importantes, notamment sur la faune. Les animaux s'appuient sur leur sens aigu de l'ouïe pour communiquer, naviguer et détecter les prédateurs ou les proies. Un bruit excessif perturbe ces activités essentielles, entraînant des changements de comportement et des conséquences potentielles à long terme sur des écosystèmes entiers.

b) Interférence avec la communication

De nombreuses espèces d'animaux s'appuient sur les vocalisations pour communiquer avec leurs partenaires, établir des territoires et avertir les autres des dangers potentiels. Cependant, les bruits anthropiques, tels que le bruit de la circulation ou les activités industrielles, peuvent masquer ces signaux acoustiques cruciaux. Par exemple, des études ont montré que les chants des oiseaux sont souvent masqués par le bruit urbain, ce qui entraîne une réduction du succès de reproduction et un déclin de la population. De même, les mammifères marins comme les baleines et les dauphins dépendent du son sous-marin pour communiquer et naviguer, mais le bruit des navires peut interférer avec leur capacité à trouver de la nourriture ou des partenaires, ce qui a un impact sur leur survie.

c) Perturbation des cycles de reproduction

La pollution sonore peut perturber les cycles de reproduction de diverses espèces sauvages. Par exemple, des études ont montré que le bruit des opérations pétrolières et gazières peut perturber les comportements reproductifs du tétras des armoises, entraînant une réduction du succès de l'accouplement et un déclin de la population. De même, le bruit provenant d'activités récréatives telles que les véhicules tout-terrain peut perturber les sites de nidification des tortues marines, affectant leur reproduction et les taux de survie des nouveau-nés.

d) Fragmentation de l'habitat

La construction d'autoroutes, d'aéroports et d'autres projets d'infrastructure entraîne souvent une fragmentation de l'habitat, isolant les populations d'animaux sauvages et limitant leurs déplacements. Cette fragmentation peut avoir des effets néfastes sur la faune, notamment lorsqu'elle est combinée à la pollution sonore. Les animaux peuvent hésiter à traverser des zones bruyantes, ce qui entraîne un accès réduit aux ressources, un flux génétique limité et une vulnérabilité accrue à la prédation.

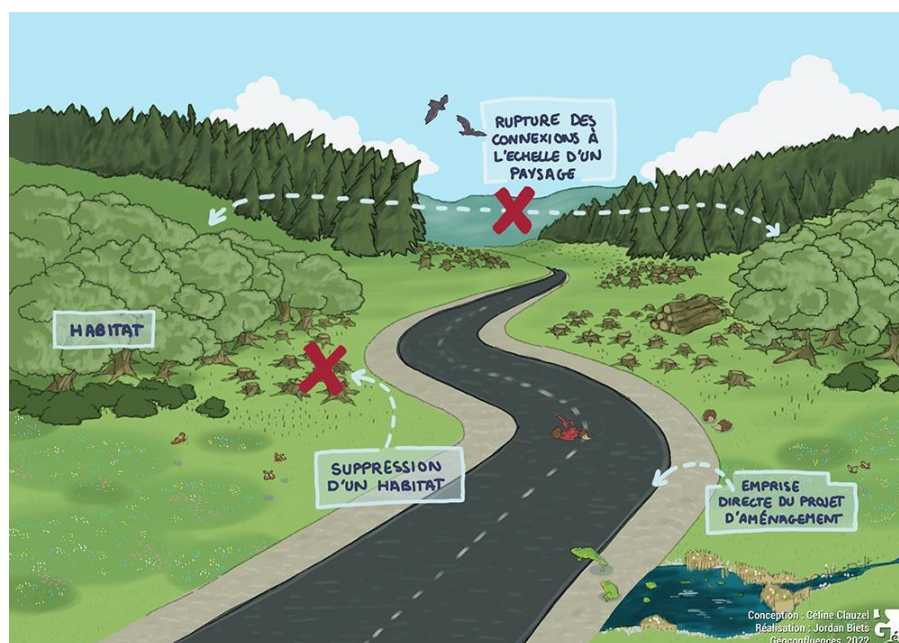


Fig.11. Fragmentation des habitats

e) Changements dans la composition des espèces

La pollution sonore peut également entraîner des changements dans la composition des espèces au sein des écosystèmes. Certaines espèces peuvent être plus tolérantes au bruit et adapter leur comportement en conséquence, tandis que d'autres peuvent être incapables de faire face à

l'augmentation des perturbations auditives. Cela peut entraîner des changements dans la dynamique prédateur-proie, des changements dans la compétition et, à terme, modifier l'équilibre de l'ensemble de l'écosystème.

3. Sources de la pollution sonore dans les campus universitaires

Les sources de pollution sonore des campus universitaires sont multiples et peuvent être classées en plusieurs catégories :

3.1.1. Bruit lié aux activités de transport :

➤ **Circulation routière:** Les véhicules qui circulent autour du campus génèrent un bruit continu, notamment dans les zones proches des routes et des parkings. Cela inclut le bruit des moteurs, des klaxons, et des bruits associés au trafic dense (Stansfeld et Matheson, 2003).



Photo.1. Circulation routière dans le campus universitaire

3.1.2. Bruit provenant des installations techniques et des infrastructures :

➤ **Systèmes de climatisation et de ventilation:** Les bâtiments universitaires, en particulier les grandes structures, sont souvent équipés de systèmes de chauffage, ventilation et climatisation bruyants. Ces systèmes peuvent être une source de bruit de fond constant qui perturbe la concentration des étudiants (Berglund *et al.*, 1999).

➤ **Conversations et rassemblements:** Les discussions bruyantes entre étudiants, les rassemblements sociaux et les événements organisés sur le campus, comme les conférences ou les activités étudiantes, génèrent souvent un bruit significatif. Les espaces communs tels que les

cafétérias, les couloirs, et les espaces extérieurs sont des zones particulièrement touchées par ce type de bruit (Basner et Müller, 2013).

➤ **Événements sportifs et récréatifs:** Les matchs, les activités sportives en plein air, et autres événements de loisirs peuvent produire un bruit intense, en particulier lors de compétitions ou de rassemblements populaires sur le campus.

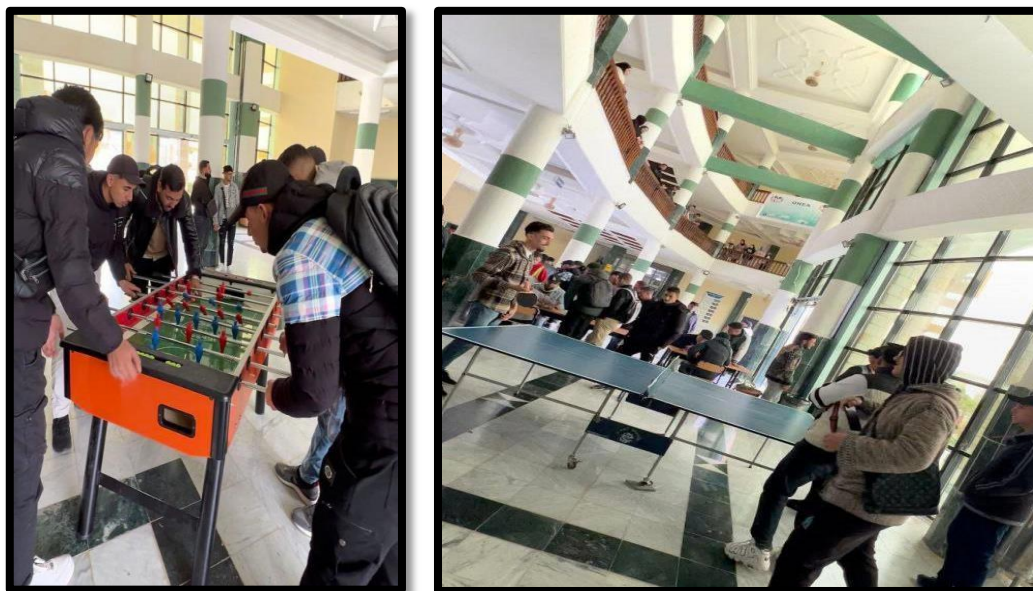


Photo. 2 et 3. Les activités récréatives dans le campus universitaire

3.1.3. Bruit des constructions et rénovations :

➤ **Travaux de construction:** Les travaux de rénovation ou de construction sur le campus, y compris l'utilisation de marteaux-piqueurs, de perceuses et d'autres machines lourdes, génèrent des niveaux de bruit élevés. Ces bruits sont souvent considérés comme des nuisances temporaires mais peuvent perturber sérieusement l'environnement d'apprentissage, surtout lorsqu'ils se produisent à proximité des zones académiques (Müller et Schulte, 2009).

➤ **Ordinateurs et systèmes informatiques:** Les ordinateurs et autres appareils électroniques utilisés dans les laboratoires ou les espaces informatiques génèrent également du bruit, bien qu'il soit souvent moins perceptible, il peut être une nuisance pour certains utilisateurs.

4. Stratégies de gestion et de réduction de la pollution sonore

La gestion de la pollution sonore constitue un enjeu majeur de santé publique, en particulier dans les zones urbaines et périurbaines où les niveaux sonores dépassent souvent les seuils recommandés. Les stratégies de réduction du bruit sont multidimensionnelles, allant de mesures

techniques à des réglementations légales, en passant par la planification urbaine et la sensibilisation des populations. Une approche efficace nécessite une combinaison cohérente de ces actions, soutenue par une évaluation continue et des politiques publiques adaptées (Murphy & King, 2011).

4.1. Aménagement et urbanisme sonore

La planification urbaine joue un rôle central dans la prévention du bruit. Les autorités peuvent réduire la pollution sonore en distanciant les infrastructures bruyantes (routes, voies ferrées, industries) des zones sensibles (écoles, hôpitaux, logements) à travers des zones tampons, des ceintures vertes, ou des barrières antibruit naturelles (Murphy & King, 2011).

Les revêtements de sol absorbants (en asphalte poreux, par exemple) peuvent également réduire les bruits de roulement. De plus, l'implantation stratégique de bâtiments, écrans acoustiques et murs antibruit est une méthode éprouvée pour limiter la propagation du bruit dans les zones résidentielles (Murphy & King, 2011).



Fig.12. Exemple de maintien des infrastructures bruyantes (routes) hors des zones sensibles (écoles, hôpitaux, logements)

4.2. Réglementation et normes acoustiques

Les normes et réglementations en matière de bruit sont essentielles pour limiter les nuisances sonores et protéger la santé humaine, l'environnement et le bien-être des populations. Ces normes sont établies par des organisations internationales, des gouvernements nationaux et des autorités locales, avec des seuils admissibles définis en fonction des types d'activités et des zones concernées. Elles reposent sur des méthodes spécifiques pour évaluer l'intensité du bruit et son impact.

4.2.1. Normes et réglementations internationales

a. Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

L'OMS a établi des lignes directrices pour limiter les effets négatifs du bruit sur la santé, notamment dans les environnements urbains et résidentiels :

➤ **Niveaux admissibles pour les zones résidentielles:** Le bruit ne doit pas dépasser 55 dB pendant la journée et 40 dB la nuit pour garantir la santé et le bien-être des habitants (Berglund *et al.*, 1999).

Pour les écoles et les hôpitaux, l'OMS recommande des niveaux de bruit inférieurs à 35 dB pendant les heures d'apprentissage et de traitement afin de favoriser un environnement calme pour les enfants et les patients (Basner & Müller, 2013).

➤ **Niveaux de bruit acceptable pour les zones industrielles et commerciales :** L'OMS recommande un seuil de 70 dB pendant la journée dans les zones industrielles, mais pas au-delà de 55 dB la nuit (Stansfeld et Matheson, 2003).

b. Union Européenne (UE)

L'UE a mis en place plusieurs directives pour la gestion de la pollution sonore, dont la Directive 2002/49/CE sur l'évaluation et la gestion du bruit ambiant. Selon la directive européenne, le bruit ambiant moyen en journée dans les zones résidentielles ne doit pas dépasser 55 dB. La nuit, ce seuil est abaissé à 50 dB.

c. Réglementations en France

En France, plusieurs textes législatifs régissent la gestion du bruit, en particulier le Code de l'Environnement et l'arrêté du 23 janvier 1997 relatif aux bruits de voisinage qui impose des limites de bruit spécifiques pour les activités domestiques et les bruits de voisinage. Par exemple, les bruits provenant des activités domestiques doivent être réduits à un niveau inférieur à 30 dB la nuit dans les zones résidentielles.

4.2.2. Réglementation Algérienne relative au bruit

L'Algérie dispose de lois et de décrets régissant la gestion de la pollution sonore, notamment la Loi 03-10 du 19 juillet 2003 qui impose des seuils admissibles pour différents types d'activités. Par exemple, le bruit des transports ne doit pas dépasser 70 dB pendant la journée dans les zones urbaines (Loi 03-10, 2003).

4.3. Technologies de réduction à la source

Réduire le bruit à la source est souvent la stratégie la plus efficace. Cela inclut :

- L'amélioration des moteurs (véhicules plus silencieux, véhicules électriques)
- L'entretien des routes et des rails
- La régulation du trafic (limitation de la vitesse, zones 30)
- Le contrôle des horaires de fonctionnement des machines industrielles.

Les technologies d'isolation phonique des bâtiments (double vitrage, matériaux absorbants, portes acoustiques) permettent également de protéger les habitants, notamment ceux vivant à proximité d'infrastructures bruyantes (Brown & Lam, 2018).

4.4. Mesures comportementales et campagnes de sensibilisation

Les comportements individuels peuvent aggraver ou atténuer la pollution sonore. Les campagnes de sensibilisation visent à encourager :

- L'utilisation modérée des klaxons et de la musique en voiture,
- La réduction du volume sonore dans les lieux publics (cafés, bars),
- L'usage responsable des équipements domestiques (tondeuses, perceuses, etc.),
- Le respect du calme nocturne.

Certaines villes ont mis en place des labels "quartiers calmes", ou récompensent les initiatives locales visant à réduire le bruit communautaire (Chepesiuk, 2005).

4.5. Approche intégrée : surveillance, évaluation et cartographie du bruit

La gestion efficace du bruit passe par une connaissance précise de sa répartition. Cela implique :

- L'installation de capteurs acoustiques pour un suivi en temps réel
- La cartographie stratégique du bruit pour identifier les zones critiques,
- L'analyse de données pour adapter les plans d'action.

Les villes intelligentes (smart cities) intègrent aujourd'hui ces outils dans leur gestion urbaine, permettant une rétroaction continue et des politiques adaptatives (Lambert et *al.* 2020).



Fig.13. Exemple d'installation d'un capteur acoustique pour la surveillance en temps réel

Chapitre 2

Présentation de la zone

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Localisation géographique

La zone d'étude de cette recherche est le Campus Universitaire Abdelhafid Boussouf, situé dans la wilaya de Mila, précisément à $36^{\circ} 27' 40''$ de latitude Nord et $6^{\circ} 12' 55''$ de longitude Est. Cette localisation le place à environ 400 kilomètres à l'Est du capital du pays, dans la région des Hauts Plateaux, une zone caractérisée par un climat méditerranéen.

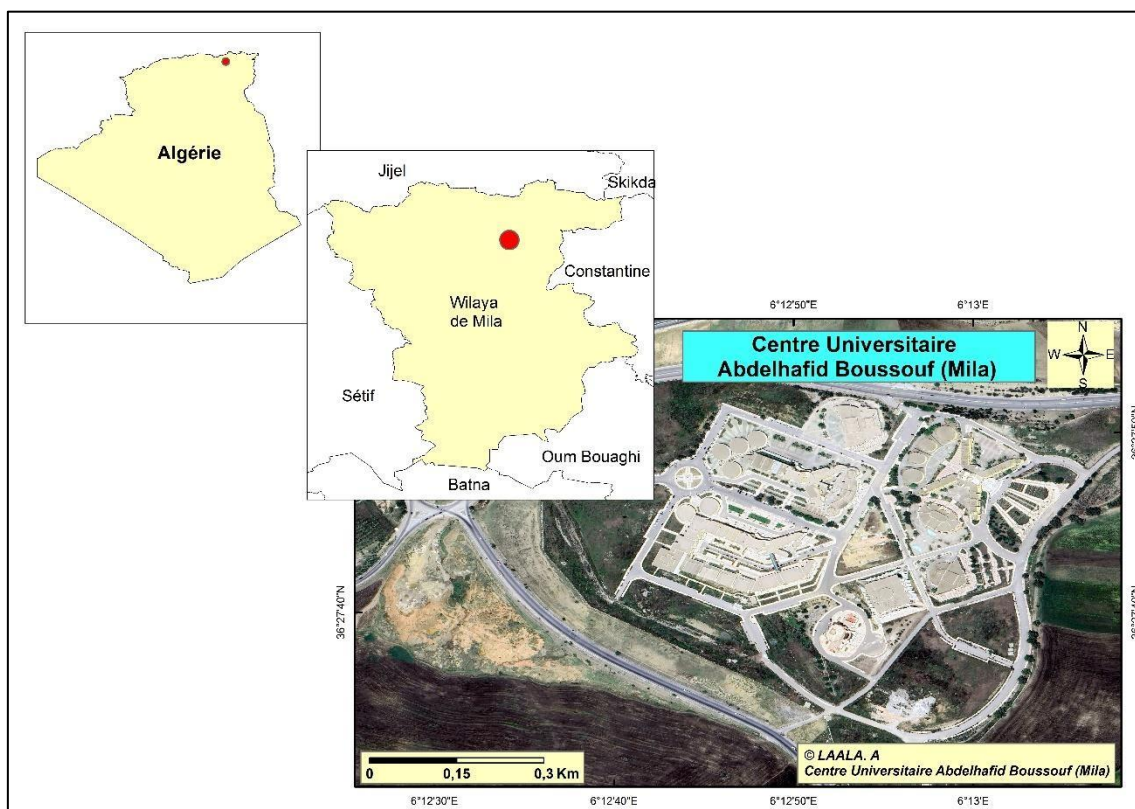


Fig.14. Localisation géographique de la zone d'étude

Le campus, qui s'étend sur une superficie de 36 hectares, regroupe un ensemble d'installations universitaires et de bâtiments administratifs, ainsi que des espaces verts.

1.2. Structure et population du Campus Universitaire

Le Centre Universitaire de Mila est un établissement public à caractère scientifique et culturel, jouissant d'une autonomie morale et financière. Il a pour objectif de fournir une formation scientifique de qualité aux étudiants dans divers domaines. Il a été créé par le décret exécutif n° 08-204 du 6 Rajab 1429 (correspondant au 9 juillet 2008).

Le centre universitaire a ouvert ses portes au début de l'année universitaire 2008-2009 à plus de 1000 étudiants, devenant ainsi le premier établissement universitaire à lancer le secteur de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique dans la wilaya.

Le Centre Universitaire de Mila propose une large gamme de formations dans les trois cycles : Licence, Master, et Doctorat, et ce dans divers domaines scientifiques et technologiques. Les formations sont réparties sur six instituts :

1. **Institut des Sciences et Technologies (ST)** : comprenant trois départements : Génie civil et irrigation, Génie mécanique et électromécanique, Génie des procédés.
2. **Institut de Mathématiques et Informatique (MI)** : comprenant deux départements : Mathématiques et Informatique.
3. **Sciences de la Nature et de la Vie (SNV)** : comprenant quatre départements : Sciences de la Terre et de l'Univers, Biotechnologie, Sciences biologiques et agricoles, Ecologie et Environnement.
4. **Institut des Sciences économiques, commerciales et de gestion (SE)** : comprenant quatre départements : Sciences économiques, Gestion, Finance et comptabilité, Sciences commerciales.
5. **Institut des Lettres et Langues** : comprenant deux départements : Langue arabe et Langues étrangères.
6. **Institut de Droit** : comprenant le département du Droit.

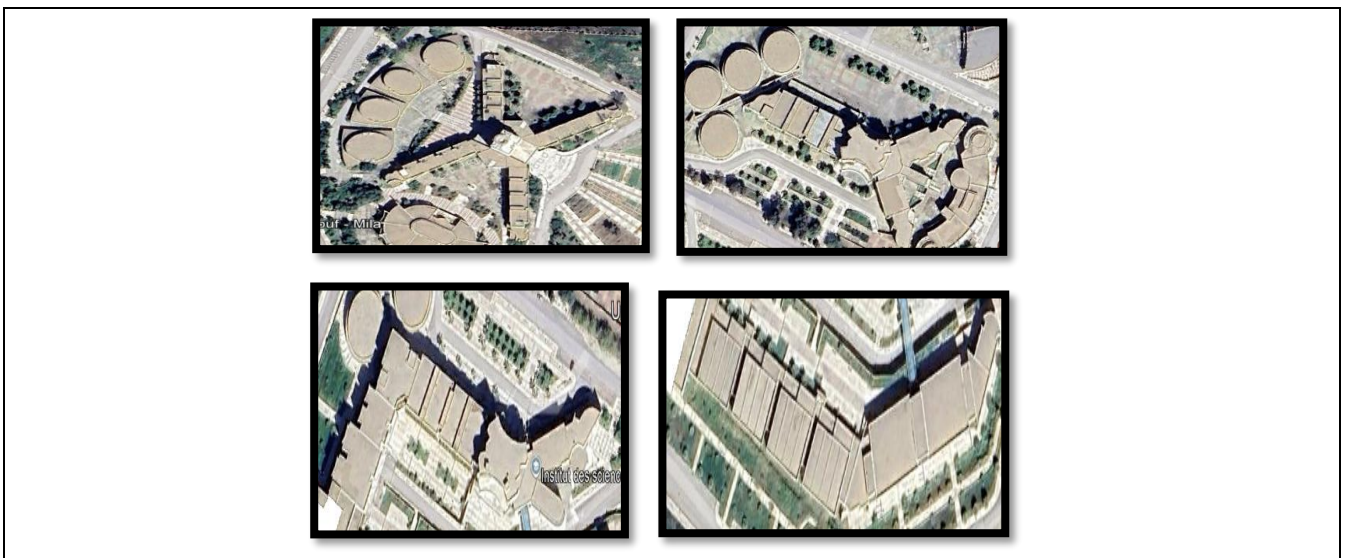


Photo.4. Instituts et installations académiques du Campus Universitaire Abdelhafid Boussouf

Pour organiser et soutenir la recherche scientifique, l'Université de Mila dispose de sept laboratoires de recherche :

1. Laboratoire des sciences naturelles et des matériaux (LSNM).
2. Laboratoire des mathématiques et de leurs interactions (LMI).
3. Laboratoire d'informatique et d'intelligence artificielle (LIIA).
4. Laboratoire des études des stratégies de diversification économique pour un développement durable (LESDDDED).
5. Laboratoire des études littéraires et critiques (LELC).
6. Laboratoire de linguistique appliquée entre la science et la littérature (LLASL).
7. Laboratoire de génie et technologies environnementales (LGTE).

Le Campus Universitaire Abdelhafid Boussouf est un pôle académique dynamique, abritant une population diversifiée composée principalement d'étudiants, d'enseignants et de personnels administratifs et techniques.

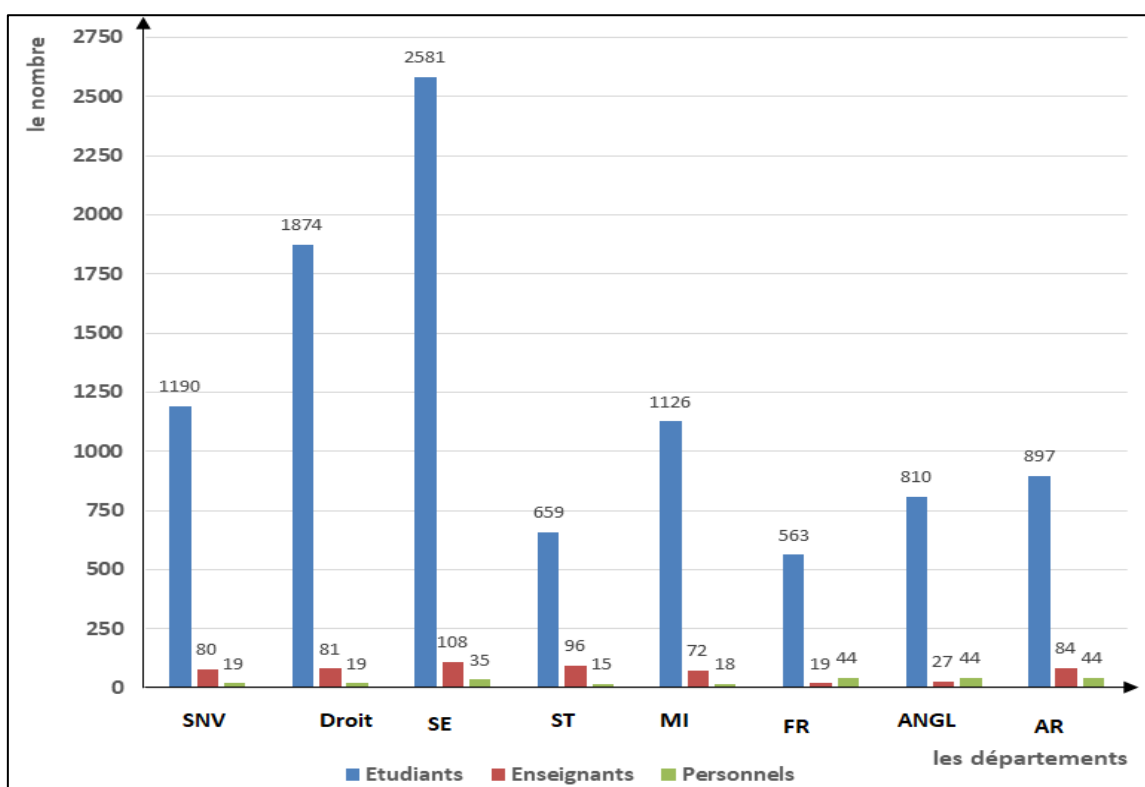


Fig.15. Effectifs des enseignants, étudiants et personnels du Centre Universitaire de Mila

Le campus accueille un total de 10417 personnes, dont 9700 étudiants, 567 enseignants et 150 membres du personnel administratif et technique. L'institut des Sciences économiques est le plus peuplé avec 2581 étudiants (26,6 %) et 108 enseignants (19,05 %). L'institut SNV accueille 1190 étudiants (12,28 %) pour 80 enseignants (14,11 %) et 19 personnels (12,67 %). L'institut des

Sciences et technologies se distingue par un nombre important d'enseignants (96, soit 16,93 %) malgré un effectif étudiant plus modeste (659), soit 6,80 %.

Chapitre 3

Matériels et Méthodes

1. Matériels et Méthodes

1.1. Matériels

Pour réaliser ce travail, nous avons utilisé le matériel suivant :

1.1.1. Application de saisie du bruit (Noise Capture)

Noise Capture est une application Android gratuite et open-source, développée dans le cadre du projet européen ENVIROFI puis soutenue par le CNRS et l'Université Gustave Eiffel (France). Elle permet de mesurer la pollution sonore en convertissant les vibrations acoustiques en valeurs numériques exprimées en décibels (dB). Chaque enregistrement est automatiquement géolocalisé grâce au système GPS, ce qui permet de cartographier précisément les niveaux de bruit dans l'espace.

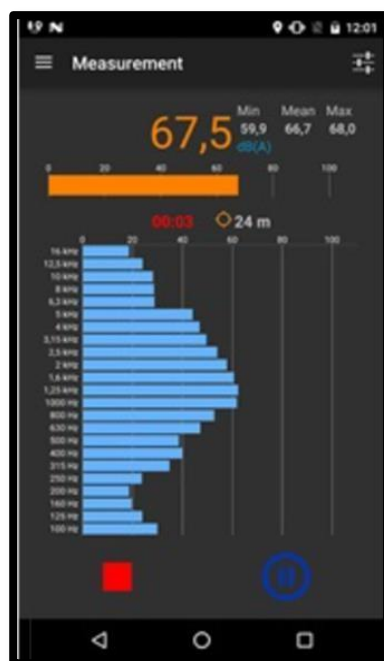


Photo.5. Interface de l'application « NOISE CAPTURE »

1.1.2. Ressources humaines mobilisées

La réalisation de cette étude a nécessité la participation active d'une équipe composée de dix collègues volontaires, qui ont été impliqués dans la collecte des données acoustiques dans le campus universitaire.



Photo.6. Ressources humaines mobilisées pour la collecte des données

Chaque membre de l'équipe a installé l'application Noise Capture sur son propre téléphone portable et a contribué, selon un protocole prédéfini, à l'enregistrement des niveaux sonores dans les différents points de mesure répartis sur le Campus Universitaire. Cette collaboration a permis d'optimiser la couverture spatiale et temporelle des mesures, tout en assurant une meilleure représentativité des données collectées.

1.1.3. Le logiciel ArcGis

ArcGIS 10.1 est un Système d'Information Géographique (SIG) développé par la société Esri, permettant la gestion, l'analyse et la visualisation de données spatiales. Cette version offre une large gamme d'outils pour la création de cartes, le traitement spatial et l'analyse thématique.

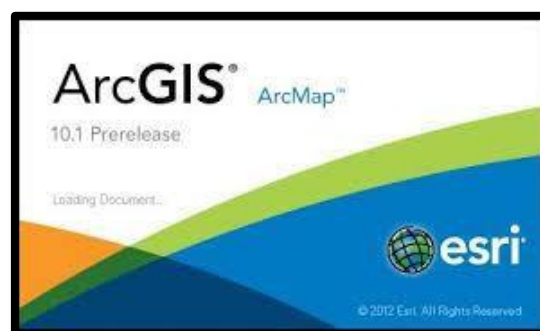


Fig.16. Logiciel SIG « ArcGis, Version10.1)

1.1.4. Plateforme numérique « Google Forms »

Google Forms est une plateforme en ligne gratuite, développée par Google, permettant de créer des formulaires personnalisés pour la collecte de données. Elle offre une interface simple et intuitive pour élaborer des questionnaires avec des questions ouvertes ou fermées, des menus déroulants, des cases à cocher, etc.

Les formulaires peuvent être facilement diffusés via un lien ou par courrier électronique, et les réponses sont automatiquement enregistrées et organisées dans des feuilles de calcul, facilitant ainsi le traitement statistique et l'analyse des résultats. Grâce à sa facilité d'accès, son ergonomie et ses fonctionnalités de synthèse automatique, cette plateforme constitue un outil efficace pour les enquêtes à grande échelle, notamment dans le cadre de recherches académiques.

1.2. Méthodologie

Cette étude a adopté une approche méthodologique à la fois descriptive et analytique, alliant des mesures quantitatives collectées sur le terrain avec des données qualitatives issues des perceptions et opinions des étudiants, enseignants et personnels du Campus Universitaire de Mila. Cette combinaison a permis une analyse approfondie, reliant les mesures objectives du bruit aux expériences vécues, offrant ainsi une vision globale du phénomène de pollution sonore et de ses effets sur la communauté universitaire.

1.2.1. Mesurage acoustique

Le niveau sonore a été mesuré à l'aide de l'application Noise Capture, avec un arrêt de 5 minutes par point de mesure. Le téléphone portable, équipé de cette application, a été placé à une hauteur de 1,5 mètre et à une distance d'au moins 2 mètres de toute source sonore directe. Aucune conversation n'était permise pendant les mesures, afin d'éviter toute perturbation susceptible d'affecter la précision des enregistrements.

Le Campus Universitaire de Mila a été couvert grâce à un dispositif de 10 campagnes de mesure, réparties sur une période de cinq mois, de Décembre à Avril. Ces campagnes ont été menées de manière à respecter une fréquence de deux campagnes par mois, réalisées durant la 1^{ère} et la 3^{ème} semaine de chaque mois. Chaque campagne comprenait trois mesures le matin (à 7h30, 9h00 et 11h00) et trois mesures l'après-midi (à 13h00, 15h00 et 17h00).

Un total de 30 points de mesure prédéfinis a été sélectionnés et géolocalisés à l'aide du GPS. Le choix de ces points s'est basé sur les caractéristiques de l'environnement immédiat, afin d'assurer une couverture la plus homogène possible des différents types d'occupation et d'usage de

l'espace sur le campus (le Rectorat, les Instituts, la bibliothèque, les parkings, les espaces verts, les installations académiques, les voies de circulation, etc.).

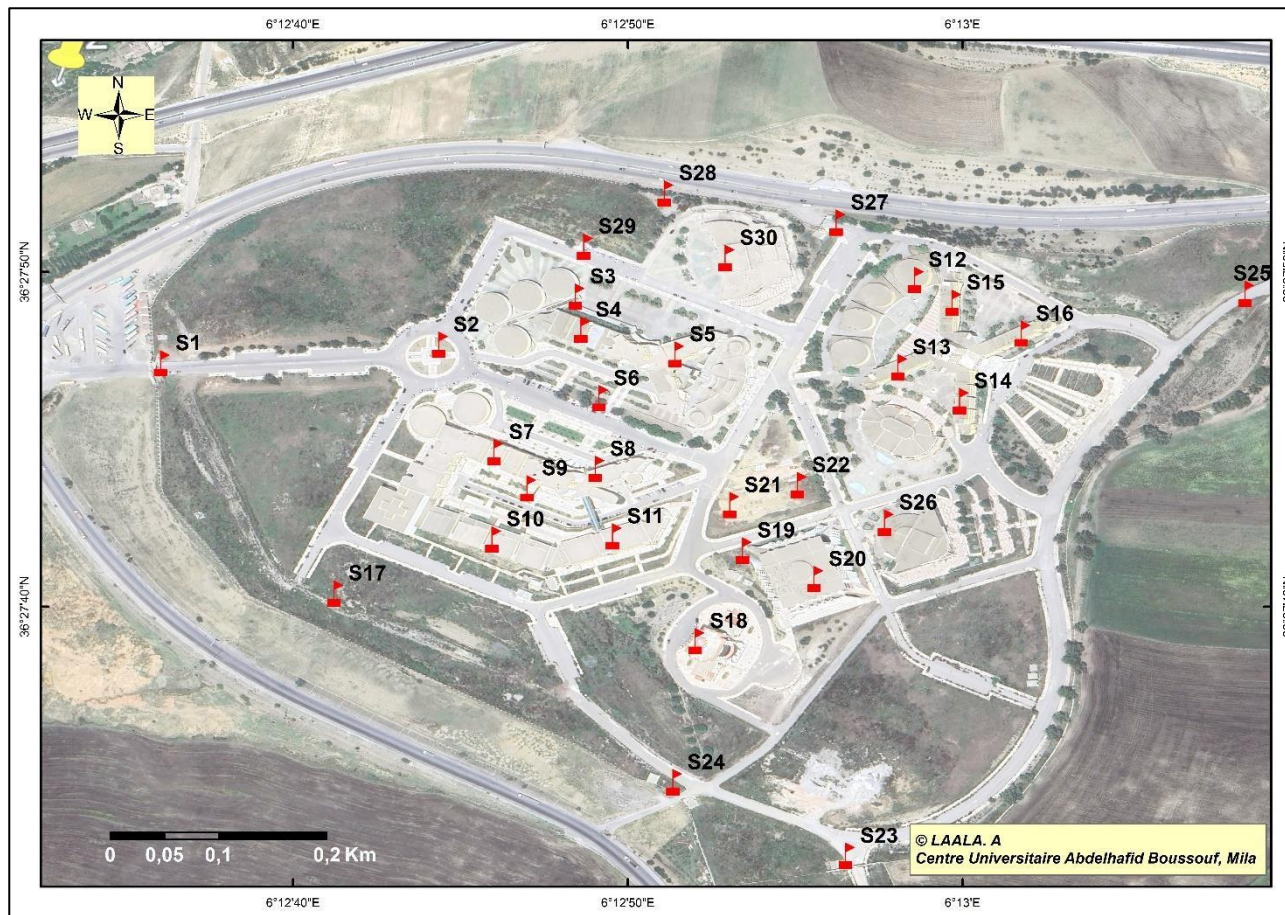


Photo.7. Répartition spatiale des sites de mesure du niveau sonore dans le Campus Universitaire de Mila

1.2.2. Méthodologie de calcul du niveau sonore équivalent (L_{eq})

Dans le cadre de cette étude, l'analyse des niveaux sonores a été réalisée à l'aide du L_{eq} (niveau sonore équivalent), un indicateur couramment utilisé pour résumer l'intensité acoustique sur une période donnée.

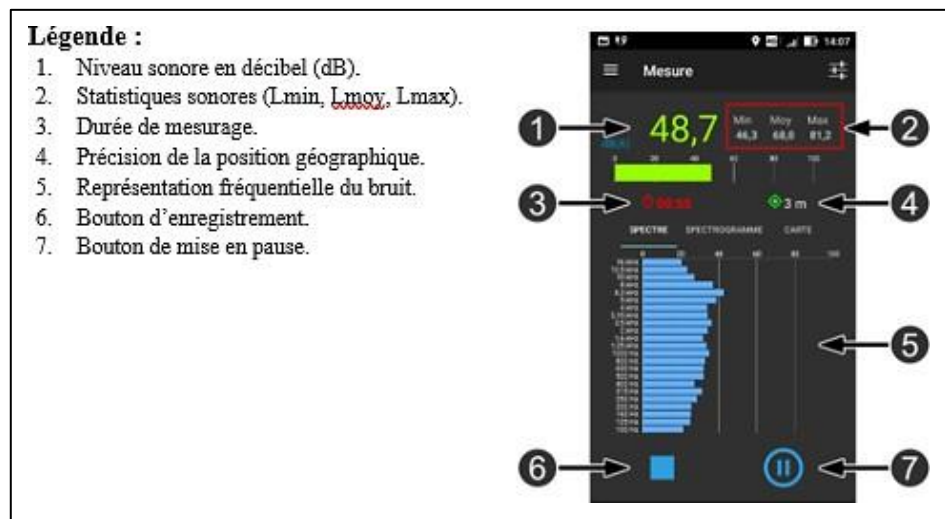


Fig.17. Vue sur le panneau de mesure de l'application

Le **Leq** représente une moyenne énergétique qui tient compte du caractère logarithmique de l'échelle des décibels. Contrairement à une moyenne arithmétique classique, cette approche accorde un poids plus important aux niveaux sonores les plus élevés, ce qui permet une évaluation plus représentative de l'exposition réelle au bruit.

Le **Leq** est calculé à l'aide de cette formule :

$$L_{eq} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$

où :

- L_i = les niveaux sonores mesurés (en dB).
- n = le nombre total de mesures.

Le calcul du **Leq** s'est basé sur une approche progressive : d'abord par jour, en utilisant les mesures relevées à différents créneaux horaires pour observer les variations quotidiennes, puis par mois, en moyennant de façon énergétique les **Leq** journaliers.

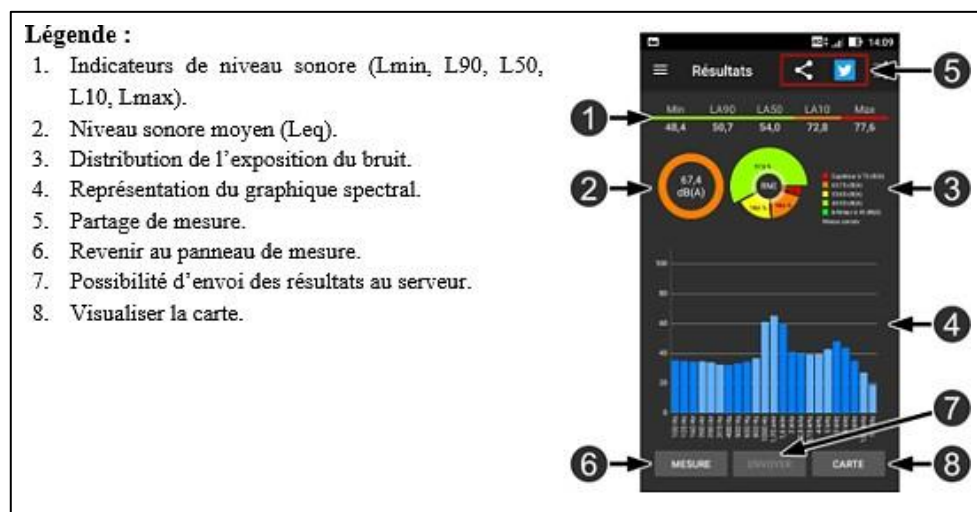


Fig.18. Vue sur le panneau des résultats de l'application

Cette approche permet de caractériser l'intensité de la pollution sonore de manière synthétique et comparative à différentes échelles temporelles, et de distinguer les périodes de forte et de faible exposition. Le recours au Leq facilite ainsi l'interprétation des résultats dans une optique d'aide à la décision et de gestion de l'environnement sonore universitaire.

1.2.3. Interpolation spatiale

Afin de représenter spatialement la distribution des niveaux sonores mesurés dans le campus universitaire de Mila, une interpolation a été réalisée à partir des données collectées sur les 30 sites de mesure.

La méthode d'interpolation utilisée est l'Inverse Distance Weighting (IDW), qui repose sur le principe que les valeurs mesurées à proximité d'un point ont plus d'influence sur la valeur estimée que celles situées plus loin. Cette technique a été appliquée sous le logiciel ArcGis, en prenant en compte les coordonnées géographiques des sites et les valeurs moyennes de bruit enregistrées à différents moments de la journée. L'IDW a permis de générer des cartes continues des niveaux sonores, facilitant l'identification des zones à forte ou faible intensité acoustique.

1.2.4. Enquête de terrain sur la perception de la pollution sonore

Dans le cadre de cette étude, un questionnaire électronique a été élaboré à l'aide de la plateforme Google Forms, afin de recueillir les perceptions et les avis des membres de la communauté universitaire sur la pollution sonore au sein du campus universitaire Abdelhafid Boussouf (Mila). L'enquête a été largement diffusée auprès les étudiants, les enseignants-chercheurs, ainsi que les personnels administratifs et techniques, permettant ainsi de couvrir l'ensemble des profils présents sur le campus.

Le questionnaire comprenait à la fois des questions fermées et ouvertes, portant sur le niveau d'inconfort ressenti, l'identification des zones les plus bruyantes, les effets du bruit sur le bien-être, les études ou l'activité professionnelle, ainsi que des suggestions pour réduire cette nuisance sonore. L'utilisation de la plateforme Google Forms a permis une diffusion rapide et efficace du formulaire, favorisant ainsi la participation d'un large échantillon représentatif de la population universitaire.

Fig.19. Extrait du questionnaire électronique réalisé via Google Forms

Les détails du questionnaire, comprenant l'ensemble des questions fermées et ouvertes ainsi que la structure complète de l'enquête, sont présentés en Annexe 1.

1.2.5. Traitements des données

Les données géographiques ont été intégrées dans le Système d'Information Géographique (SIG), permettant ainsi la production de cartes de répartition ponctuelle du bruit à différents moments de la journée, notamment durant les pics matinaux. Ces cartes illustrent la variabilité de la pollution sonore sur le campus, en offrant une représentation détaillée du bruit à des heures spécifiques. Pour les périodes de pic matinal, des cartes continues ont été créées par interpolation, offrant une analyse plus fluide et continue de la contamination auditive sur l'ensemble du campus.

Par ailleurs, l'analyse des données collectées via le questionnaire a été réalisée à l'aide de différentes méthodes statistiques sous Excel, notamment le calcul des fréquences, des pourcentages et des moyennes. Ces analyses ont permis de synthétiser les réponses obtenues et de produire des illustrations graphiques facilitant la présentation des résultats.

Chapitre 4

Résultats et discussion

1. Résultats et discussion

1.1. Analyse des résultats des mesures acoustiques

1.1.1. Profil acoustique journalier en Décembre

La figure 20 illustre la variation journalière du niveau sonore moyen enregistré durant le mois de décembre dans 30 stations réparties sur le campus universitaire. De manière générale, les niveaux sonores observés sont élevés, oscillant entre 53 et 136 dB, ce qui dépasse pour la majorité des stations les seuils recommandés par l'OMS (environ 55 dB le jour). Cela témoigne d'une pollution sonore significative au sein du campus.

Une stabilité relative est observée entre les différentes journées de la semaine (dimanche à jeudi), traduisant un rythme d'activité assez constant. Cependant, certaines anomalies méritent une attention particulière. Une baisse marquée du niveau sonore est observée autour de la station S9 (Espace vert), pouvant s'expliquer par une place de faible activité. À l'inverse, une pointe exceptionnelle est enregistrée le mardi à la station S26, atteignant près de 140 dB. Cette valeur, anormalement élevée, suggère un événement sportif réalisé au niveau du Terrain de stade localisé dans la partie Sud-Est du Campus universitaire.

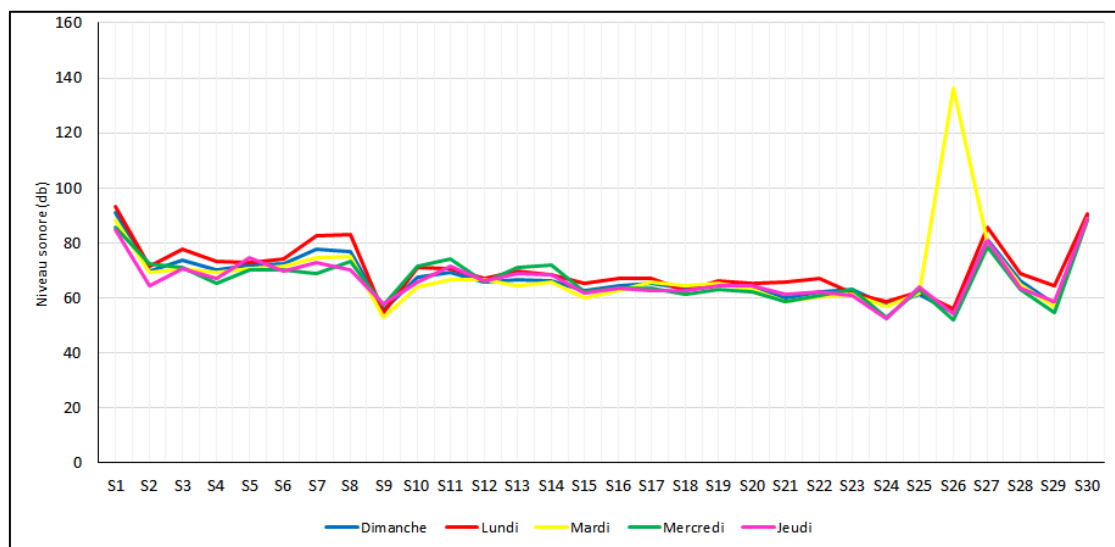


Fig.20. Variation journalière du niveau sonore moyen mesuré en mois de Décembre dans 30 stations du campus universitaire de Mila

1.1.2. Variation mensuelle du niveau sonore

La figure 21 présente la variation mensuelle du niveau sonore moyen (LA50) enregistré dans 30 sites réparties sur le campus universitaire de Mila, de Décembre à Avril. On peut remarquer une faible variation mensuelles du niveau sonore moyen pour la majorité des stations. Toutefois, une

élévation notable des niveaux sonores est observée en Avril dans l'ensemble des sites, ce qui pourrait s'expliquer par une intensification de l'activité des étudiantes et leurs rassemblements en fin du semestre. À l'inverse, des sites moins fréquentés tels que S9, S24, S29 montrent des niveaux sonores plus faibles, suggérant des zones plus calmes.

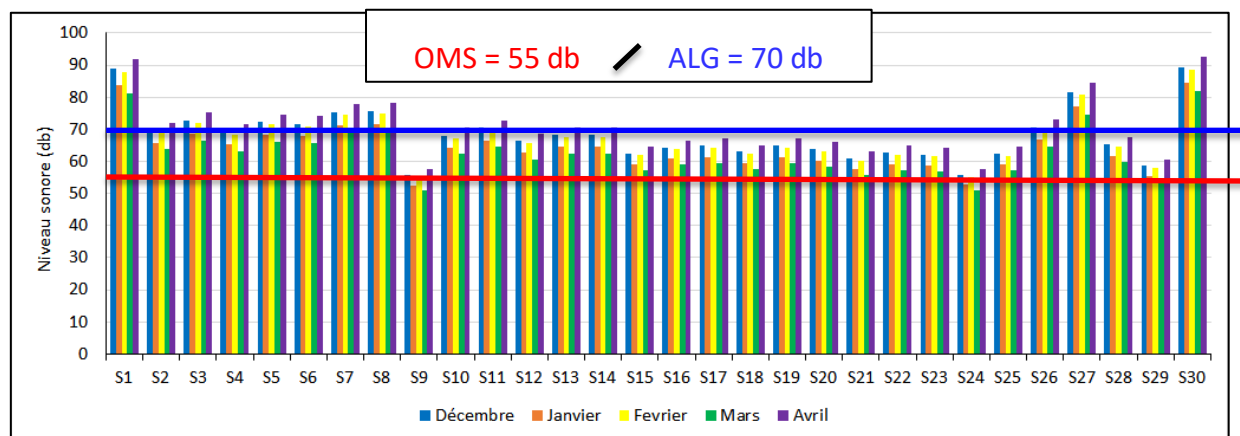


Fig.21. Variation mensuelle du niveau sonore moyen mesuré dans 30 stations du campus universitaire de Mila

Les niveaux sonores dépassent systématiquement le seuil recommandé par l'Organisation mondiale de la Santé (55 dB) pour 27 sites d'étude. Concernant le seuil réglementaire national (70 dB), il a été dépassé pour 10 stations pour le mois de Décembre, 5 stations pour le mois de Janvier, 8 stations pour le mois de Février, 3 stations pour le mois de Mars et 15 stations pour le mois d'Avril, indiquant des zones de nuisances sonores importantes où le bruit peut être attribué à une forte activité humaine ou au trafic routier.

1.1.3. Variation journalière du niveau sonore

Cette section présente des heatmaps illustrant la variation des niveaux sonores journaliers sur les sites du campus universitaire, du Dimanche au Jeudi. Chaque carte reflète l'intensité du bruit mesuré, pour les 30 sites, à différentes heures de la journée. L'intensité des couleurs sur les cartes correspond à l'intensité du niveau sonore, permettant de visualiser les périodes de forte exposition au bruit ainsi que les fluctuations selon les jours de la semaine. Ces cartes offrent une compréhension détaillée de la distribution temporelle et spatiale du bruit sur le campus, mettant en évidence les moments et les zones les plus affectées par les niveaux sonores élevés.

- **Variation journalière du niveau sonore durant le mois de Décembre**

Les heatmaps illustrés dans la figure ci-dessous révèlent clairement une variabilité acoustique significative au cours de la semaine et de la journée. Elles confirment que certains sites comme S1 (Entrée principale de l'université) et S30 (Le foyer centrale) sont des points chauds

persistants, subissant des niveaux de bruit élevés dépassant les seuils (OMS et national) quelle que soit l'heure de la journée. Inversement, d'autres sites montrent une plus grande fluctuation, passant du calme à des niveaux modérés selon les heures.

Tout au long de la semaine, on observe également une intensification des niveaux sonores pour la majorité des stations, particulièrement pendant les heures d'activités académiques et les pics de fréquentation.

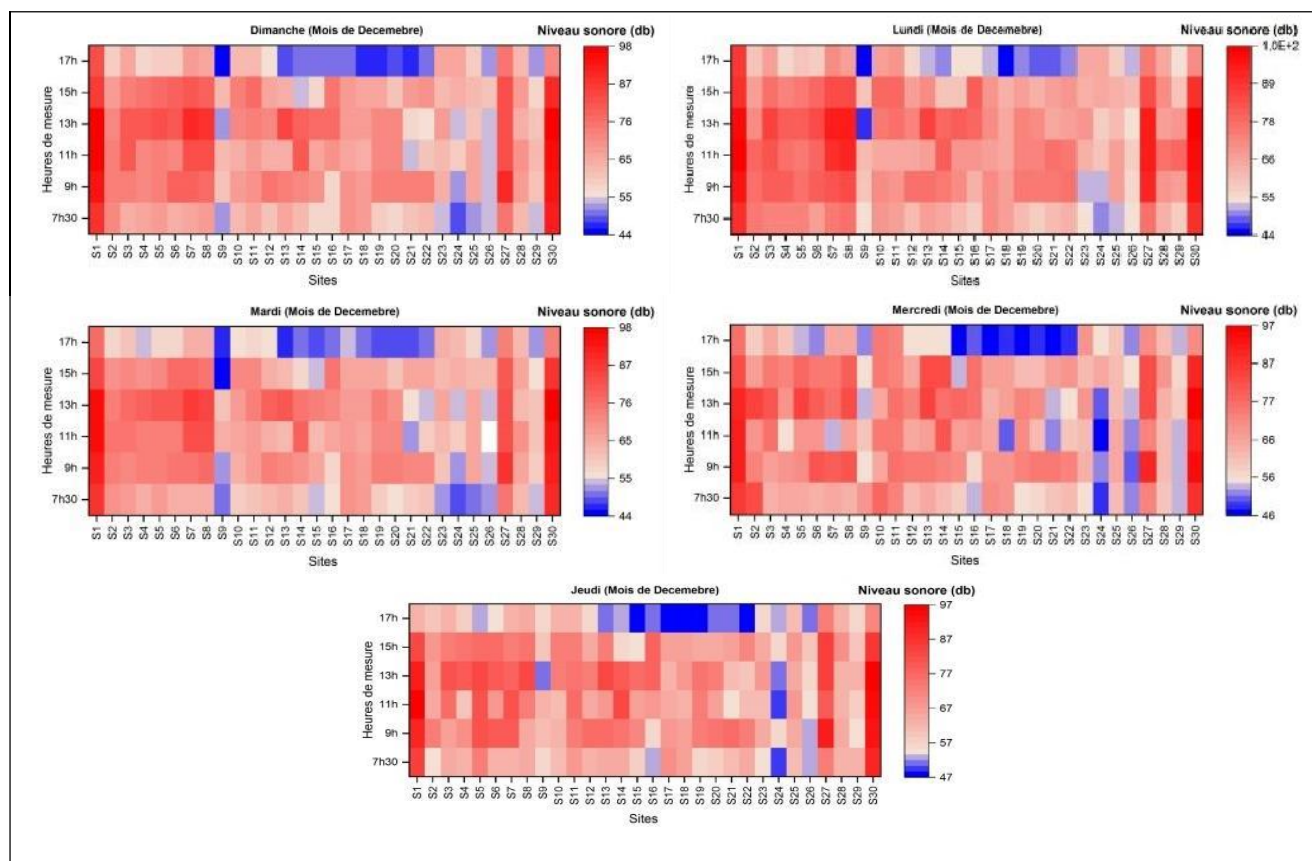


Fig.22. Heatmap des niveaux sonores journalier du mois de Décembre par site et heure de mesure

- **Variation journalière du niveau sonore durant le mois de Janvier**

Dans le contexte des observations pour le mois de janvier, les niveaux sonores maximaux atteignaient déjà des valeurs très élevées 120 dB. Les heatmaps révèlent une augmentation significative des niveaux sonores, particulièrement concentrée pendant les heures d'activités universitaires, traduisant l'impact du trafic entrant et sortant ainsi que des activités pédagogiques et administratives. La persistance de points chauds sur certains sites spécifiques à travers les jours de la semaine (notamment S1 et S30) corrobore l'idée que ces emplacements sont constamment soumis à des sources de bruit intenses.

Les niveaux sonores les plus élevés sont généralement observés entre 11h00 et 15h00, avec des pics marqués les lundis et mardis. Le site S1 reste le plus bruyant, atteignant 98 dB, notamment en milieu de journée, ce qui en fait une zone critique nécessitant une attention particulière. À l'inverse, le site S29 enregistre les niveaux sonores les plus bas, souvent inférieurs à 50 dB, surtout pendant les périodes de matin (7h30) et de soir (17h00), offrant ainsi un environnement acoustique plus sain et conforme aux recommandations de l'OMS.

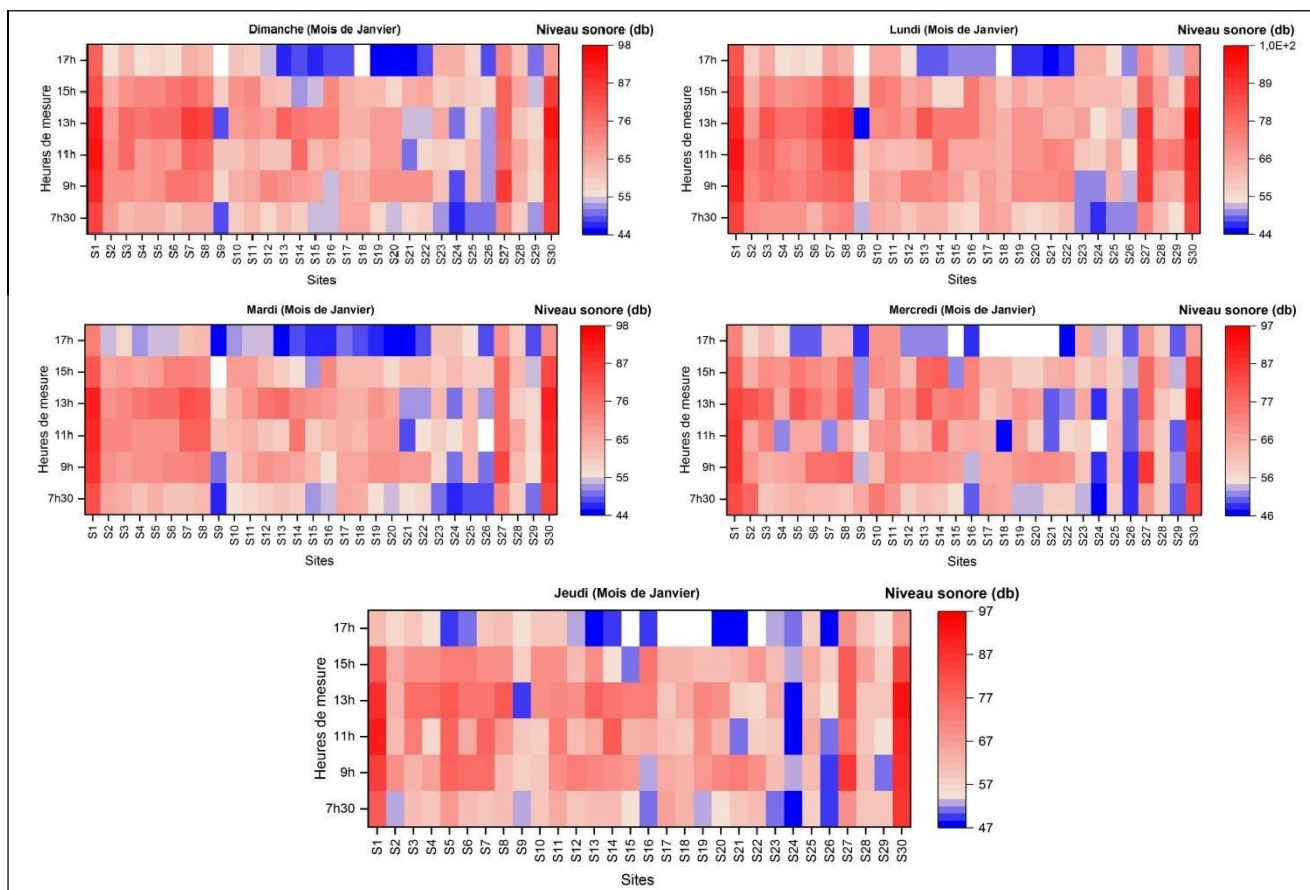


Fig.23. Heatmap des niveaux sonores journalier du mois de Janvier par site et heure de mesure

- **Variation journalière du niveau sonore durant le mois de Février**

Pour le mois de Février, les niveaux sonores augmentent significativement, avec une multiplication des zones rouges et oranges (jusqu'à plus 90 dB), particulièrement durant les heures de pointe de l'activité universitaire. Cette recrudescence des bruits est attribuable à l'intensification du trafic et des activités pédagogiques. Ces heatmaps illustrent comment les routines du campus et son environnement externe contribuent de manière systématique aux niveaux sonores maximaux observés tout au long du mois de Février.

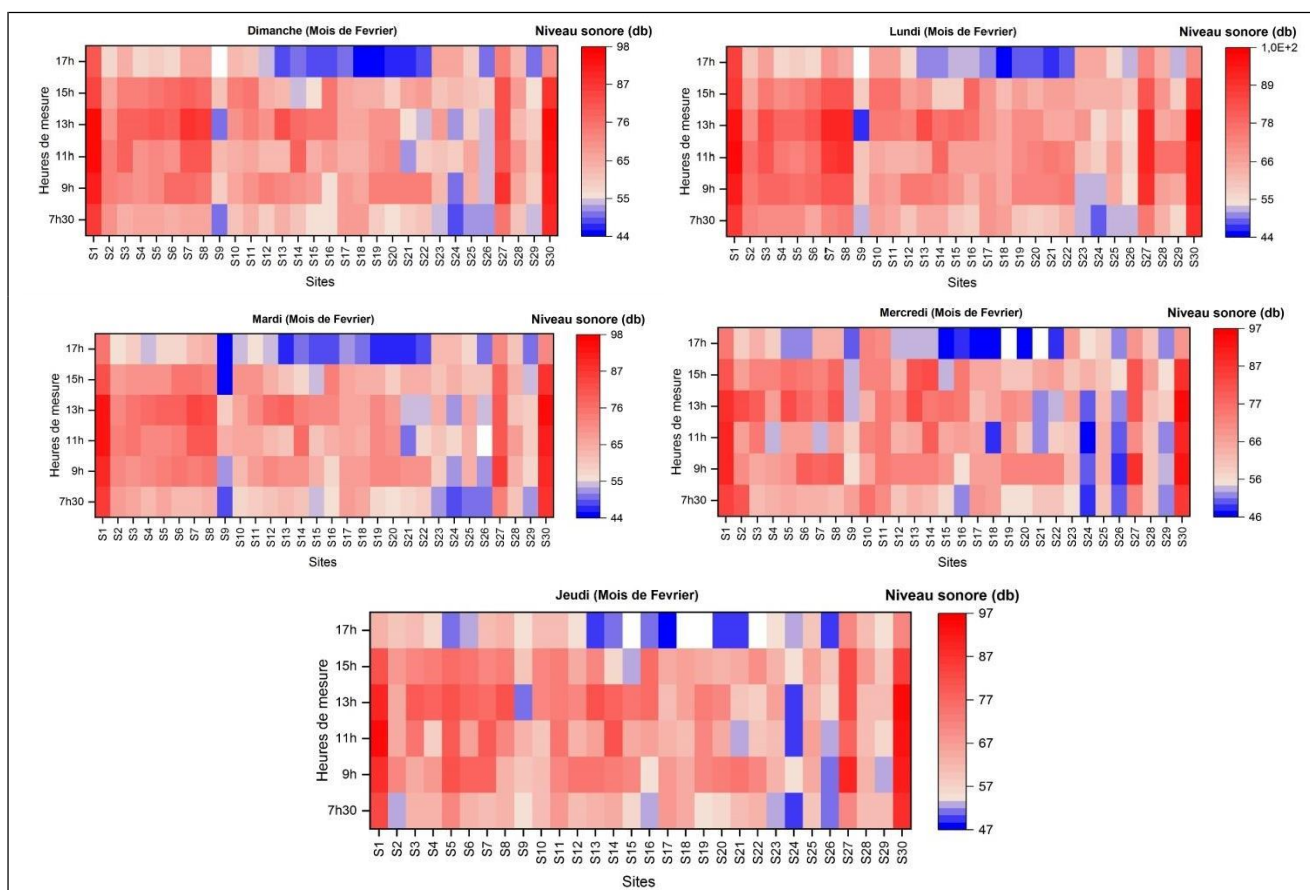


Fig.24. Heatmap des niveaux sonores journalier du mois de Février par site et heure de mesure

- **Variation journalière du niveau sonore durant le mois de Mars**

Les graphiques ci-dessous mettent en évidence une variabilité sonore selon la journée et l'heure de mesures. On peut remarquer une légère diminution de la catégorie maximale de bruit observée dans la carte mensuelle de Mars, ce qui nous indique que les événements sonores les plus extrêmes et ponctuels pourraient avoir été moins fréquents ou moins intenses ce mois-là.

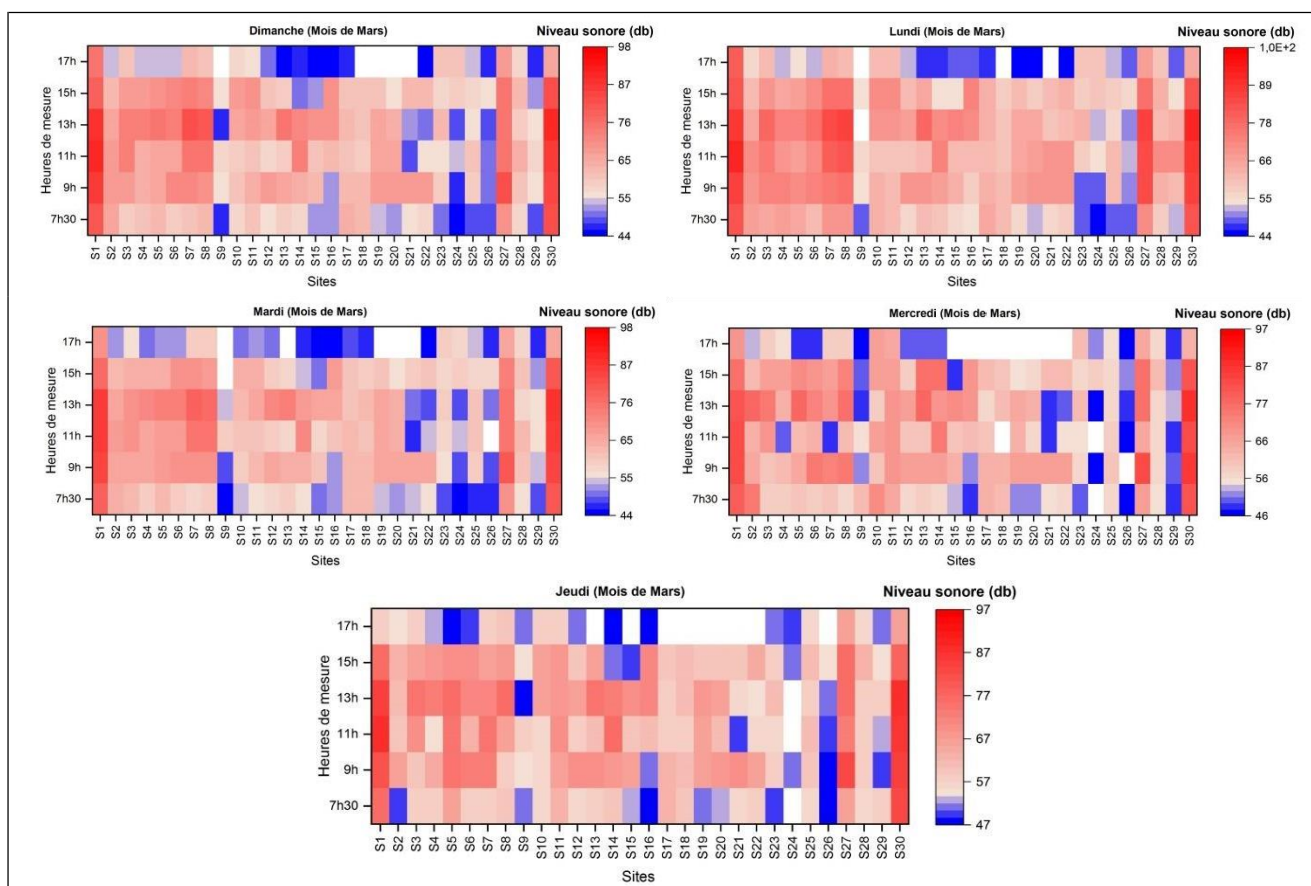


Fig.25. Heatmap des niveaux sonores journalier du mois de Mars par site et heure de mesure

- **Variation journalière du niveau sonore durant le mois d’Avril**

Les heatmaps révèlent une activité sonore intense et généralisée, atteignant plus de 90 dB) durant les heures académiques, confirmant l’impact des activités quotidiennes du campus et du trafic. La persistance de points chauds très bruyants (comme S1 et S30) à travers tous les jours de semaine souligne leur contribution constante aux niveaux élevés. Cette période coïncide avec la préparation des examens.

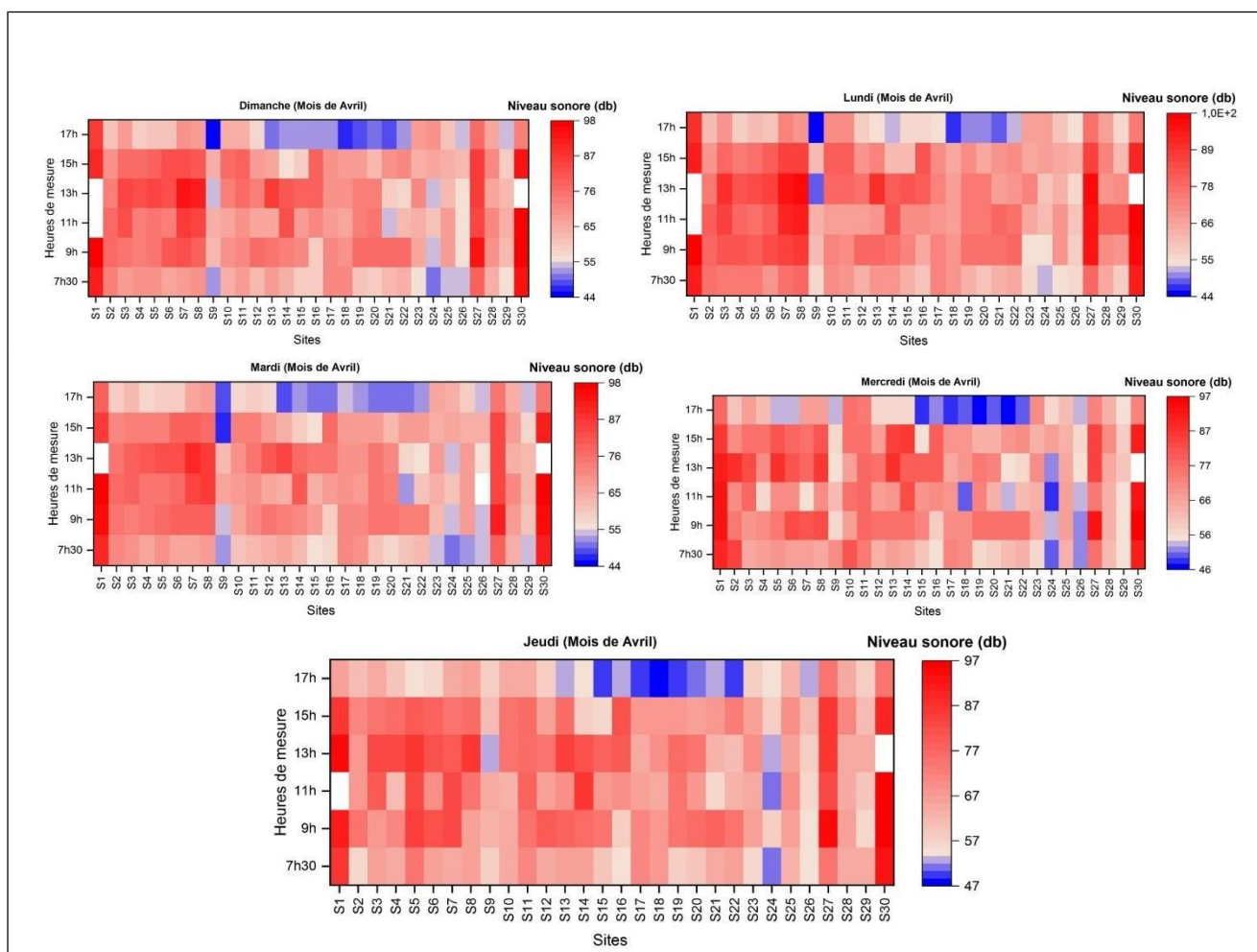


Fig.26. Heatmap des niveaux sonores journalier du mois d'Avril de par site et heure de mesure

1.1.4. Variabilité spatio-temporelle des niveaux sonores maximaux mensuels

Cette section présente l'analyse spatio-temporelle des niveaux sonores maximaux mensuels sur le campus universitaire, basée sur les mesures collectées de Décembre à Avril. L'utilisation de cercles proportionnels permet de visualiser l'intensité du bruit de manière claire, en associant la taille des cercles à l'amplitude des niveaux sonores.

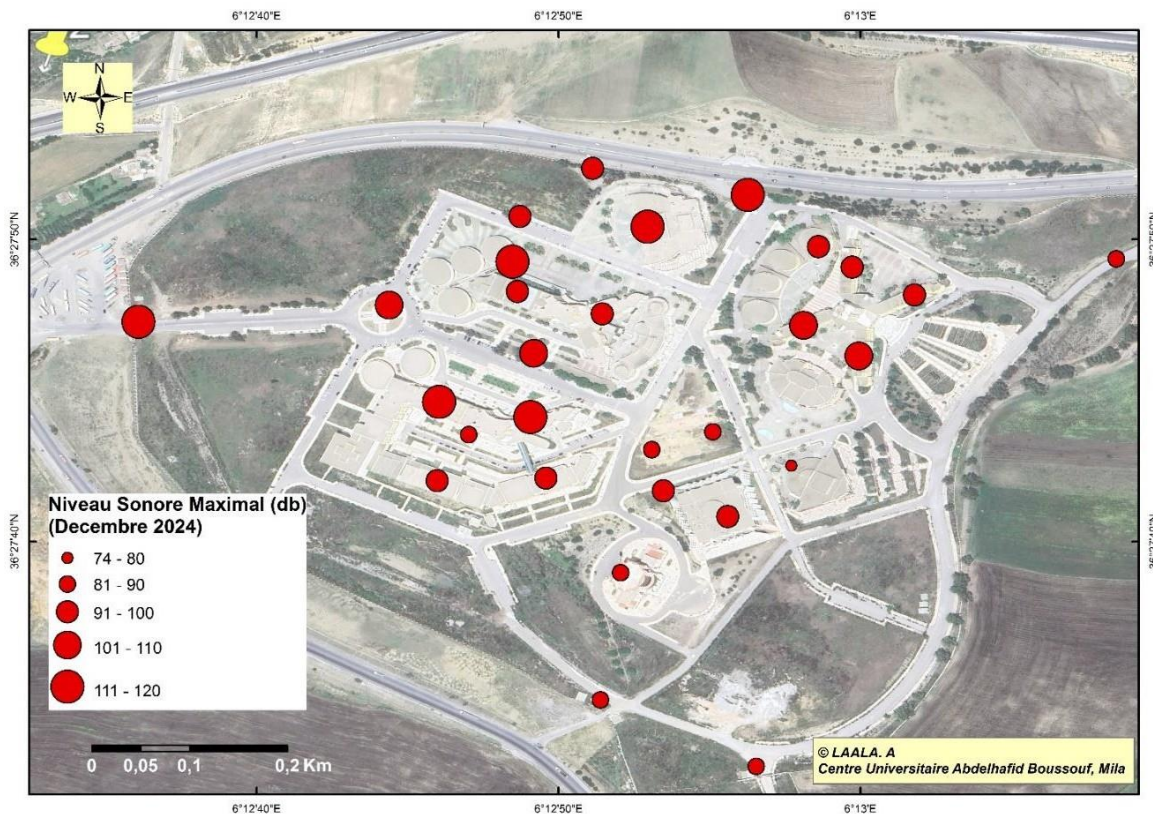


Fig.27. Niveau sonore maximal mesuré en Décembre pour les 30 sites du campus universitaire

L'analyse de la figure 27 et 28 révèle une hétérogénéité marquée des niveaux sonores à travers le site pour les deux mois (Décembre et Janvier). Plusieurs sites, notamment situés à proximité des entrées principales, affichent des niveaux élevés dépassant le 100 dB, ce qui est alarmant du point de vue de la santé publique.

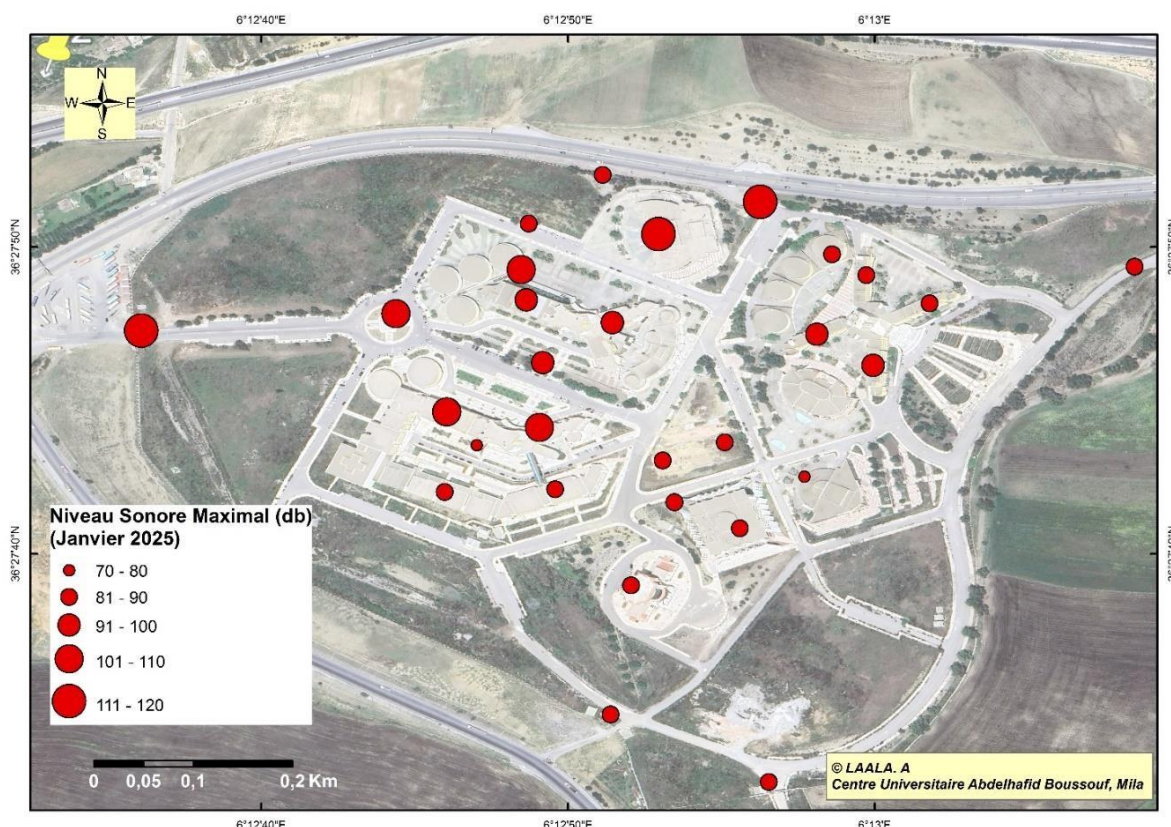


Fig.28. Niveau sonore maximal mesuré en Janvier pour les 30 sites du campus universitaire

On remarque également que les stations S1, S3, S7 et S8 qui se localisent près du département de SNV, Science économique et des lettres affichent des niveaux sonores très élevés dépassant le seuil de l'OMS. Il convient de souligner que les niveaux sonores dépassant les 55 dB sont considérés comme nocifs en cas d'exposition prolongée, ce qui met en évidence un risque réel pour la population universitaire (les étudiants, les enseignants et les personnels administratifs).

Certaines zones internes du campus montrent des niveaux relativement modérés (entre 70 et 80 dB), ce qui pourrait être lié à une plus faible densité de circulation ou à une meilleure végétalisation servant de barrière acoustique.

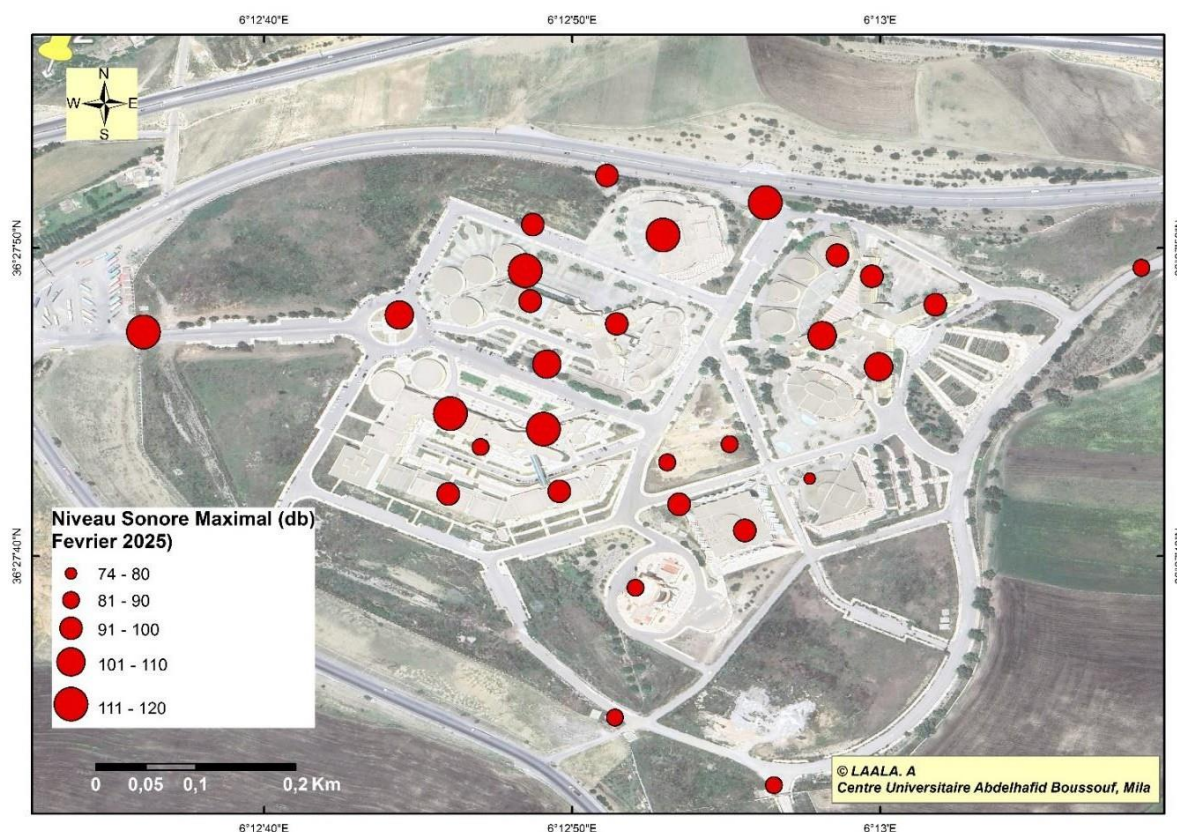


Fig.29. Niveau sonore maximal mesuré en Février pour les 30 sites du campus universitaire

En mois de Février, la figure 29 confirme, de manière préoccupante, la persistance d'une hétérogénéité spatiale marquée et la présence de points chauds de pollution sonore déjà observés en janvier. Les niveaux les plus élevés demeurent concentrés près des entrées et dans certaines zones stratégiques internes du campus, indiquant des sources de bruit dominantes stables et récurrentes, très probablement liées au trafic routier intense et aux activités constantes au sein de l'établissement. Cette constance des niveaux sonores critiques d'un mois à l'autre souligne l'existence d'un problème structurel de pollution sonore, exigeant des mesures d'atténuation durables et ciblées pour protéger la santé auditive et le bien-être de la communauté universitaire, ainsi que pour garantir un environnement propice à la concentration et à l'apprentissage.

Les stations S1, S3, S7 et S8 situées à l'entrée, l'Institut des lettres, l'Institut d'économie et l'Institut SNV affichent des niveaux de bruit très élevés qui dépassent le seuil de l'OMS avec une valeur comprise entre 100 et 120 dB, tandis que les stations S15, S16, situées au niveau du département de MI affichent des valeurs sonores moyennes, allant de 74 à 80 dB, mais dépassant toujours le seuil de l'OMS et le seuil national.

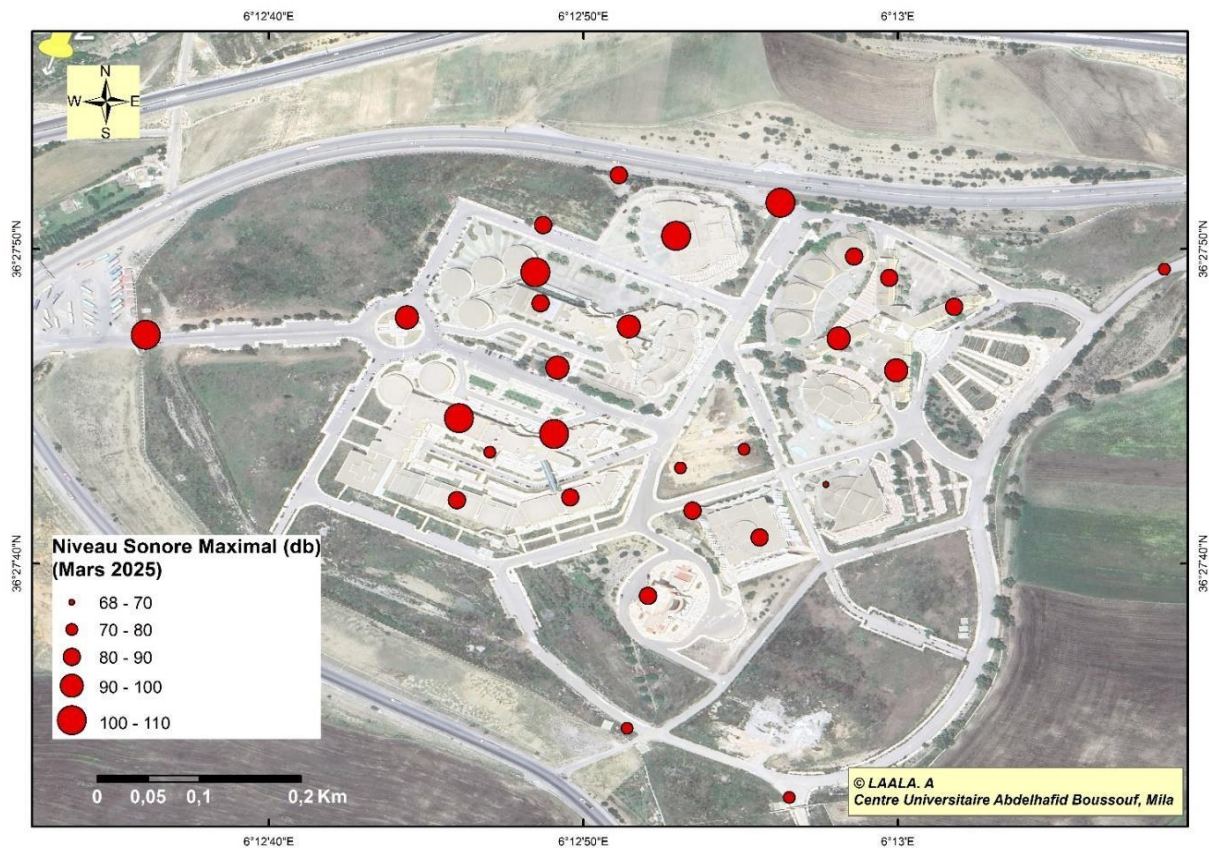


Fig.30. Niveau sonore maximal mesuré en Mars pour les 30 sites du campus universitaire

La figure 30 montre une légère modification par rapport aux mois précédents. La catégorie des niveaux sonores les plus extrêmes (111-120 dB) a disparu, le maximum étant désormais plafonné à 100-110 dB. Cette observation suggère une potentielle légère atténuation des pics sonores les plus intenses comparativement à mois précédents. Ce léger apaisement des niveaux maximaux pourrait être attribué à des fréquentation faibles des étudiants durant le mois de Ramadan.

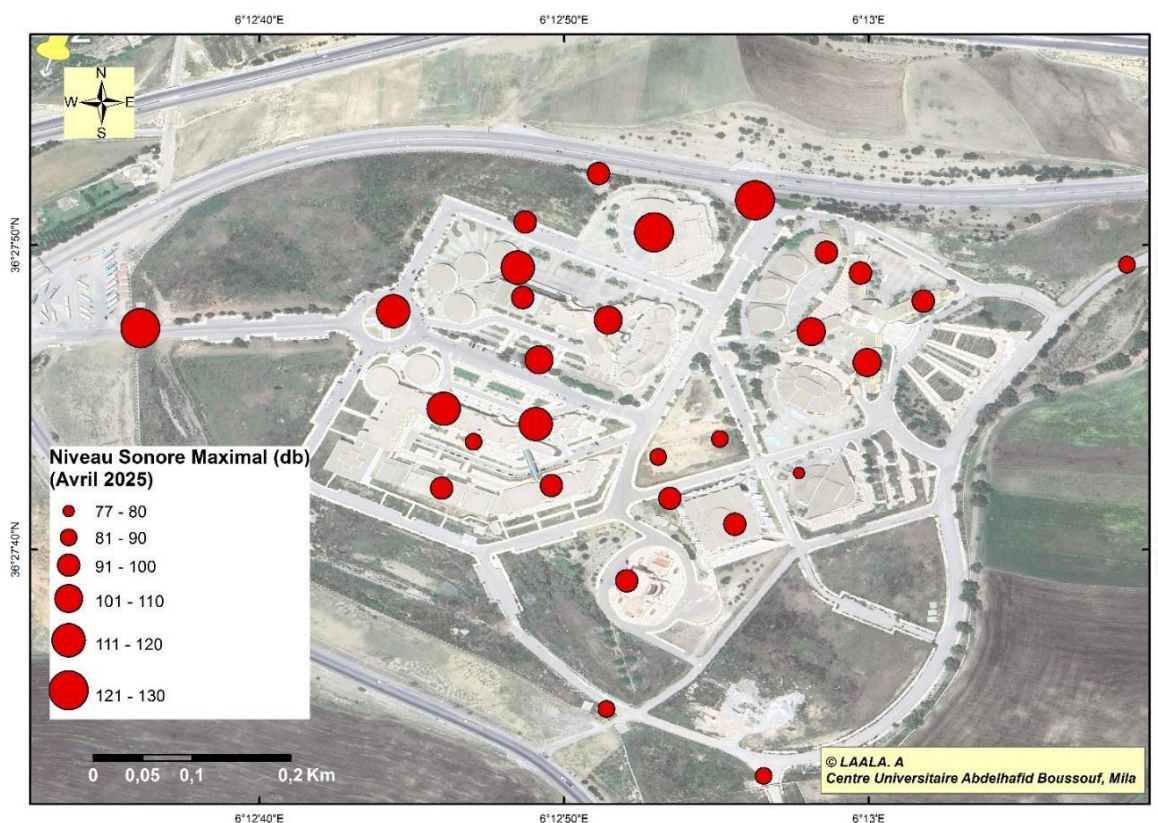


Fig.31 Niveau sonore maximal mesuré en Avril pour les 30 sites du campus universitaire

La figure 31 représentant le Niveau Sonore Maximal (dB) sur le campus universitaire Abdelhafid Boussouf en avril 2025 révèle une aggravation notable et préoccupante de la pollution sonore par rapport aux mois précédents. Non seulement l'hétérogénéité spatiale persiste, avec des points chauds bien définis, mais l'échelle des niveaux sonores a été augmentée pour inclure une nouvelle catégorie de 121-130 dB, indiquant des pics sonores extrêmement intenses et potentiellement très dangereux. La réapparition et même l'amplification de ces niveaux les plus élevés suggèrent un retour, voire une intensification des activités des étudiants à la fin du semestre universitaire. Ces activités sont souvent constatée en période pré-examens, avec un afflux accru d'étudiants, de personnel, et potentiellement des livraisons logistiques, générant des bruits de moteurs, de klaxons et de mouvements. D'autre part, les activités humaines au sein même du campus peuvent s'intensifier : rassemblements d'étudiants pour des révisions en groupe, bruits liés à la préparation des salles d'examen, ou même des travaux de maintenance programmés avant la fin de l'année universitaire.

1.1.5. Interpolation spatiale du niveau sonore maximale cumulé du mois d'avril

La figure ci-dessous représente l'interpolation spatiale du niveau sonore maximal du mois d'Avril, calculé à partir des valeurs maximales enregistrées chaque jour pour les 30 sites de mesure.

Les données ainsi agrégées traduisent les pics sonores les plus élevés observés durant ce mois, fournissant une vision globale des zones les plus exposées à des niveaux de bruit extrêmes.

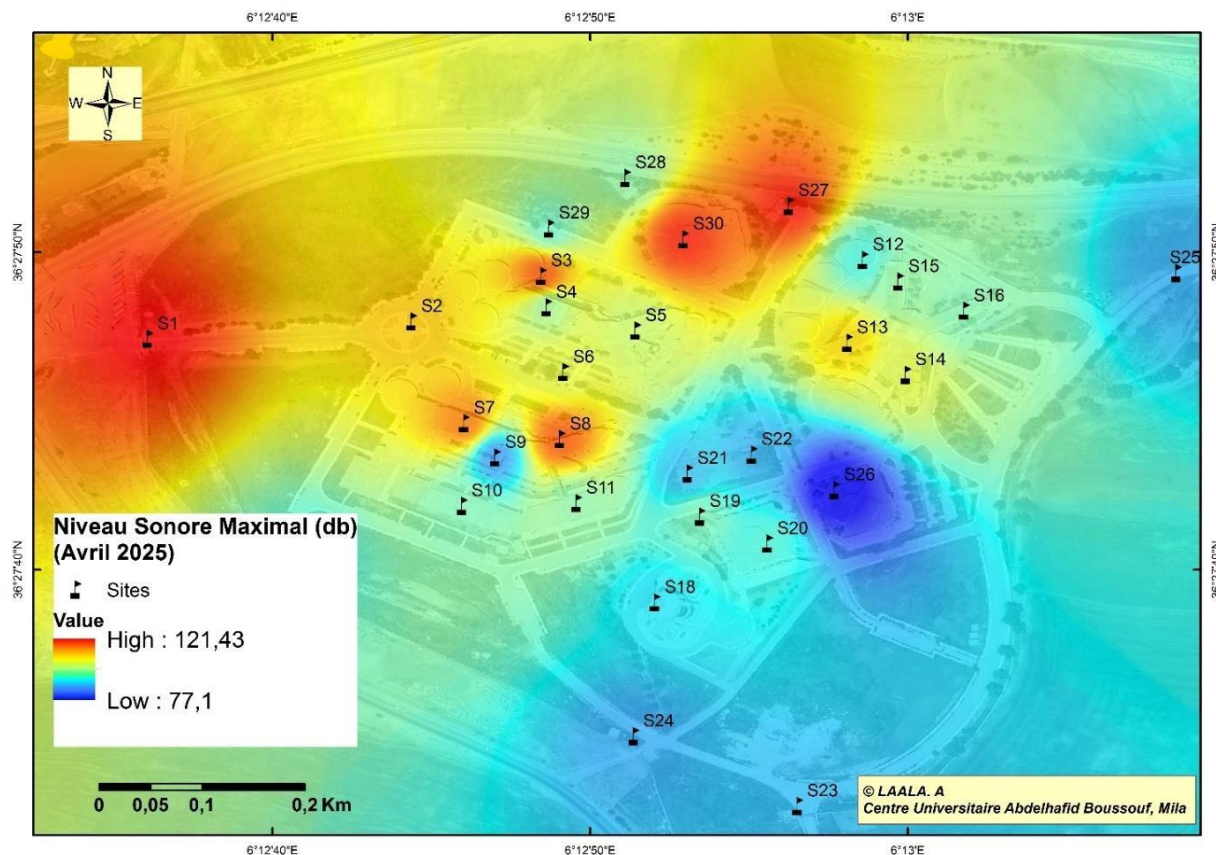


Fig.32. Interpolation spatiale du niveau sonore maximal du mois d'avril

La figure ci-dessus offre une perspective continue de la distribution du bruit, complétant les mesures ponctuelles précédemment analysées. La cartographie révèle des zones de très forte intensité sonore atteignant jusqu'à 121.43 dB et localisé dans l'extrême Nord-Ouest du campus (les deux Entrées universitaires et le foyer centrale). Inversement, les zones en bleu et vert identifient des secteurs relativement calmes, souvent plus éloignés des principales sources de perturbation.

1.1.6. Variation spatio-temporelle du bruit journalier

Le mois d'avril a été retenu pour l'analyse spatiale détaillée du niveau sonore, dans la mesure où il enregistre les valeurs les plus élevées de bruit parmi les mois étudiés (Décembre à Avril). À cette fin, des cartes d'interpolation spatiale ont été générées à partir des mesures relevées à 11h00, correspondant au pic matinal. Ces cartes permettent l'identification des zones les plus exposées au bruit et permet une meilleure compréhension de la variabilité spatiale de l'environnement sonore durant les périodes de forte activité.

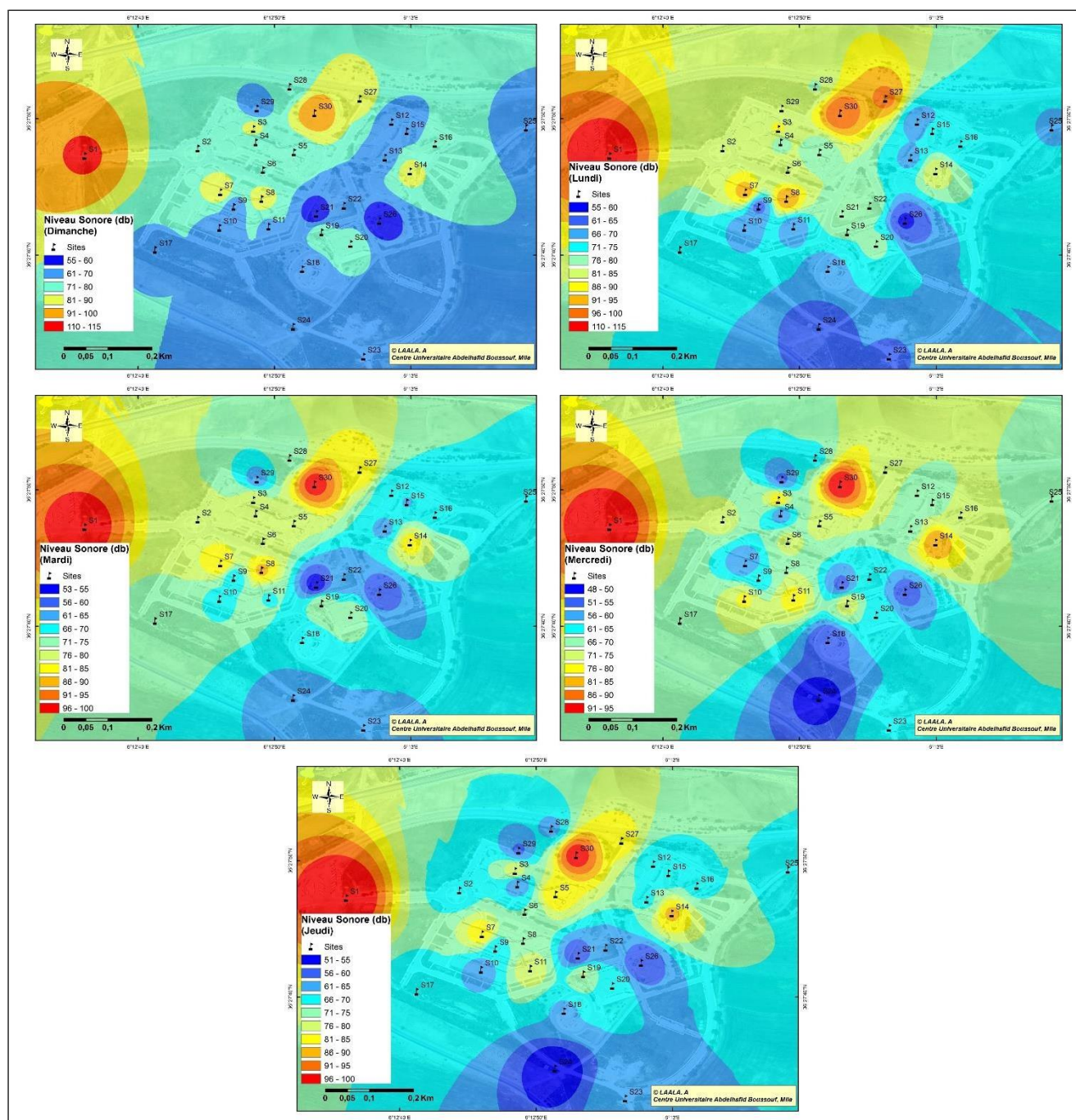


Fig.33. Interpolation spatiale du niveau sonore (LA50) lors du pic matinal du Dimanche

Globalement, du Dimanche au Jeudi, de vastes zones, notamment au centre et au sud, affichent des niveaux sonores compris entre 55 et 80 dB, dépassant les seuils recommandés par l’OMS ainsi que la norme nationale. Cependant, quelques sites chauds persistent toute la semaine, notamment le site S1 à l’Ouest (l’Entrée Ouest du Campus universitaire) et S30 (le Foyer centrale), suggérant la présence de sources de bruit externes continues ou d’activités spécifiques ne dépendant pas du calendrier universitaire.

Au début de la semaine, les sites S1 (à l'ouest) et S30 (centre) apparaissent comme des points chauds. Les zones bleues indiquent des niveaux relativement faibles (55–65 dB), suggérant des secteurs moins exposés. Le gradient de bruit semble influencé par la proximité des voies de circulation et des lieux de rassemblement.

Pour le Lundi, le campus est caractérisé par une intensification généralisée des niveaux de bruit, avec une prédominance des zones de pollution sonore forte (81-100 dB) s'étendant sur de multiples secteurs. Les points chauds identifiés précédemment, tels que S1 à l'extrême Ouest, maintiennent des niveaux très élevés (110-115 dB). De même, les zones autour de S30, S7 et S8 redeviennent des foyers de bruit significatifs, reflétant la pleine reprise des activités académiques, des déplacements internes et des services campus.

Comparativement au lundi, la carte du mardi présente une distribution des points chauds similaire, mais avec une baisse notable des niveaux sonores maximaux. La catégorie la plus élevée n'atteint plus que 96-100 dB, alors qu'elle dépassait les 110 dB le lundi. Cette atténuation des pics, bien que l'environnement reste globalement bruyant (avec de nombreuses zones en jaune et orange, de 71 à 95 dB), suggère des fluctuations quotidiennes dans l'intensité des activités génératrices de bruit. Les zones relativement calmes (53-70 dB) sont toujours concentrées dans le sud et l'est du campus, loin des principaux axes de circulation et des instituts.

Pour le mercredi, la catégorie la plus élevée est désormais de 91-95 dB, suggérant que les pics de bruit les plus extrêmes sont moins fréquents ou moins intenses ce jour-là. Les zones historiquement bruyantes comme S1 et S30 restent des points chauds proéminents. On peut remarquer également l'apparition plus marquée de zones relativement très calmes (atteignant 48-50 dB), indiquant des secteurs du campus où l'environnement acoustique est significativement plus apaisé.

Le jeudi révèle une dynamique acoustique qui semble marquer une légère remontée des niveaux de bruit maximaux par rapport au mercredi. La catégorie supérieure de la légende atteint de nouveau 96-100 dB, indiquant une recrudescence des pics sonores en fin de semaine. Les points chauds, tels que S1 à l'ouest et S30 au nord-central, réaffirment leur prédominance avec des niveaux élevés, soulignant l'influence persistante des sources de bruit externes et des activités principales du campus. Cependant, il est notable que de vastes zones du campus, notamment au sud et dans certaines parties centrales, maintiennent des niveaux sonores modérés à faibles (bleu foncé à turquoise, de 51 à 70 dB), voire très bas (48-50 dB autour de S24 et S26).

1.2. Résultats de l'enquête terrain sur la pollution sonore

Nous avons mené une étude descriptive sur la pollution sonore auprès de 77 participants sélectionnés de manière aléatoire.

1.2.1. Typologie des répondants à l'enquête

L'étude inclut des participants aux statuts variés au sein de l'université, répartis en trois catégories :

- **Étudiants** : 47 répondants, représentant environ 61 % de l'échantillon total. Cette catégorie constitue une part essentielle de la population universitaire, souvent présente dans divers lieux du campus à différents moments de la journée (figure 1).

- **Enseignants** : 10 répondants, soit 13 % de l'échantillon. Bien que cette proportion soit relativement faible, les enseignants apportent une perspective précieuse sur les effets du bruit dans les amphithéâtres, les salles de cours...etc.

- **Personnel administratif et technique** : 20 répondants, représentant 26 % de l'échantillon. Ce groupe est souvent exposé au bruit de manière prolongée, notamment dans les espaces extérieurs. Leur retour est crucial pour évaluer l'impact du bruit sur les conditions de travail et la performance professionnelle.

Cette diversité dans la composition de l'échantillon permet une analyse équilibrée des effets de la pollution sonore selon les fonctions occupées sur le campus

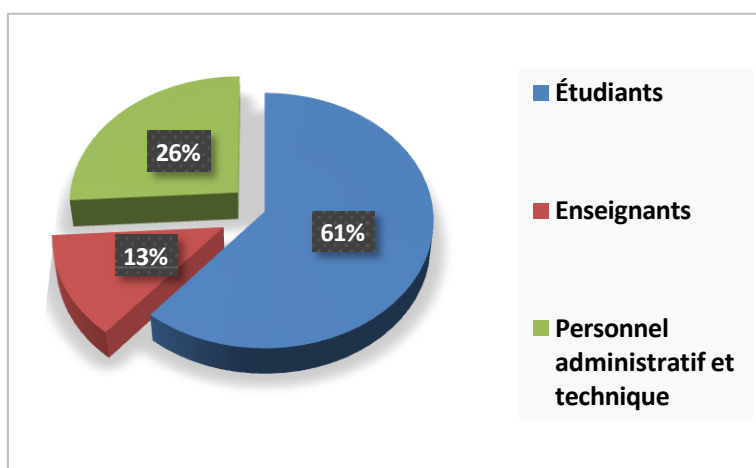


Fig.34. Répartition des catégories de la population interrogée

1.2.2. Niveau académique des répondants

La figure ci-dessous illustre la répartition des participants à l'enquête sur la pollution sonore en fonction de leur niveau d'éducation. Il révèle une prédominance des étudiants de Licence (39%) et de Master 2 (32%), qui représentent ensemble une part significative des répondants (71%). Les étudiants en Doctorat (16%) et particulièrement ceux en Master 1 (13%) sont moins représentés (fig.35).

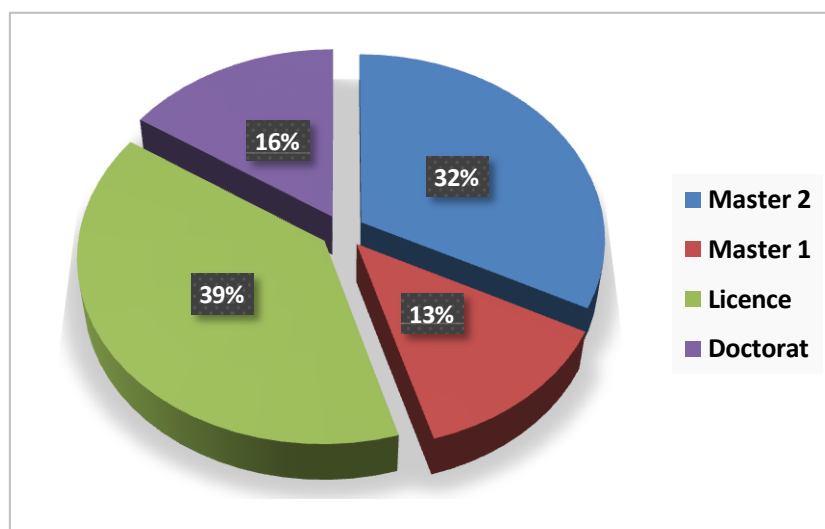


Fig.35. Les niveaux d'éducation de catégories participantes

1.2.3. Appartenance institutionnelle des répondants à l'enquête

Le diagramme circulaire présente la distribution des participants à l'enquête selon leur institut d'appartenance, reflétant une contribution de l'ensemble des entités académiques du campus. Les Instituts des Lettres et Langues Étrangères et des Sciences et de l'Économie se distinguent par la plus forte représentativité, chacun regroupant 35% des répondants. L'Institut des Sciences Naturelles et de la Vie contribue également de manière significative (21%), tandis que l'Institut de Mathématiques et d'Informatique (7%) et surtout l'Institut des Sciences et Technologies (2%) affichent une participation plus limitée (Fig.36). Cette répartition est fondamentale pour contextualiser les perceptions et les impacts de la pollution sonore au sein de la diversité des populations et des environnements propres à chaque institut.

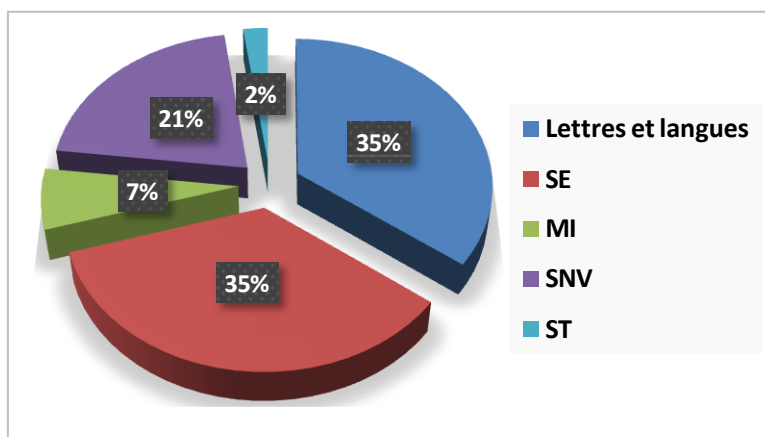


Fig.36. Distribution des participants par institut

1.2.4. Perception du niveau sonore général sur le campus

La figure 37 illustre la perception du niveau sonore général sur le campus par les participants à l'enquête. Il révèle que la majorité des répondants (56%) estime que le niveau sonore est généralement moyen, tandis qu'une proportion substantielle (39%) le considère élevé. Seule une très faible minorité (5%) perçoit le niveau sonore comme faible (fig.37). Cette répartition des perceptions est très significative, car elle indique que la quasi-totalité de la communauté universitaire (95%) ne juge pas l'environnement sonore comme étant calme ou optimal.

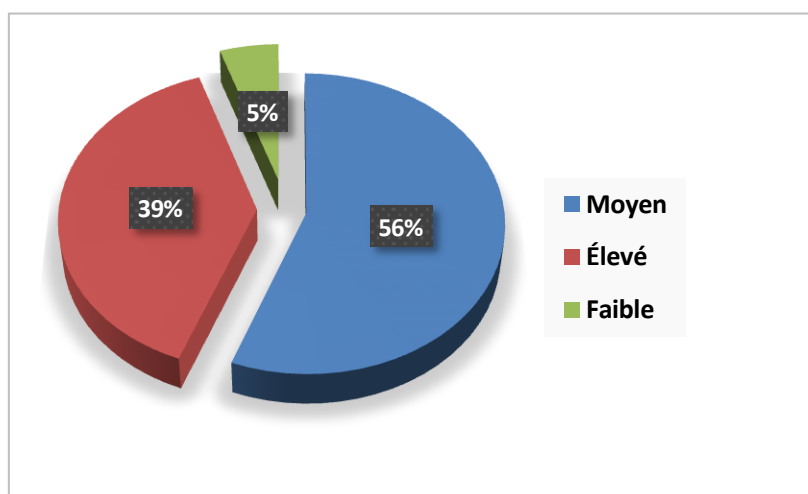


Fig.37. Evaluation du niveau sonore sur le campus

1.2.5. Degré de sensibilité à la pollution sonore perçu par les participants

Les résultats mettent en évidence une majorité significative de la population universitaire se déclarant sensible au bruit. En effet, 32% des répondants se disent "Très sensible" et 20% "Extrêmement sensible", totalisant 52% de la communauté universitaire se considérant comme fortement sensible. À l'inverse, une faible proportion se déclare "Peu sensible" (20%) et seule une minorité marginale (5%) n'est "Pas du tout sensible" (Fig.38). Cette distribution des perceptions de

la sensibilité souligne que les niveaux sonores élevés mesurés objectivement sur le campus sont susceptibles d'affecter une très large part de la communauté universitaire, potentiellement en termes de confort, de concentration et de bien-être général.

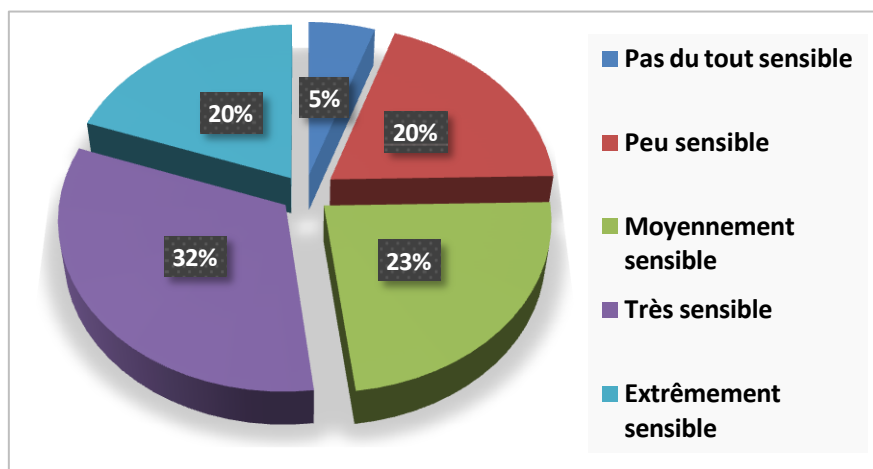


Fig.38. Sensibilité de la population universitaire à la pollution sonore

1.2.6. Effets des nuisances sonores sur le bien-être et la santé

Le diagramme circulaire présenté (Fig.39) illustre les répercussions du bruit sur le confort et la santé de la population universitaire. On constate que la majorité des répondants (39 %) souffrent de maux de tête en raison du bruit, ce qui en fait l'effet le plus fréquent. Ensuite, 25 % des participants ressentent du stress, tandis que 22 % déclarent une fatigue accrue. En revanche, 12 % des étudiants déclarent des troubles du sommeil, et seulement 2 % indiquent « autres » effets du bruit (fig.39). Ce résultat montre que le bruit sur le campus affecte principalement la santé des étudiants, notamment en provoquant des maux de tête et du stress, ce qui souligne la nécessité d'interventions pour améliorer l'environnement sonore universitaire.

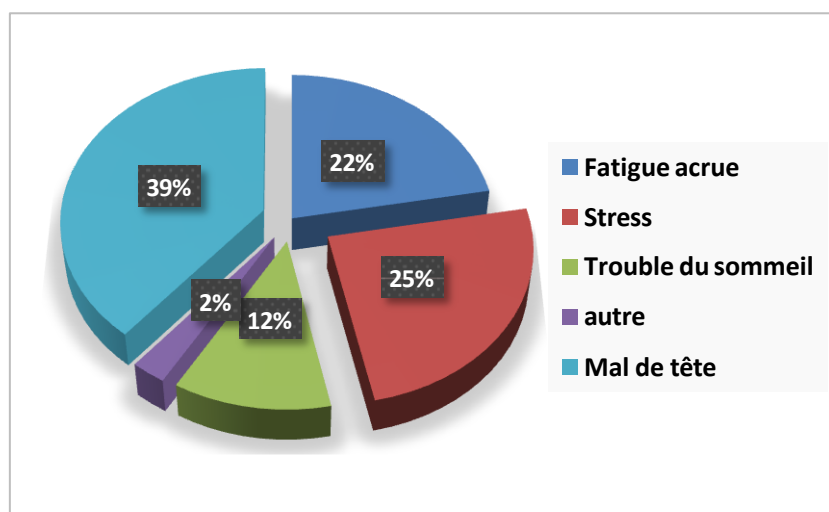


Fig.39. Impact du bruit sur le confort et la santé de la population universitaire

1.2.7. Tendance du bruit au sein du campus

La figure 40 illustre la perception des étudiants concernant l'augmentation de la pollution sonore sur le campus universitaire au cours de dernières années. D'après les résultats, 66 % des répondants affirment avoir remarqué une augmentation du bruit, ce qui témoigne d'une préoccupation majeure au sein de la population étudiante. En revanche, 34 % des participants estiment ne pas avoir constaté d'augmentation du bruit.

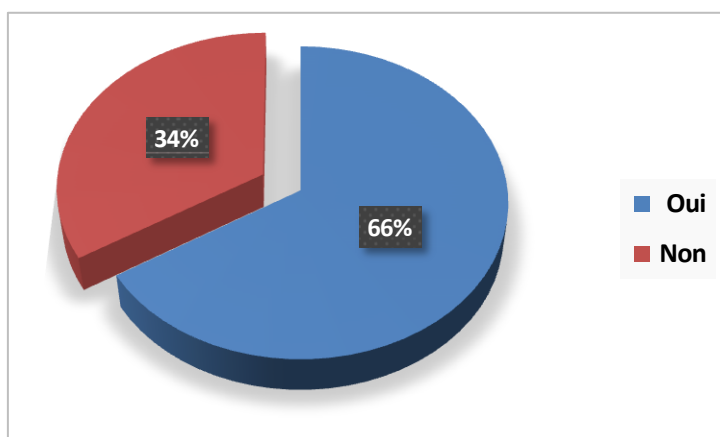


Fig.40. Perception de l'évolution de la pollution sonore sur le campus universitaire

1.2.8. Sources dominantes des nuisances sonores dans le campus

Les résultats de l'enquête montrent une prédominance écrasante des discussions et rassemblements des étudiants, cités comme la source principale par 73% des répondants. La circulation routière est identifiée comme la deuxième source, mais avec un pourcentage bien inférieur de 14%. Les activités de construction représentent 9% des perceptions, confirmant leur contribution aux nuisances. Enfin, les activités sportives (1%) sont perçues comme des sources mineures (fig.41). Ce résultat est fondamental car il indique que la nuisance sonore est majoritairement attribuée aux activités humaines et sociales internes au campus, plutôt qu'à des facteurs externes.

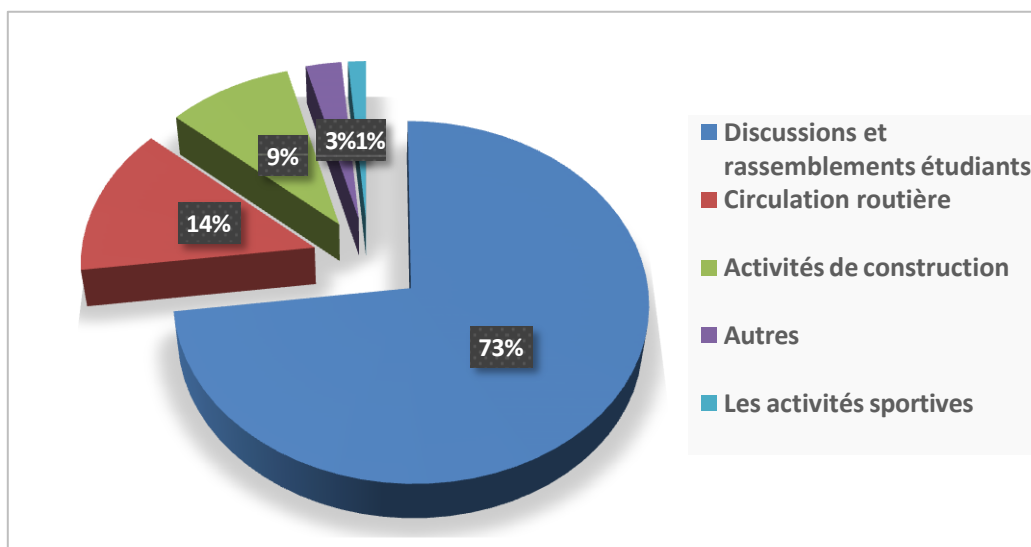


Fig.41. Les principales causes de la pollution sonore dans le campus universitaire

1.2.9. Les périodes les plus bruyantes

La figure 42 montre que l'après-midi est le moment où le bruit est le plus dérangement pour la majorité des répondants, avec 61 % des votes. Cela peut s'expliquer par une concentration plus élevée d'activités sur le campus à cette période. Ensuite, le matin arrive en deuxième position avec 33 %, ce qui suggère également une présence notable de perturbations sonores dès le début de la journée. Enfin, le soir est perçu comme le moment le moins bruyant, avec seulement 6 %, probablement en raison de la baisse des activités universitaires et de la réduction du nombre de personnes présentes sur le campus (fig.42).

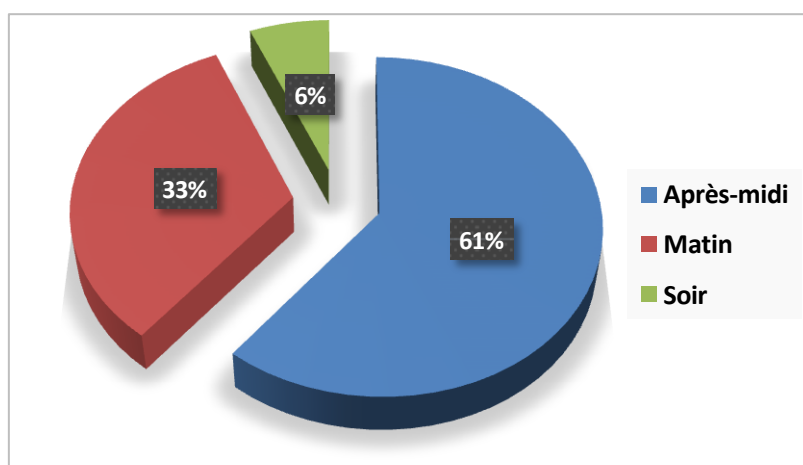


Fig.42. Périodes les plus dérangement de la journée

1.2.10. Journées à forte intensité sonore

La Figure 43 illustre la perception des jours les plus dérangeants dans le campus universitaire en raison du bruit, selon les participants à l'enquête. Ce graphique révèle une répartition surprenante : le lundi est le jour le plus fréquemment cité (39%), ce qui est attendu pour le début de la semaine académique. Cependant, le dimanche se positionne en deuxième position avec un pourcentage élevé de 35%. Ceci peut être expliqué par la reprise en intensité de l'ensemble des activités du campus après le week-end, entraînant une densification des populations dans les espaces communs et les instituts, et une reprise complète des activités pédagogiques et administratives. Inversement, les perceptions de gêne diminuent notablement au milieu de la semaine, avec le mardi à 16% et le mercredi à seulement 6%. Le jeudi (1%) et le samedi (3%) sont les jours les moins perçus comme dérangeants (fig.43), ce qui peut s'expliquer par une activité campus intrinsèquement faible le samedi (absence de cours pour la majorité des instituts et services réduits) et par une potentielle accoutumance au bruit ou une légère décélération des dynamiques sonores en fin de semaine académique pour le jeudi.

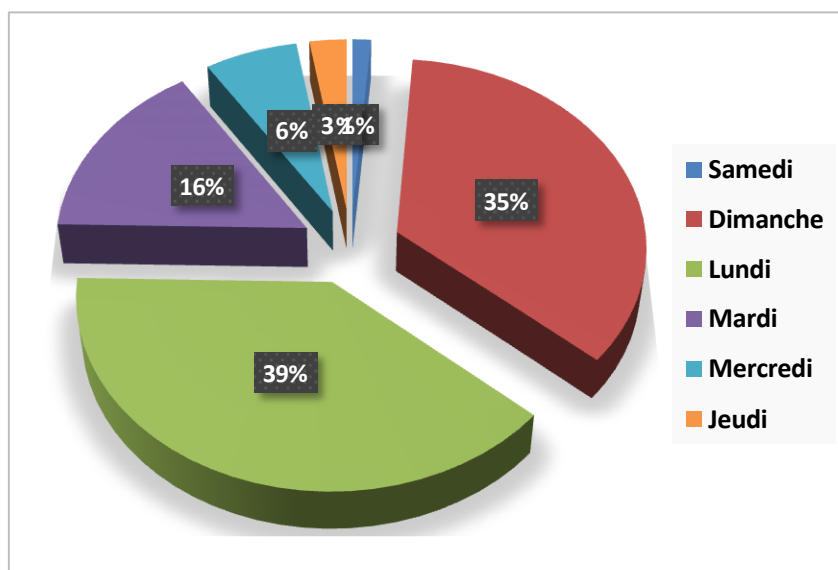


Fig.43. Jours les plus dérangeants

1.2.11. Les espaces à forte pollution sonore

Les espaces les plus susceptibles de présenter une forte pollution sonore sont les cafés et zones de restauration, représentant 42 % de l'ensemble, en raison des conversations intenses, du mouvement des personnes et du bruit ambiant typique de ces lieux. Viennent ensuite les Espaces extérieurs (34 %), qui, selon leur utilisation (zones de rassemblement, passages fréquentés), peuvent également générer un niveau de bruit considérable. Les Amphithéâtres (8 %) peuvent être bruyants lors des rassemblements avant ou après les événements, et les Salles de cours (5 %) peuvent

connaître des pics de bruit pendant les pauses ou les activités de groupe. Les bibliothèques représentent 10 %, ce qui peut surprendre étant donné qu'elles sont censées être des lieux calmes ; cela suggère peut-être un non-respect des règles de silence. Les amphithéâtres représentent 8 % (fig.44), ce qui est relativement modéré, probablement car ces lieux sont déjà associés à une certaine activité sonore tolérée.

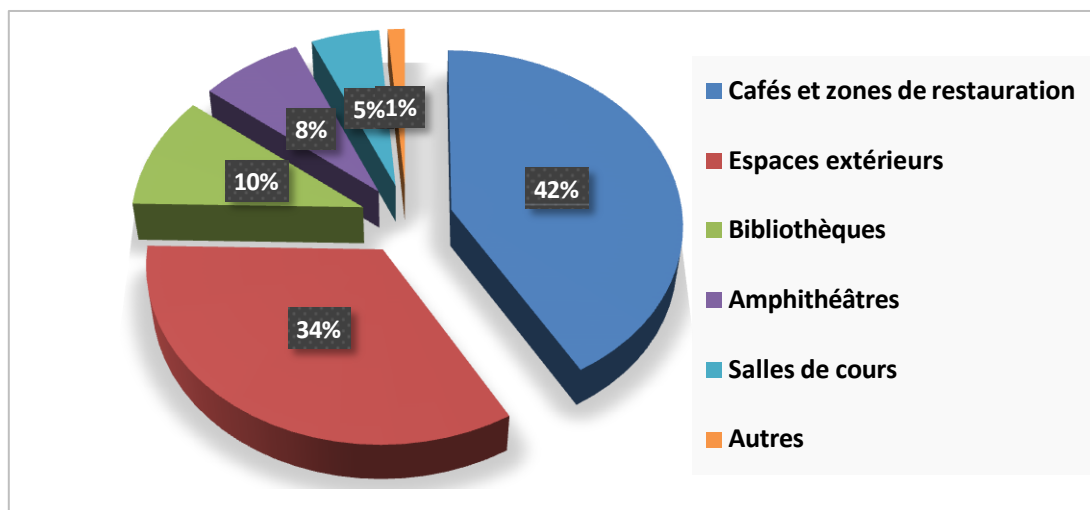


Fig.44. Les zones les plus bruyantes sur le campus universitaire

1.2.12. Effets du bruit sur la concentration et la performance académique

L'analyse des réponses révèle que plus de la moitié des étudiants interrogés (51 %) jugent que la pollution sonore a un impact modéré sur leur capacité d'étude. Cette proportion significative pourrait suggérer une certaine capacité d'adaptation des étudiants à un environnement bruyant. Néanmoins, il est crucial de noter qu'un quart des répondants (25 %) déclare subir un impact important, ce qui souligne que pour une part non négligeable d'entre eux, le bruit constitue un obstacle majeur à la concentration et à la performance académique. Par ailleurs, 19 % des étudiants perçoivent un impact faible et 5 % un impact jugé négligeable (fig.45). En somme, une écrasante majorité (95 %) reconnaît un certain degré d'impact lié à la pollution sonore, soulignant ainsi l'importance de cette problématique pour la population étudiante.

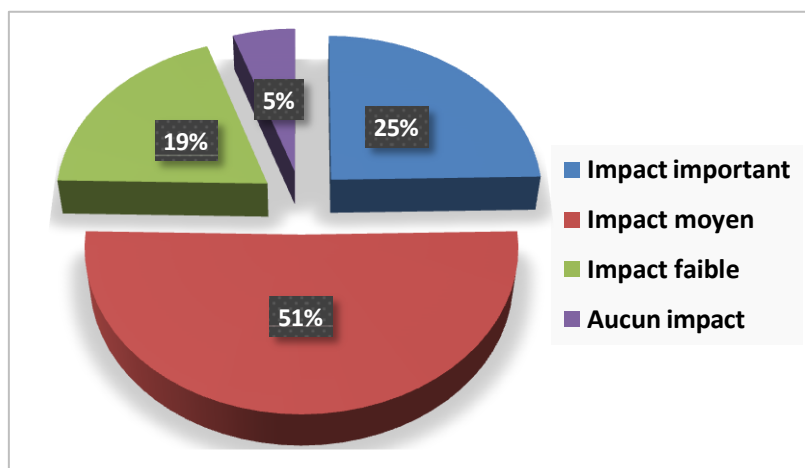


Fig.45. Impact de la pollution sonore sur la performance académique

1.2.13. Propositions relatives au bruit sur le campus

Les résultats de l'enquête montrent que la majorité des répondants, soit 69 %, n'ont jamais exprimé de plaintes ni de suggestions à ce sujet. Cette proportion élevée peut s'expliquer par un manque d'information sur les démarches possibles, un désintérêt, une résignation face à la situation ou encore une tolérance individuelle vis-à-vis du bruit. En revanche, 17 % des participants déclarent avoir signalé le problème à plusieurs fois, ce qui montre une certaine mobilisation de la part d'une minorité concernée. Enfin, 14 % affirment avoir fait une seule fois (fig.46), suggérant peut-être une tentative isolée sans effet tangible ou un manque d'encouragement à poursuivre ce type d'action.

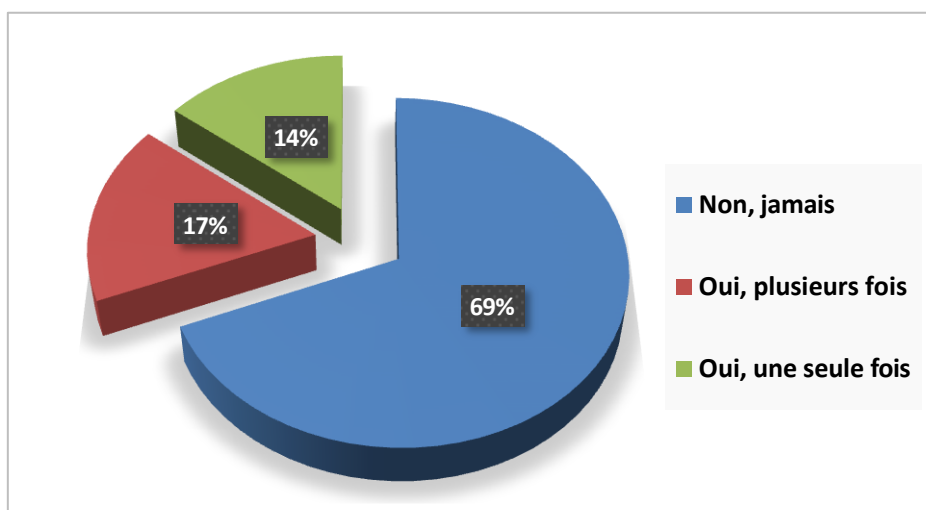


Fig.46. Soumission des plaintes ou des suggestions concernant la pollution sonore

Conclusion

Conclusion

Cette étude a abouti à un diagnostic précis des niveaux de pollution sonore au sein du campus universitaire Abdelhafid Boussouf (Mila), en combinant des mesures acoustiques sur le terrain avec les résultats d'un questionnaire adressé aux étudiants et aux travailleurs. Les mesures effectuées dans 30 stations à travers le campus ont montré des niveaux sonores alarmants qui dépassaient souvent les limites recommandées par l'OMS (55 décibels) et même le seuil national (70 décibels).

Le mois d'Avril a été caractérisé par l'enregistrement de valeurs maximales critiques atteignant plus de 120 dB dans certaines stations, en particulier pendant les périodes de pic (entre 11h00 et 15h00). Les analyses temporelles ont également révélé que Lundi et Mardi étaient les plus bruyants, tandis que le pic a été enregistré le Lundi d'Avril, dépassant 130 dB aux niveaux de l'entrée principale et le foyer central du campus universitaire, reflétant l'influence des rassemblements d'étudiants et l'intensité du trafic. La persistance des niveaux élevés de bruit, et le fait que certains sites ou hotspots restent constants dans le temps et l'espace, nécessite de réfléchir à des solutions durables, notamment en régulant le trafic, les activités de distribution et en augmentant les espaces verts comme insonorisation, en plus de la sensibilisation et de l'éducation solides.

D'autre part, le questionnaire a renforcé les résultats des mesures. Les réponses des participants reflétaient également une variation du niveau d'exposition au bruit en fonction de leur localisation sur le campus, indiquant une prise de conscience concrète chez la population universitaire de la gravité du phénomène et de son impact sur leur environnement quotidien.

Scientifiquement, cette recherche est un ajout précieux dans le domaine de la mesure de la pollution sonore dans les milieux universitaires. Il contribue à une meilleure compréhension de la façon dont la pollution sonore affecte la qualité de vie académique et sanitaire des individus sur le campus. Il introduit également de nouveaux outils tels que des applications mobiles et un logiciel SIG pour cartographier spatialement la pollution sonore, améliorant ainsi l'exactitude et l'efficacité des données dans l'amélioration de l'environnement universitaire.

Sur la base de ces résultats, l'étude a fourni un ensemble de recommandations pratiques pour réduire la pollution sonore dans le campus universitaire. Sur le plan structurel, un réaménagement des espaces les plus bruyants est à envisager. Cela peut inclure l'utilisation des matériaux de construction ayant de meilleures propriétés d'isolation phonique dans toutes les installations universitaires, en particulier dans les espaces académiques tels que les amphithéâtres, les salles et les

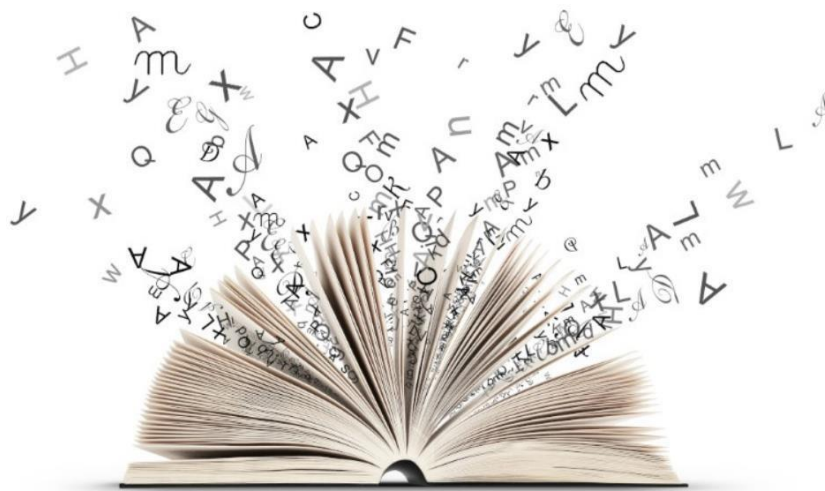
bibliothèques. De plus, la végétalisation des abords du campus, ou encore la redéfinition des parcours de circulation, la limitation de la circulation motorisée dans certaines zones du campus peuvent réduire l'intensité du bruit. Ainsi, des campagnes de sensibilisation doivent être menées auprès de la communauté universitaire, afin de les informer des effets de la pollution sonore sur la santé, la concentration et l'environnement.

D'un point de vue écologique, il est essentiel d'étendre les recherches à l'étude des impacts de la pollution sonore sur la faune locale du campus. Le bruit peut altérer les comportements des oiseaux et des insectes pollinisateurs, et avoir des effets négatifs sur leur développement et leur reproduction. En tant qu'écosystème urbain, le campus doit être abordé dans sa globalité pour garantir un équilibre entre activité humaine et préservation de la biodiversité.

En conclusion, cette étude présente une image globale de la situation acoustique au sein de l'université, et établit une base scientifique objective pour guider les politiques environnementales universitaires vers un environnement d'apprentissage sain et sûr qui prend en compte la sécurité et le bien-être psychologique des étudiants et du personnel.

Références

Bibliographique



Références bibliographique :

- Basner, M., & Müller, U. (2013). Noise-induced sleep disturbance—impacts on health and wellbeing. *Noise and Health*, 15(64), 151-156.
- Basner, M. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, 383(9925), 1325-1332.
- Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (2000). New WHO guidelines for community noise. *Noise & vibration worldwide*, 31(4), 24-29.
- Brown, L., & Lam, S. (2018). Soundproofing technologies for building acoustics. *Building Acoustics*, 25(1), 12-23.
- Chepesiuk, R. (2005). Quiet please: There's a noise crisis in our hospitals. *Environmental Health Perspectives*, 113(12), A790-A795.
- Clark, C., & Paunovic, K. (2018). Environmental noise pollution and cardiovascular disease. *Nature Reviews Cardiology*, 15(6), 352-357.
- European Environment Agency. (2020). Noise in Europe 2020. European Environment Agency.
- Evans, G. W., & Stecker, R. (2004). Motivational and cognitive effects of environmental noise. *Journal of Environmental Psychology*, 24(1-2), 35-45.
- Fackrell, K., et al. (2016). Hyperacusis: A review of the literature on the underlying mechanisms and treatment options. *International Journal of Audiology*, 55(6), 307-320.
- Godard, O. (2004). *Le Développement Durable. La Découverte*, Coll. "Repères",
- Lambert, J. D., et al. (2020). Noise pollution and public health: Impacts and management strategies. *Environmental Health Perspectives*, 128(3), 035002.
- Loi 03-10, (2003). Loi relative à la gestion de la pollution sonore. *Journal Officiel de la République Algérienne*.
- Müller, B., & Schulte, M. (2009). Noise and its effect on human health. *Science of the Total Environment*, 407(8), 2760-2767.
- Murphy, E., & King, E. A. (2011). The role of urban planning in noise management. *Journal of Urban Planning*, 17(3), 123-134.
- OMS 2011. Burdens of disease from environmental noise.

- Passchier-Vermeer, W., & Passchier, F. A. (2000). The physical effects of environmental noise on health. *Noise & Vibration Worldwide*, 31(5), 25-29.
- Stansfeld, S. A., & Matheson, M. P. (2003). Noise pollution: Non-auditory effects on health. *British Medical Bulletin*, 68(1), 243-257.
- World Health Organization (WHO). (2018). Environmental Noise Guidelines for the European Region. World Health Organization.
- Zhukov, V., & Andreev, A. (2020). Noise pollution and cardiovascular disease in urban environments. *Urban Health Journal*, 38(2), 200-211.

Annexes

Informations personnelles :

- Nom (facultatif) :
- Sexe : M/F
- Fonction : Etudiant/Enseignant/ Fonctionnaire
- Niveau d'étude :
- Institut :
- Département :

Questions :

1. Selon vous, le niveau sonore sur le campus est-il généralement :

- ☐ Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Elevé

2. Sur une échelle de 1 à 5, comment évalueriez-vous votre sensibilité personnelle à la pollution sonore ?

- ☐ 1 (pas du tout sensible)
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5 (très sensible)

3. Le bruit sur le campus influence-t-il votre bien-être ou votre santé ? (Choisir toutes les réponses applicables)

- ☐ Stress
- ☐ Maux de tête
- ☐ Difficulté à dormir
- ☐ Fatigue accrue
- ☐ Autre.

4. Avez-vous remarqué une augmentation de la pollution sonore sur le campus au cours des derniers mois ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

5. Quels sont les principaux contributeurs à la pollution sonore sur le campus ?

- ☐ Trafic routier
- ☐ Activités de construction
- ☐ Conversations et rassemblement d'étudiants
- ☐ Événements ou activités organisés
- ☐ Activités sportives
- ☐ Autres (veuillez spécifier) :

6. À quel moment de la journée trouvez-vous que le bruit est le plus dérangeant sur le campus ? (Cochez toutes les réponses qui s'appliquent)

- ☐ Le matin
- ☐ L'après-midi
- ☐ Le soir

7. Quel jour de la semaine trouvez-vous que le bruit est le plus dérangeant sur le campus ?

- ☐

8. Quelles zones du campus trouvez-vous les plus bruyantes ?

- ☐ Salles
- ☐ Bibliothèques
- ☐ Amphithéâtres

- Espaces extérieurs (cours, terrains de sport)
- Cafétérias et zones de restauration
- Autres (préciser)

9. Comment pensez-vous que la pollution sonore affecte votre capacité à étudier ?

- Pas d'impact
- Légère perturbation
- Perturbation modérée
- Perturbation significative
- Autre (veuillez préciser) :

10. Avez-vous déjà soumis des plaintes ou des suggestions concernant la pollution sonore à l'université ?

- Oui, plusieurs fois
- Oui, une fois
- Non, jamais

11. Quelles mesures pensez-vous que l'université devrait prendre pour réduire la pollution sonore sur le campus ?

.....

Résumé

Résumé

La pollution sonore est devenue un enjeu majeur de santé publique en Algérie, en raison de son intensification et de ses impacts croissants sur la qualité de vie, la santé des populations et l'équilibre des écosystèmes. Cette étude vise à évaluer la distribution spatiale et temporelle de la pollution sonore dans le campus universitaire Abdelhafid Boussouf (Mila) et à analyser ses impacts perçus par la communauté universitaire. Elle comporte deux volets complémentaires : le premier concerne la mesure des niveaux de pollution sonore en 30 points géolocalisés du campus, grâce à l'application mobile « Noise Capture », avec des données recueillies lors de dix campagnes sur cinq mois à différents moments de la journée. L'analyse spatiale et temporelle de ces données a été effectuée à l'aide du logiciel ArcGIS, permettant de cartographier avec précision la répartition du bruit sur l'ensemble du campus. Le second volet repose sur une enquête de terrain menée auprès de la communauté universitaire, visant à recueillir les perceptions et les ressentis liés à l'environnement sonore du campus. Les résultats de l'étude révèlent des niveaux sonores sur le campus variant entre 53 et 136 décibels, dépassant largement la limite recommandée par l'OMS. Une pollution sonore significative a été constatée, notamment durant le pic matinal à 11h00, où les seuils autorisés étaient fréquemment franchis. Les zones les plus affectées sont l'entrée principale Ouest et le foyer central du campus. Par ailleurs, une variation notable des niveaux sonores a été observée selon les jours de la semaine, avec des pics enregistrés les Lundis et Mardis, coïncidant avec une forte fréquentation du campus liée à la reprise des activités pédagogiques et à l'afflux massif des étudiants. L'enquête sur la pollution sonore auprès de la population universitaire révèle que 95 % des participants perçoivent la pollution sonore comme perturbante pour leur confort psychologique et leur concentration. Dans l'ensemble, cette modeste étude met en lumière le caractère préoccupant de la pollution sonore dans le campus universitaires de Mila, qui constitue un enjeu majeur impactant directement le bien-être de la population universitaire ainsi que la qualité de l'environnement éducatif, ce qui souligne la nécessité urgente de mettre en œuvre des stratégies efficaces de gestion acoustique, afin de garantir un cadre d'apprentissage sain, apaisé et favorable à la réussite académique.

Mots clés : Niveau sonore, Pollution acoustique, Décibel, Université, Mila.

Abstract

Noise pollution has become a major public health issue in Algeria due to its intensification and growing impacts on quality of life, population health, and ecosystem balance. This study aims to assess the spatial and temporal distribution of noise pollution on the Abdelhafid Boussouf University campus (Mila) and to analyze its perceived impacts by the university community. It consists of two complementary parts: the first involves measuring noise pollution levels at 30 geolocated points on the campus using the mobile application "Noise Capture," with data collected over ten campaigns spanning five months at different times of the day. The spatial and temporal analysis of these data was performed using ArcGIS software, enabling precise mapping of noise distribution across the campus. The second part is based on a field survey conducted among the university community, aiming to gather perceptions and feelings related to the campus sound environment. The study's results reveal noise levels on campus ranging from 53 to 136 decibels, far exceeding the WHO recommended limit. Significant noise pollution was especially observed during the morning peak at 11:00 a.m., where authorized thresholds were frequently surpassed. The most affected areas are the main west entrance and the campus central lounge. Additionally, notable variations in noise levels were observed throughout the week, with peaks on Mondays and Tuesdays coinciding with high campus attendance linked to the resumption of academic activities and the massive influx of students. The noise pollution survey among the university population shows that 95% of participants perceive noise pollution as disturbing to their psychological comfort and concentration. Overall, this modest study highlights the concerning nature of noise pollution on the Mila university campus, representing a major issue directly impacting the well-being of the university population and the quality of the educational environment. These findings emphasize the urgent need to implement effective acoustic management strategies to ensure a healthy, calm, and conducive learning environment for academic success.

Keywords: Noise level, Acoustic pollution, Decibel, University, Mila.

المخلص

أصجد انزهس انضيبئ قضيح صبح كنيح سسنيخ ف انجضائش ثسجت رصبكذ رأسشار انزضادح كه جدح انجبح
صبح انسكب راص انطئ انجبح. رنف ز انساسخ إن رقي انزصغ انگب انضيب نهس انضيبء ف حشو جيبكخ
كذ انحف ثصيف (يهخ) رهم رأسشار انسكخ ي قجم انجرع

انجيبك. رزك انساسخ ي جصا يزكيه: الال زكيق ثقبط يسزبد رهم انضيبء ف 03 قطح

يحدح جعشافب داخ انشو انجيبك ثبسرخداو رطحق انترف انحل "Noise Capture" ، حش ري جع

انجيبد خلال كش حلا كه يذ خسح أشش ف أقبد يخزهفخ ي انبس. فذ أجن انزهم انگب

انضيب نر انجيبد ثبسرخداو ثشبيج ArcGIS ، يب أربع سسي خساظ نفقح نزصغ انضيبء ف جع أعب انشو. ايب

انجضء انضيب فكرذ كه اسزجب يذأ أجن ث أفشاد انجرع انجيبك نف جع الاطجبد أنسبكش انزكيق ثنجح

انصرخ ف انشو. كشف زبج انساسخ ك يسزبد ضيبء رزشاخ ث 30 101 دستم داخ انشو انجيبك، يزجصح تكضش انذ

انص ث ي قجم يطح انصح انكنح.

فذ نبع رهم ضيبئ كجش خبصخ خلال رسح انصبج ف انسبح 11:33، حش ري رجبص انحد

انسح ثب ثسك يزكش. أكضش انب طق رضسسا ٠٠ اندخم انشس انغش أنصف انشكض انجيبك.

كب نجظذ رغشاد يهحطخ ف يسزبد انضيبء حسث أبو الأسج، يغ رسجم رساد ف ي الإص انضلاصء،

رضابد يغ كضيفخ انحصس انشرجطخ ثبسرنف الأسطخ الأكبد ٠٠ رنفق انطلاة انكش. أطش الاسزجب 53٪ ي انشسك

ش أ رهم انضيبء كق ساحزئ انفسح رسكضئ. ثسك كبو، رسهظ ز انساسخ انزاضكخ انضء كه انطجكخ انضسح نهفق

نهس انضيبء ف حشو جيبكخ يهخ، أنز سكم

رحدب كجش ا و صس ثسك يجبش كه سفيح انسكب انجيبك ٠٠ جدح انجح انزكيق ٠٠. روكذ ز انزبج كه

انجبح انهح نرفز اسزشارب فكنح لإداسح انصب نصب ٠٠ ثح ركهح ٠٠ صبح بئح يارخ نهجبج الأكبد ٠٠.

الكلمات المفتاحية: يسز انضيبء، انزهس انصر، انساسخ، انجيبكخ، يهخ.