**Université de Constantine 3 Salah BOUBNIDER**

**Faculté d'Architecture et d'Urbanisme**

**Département d'Urbanisme**

# MODELISATION D'UN SIG DE L'ACCESSIBILITE URBAINE PAR LE TRANSPORT EN COMMUN.

## CAS DE LA VILLE NOUVELLE ALI MENDJELI (CONSTANTINE)

**THESE**

**Présentée Pour l'Obtention du**

**Diplôme de doctorat de 3ème Cycle en Urbanisme**

**Option : villes et projets : savoirs et actions**

**Par**

**Sabrina ISSAD**

**Année Universitaire**

**2024--2025**

**Université de Constantine 3 Salah BOUBNIDER**

**Faculté d'Architecture et d'Urbanisme**

**Département d'Urbanisme**

**Numéro de série**

**Numéro d'ordre**

# MODELISATION D'UN SIG DE L'ACCESSIBILITE URBAINE PAR LE TRANSPORT EN COMMUN.

## CAS DE LA VILLE NOUVELLE ALI MENDJELI (CONSTANTINE)

**THESE**

**Présentée Pour l'Obtention du**

**Diplôme de doctorat de 3ème Cycle en Urbanisme**

**Option : villes et projets : savoirs et actions**

Par

Sabrina ISSAD

Devant le jury composé de :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Président | | | |
| ARIANE Houria | Directrice de thèse | Pr | Université Constantine 3 |
| MEBIROUK Hayat | Présidente | Pr | Université Constantine 3 |
| GHENOUCHI Rana Ghoussoun | Examinatrice | Dr | Université Constantine 3 |
| FEZZAI Sofiane | Examinateur | Dr | Université Tebessa |
| KAGHOUCHE Mehdi | Examinateur | Dr | Université Oum El Bouaghi |
| LAKHDAR Amar | Examinateur | Dr | Université Constantine 1 |

Année Universitaire

2024--2025

# Remerciement :

*Que le Tout-Puissant soit remercié de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien cette œuvre.*

*La réalisation de cette thèse de doctorat a été une aventure intellectuelle et humaine, jalonnée de défis, d'apprentissages et de rencontres enrichissantes. C'est avec une profonde gratitude que j'adresse mes remerciements à toutes les personnes et institutions qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail.*

*Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma directrice de thèse, Madame la* ***Professeure ARIANE Houria****, pour avoir accepté de m'accompagner dans ce projet ambitieux. Je la remercie sincèrement pour sa patience, sa disponibilité constante, ses précieux conseils et son encadrement attentif.*

*Je suis particulièrement reconnaissante envers tous les professeurs, enseignants et doctorants du laboratoire AUTES.*

*Mes remerciements vont également à tout l'ensemble du personnel du département d'urbanisme, pour leur accueil chaleureux et leur soutien logistique. Je suis particulièrement reconnaissant envers les cadres de la Direction des Transports de la wilaya de Constantine, pour les informations et la documentation qu'ils m'ont fournies, et pour les échanges enrichissants que nous avons pu avoir. Je voudrais également rendre hommage à la mémoire de* ***Monsieur Zendaoui Ahmed****, cadre de la direction des transports, dont la disponibilité et la passion pour son travail ont été une source d'inspiration pour ce travail.*

*Je souhaiterais également adresser une pensée émue à tous les enseignants qui, tout au long de mon parcours d'étudiant, m'ont transmis avec dévouement des valeurs et des connaissances précieuses.*

*Enfin, et surtout, j'exprime ma plus profonde gratitude à* ***ma mère****, à* ***ma sœur****, à mon mari et mes enfants, pour leur amour, leur patience et leur soutien inconditionnel tout au long de ce travail. Leur présence, leurs encouragements et leur compréhension ont été une source de force inestimable.*

## Dédicaces :

***Cette thèse est le fruit d'un long parcours, ponctué de joies et de défis. Elle est dédiée à la mémoire de mon père, dont l'amour et l'encouragement m'ont donné la force de persévérer, et à ma sœur, dont l'esprit vif et la générosité ont marqué ma vie à jamais. Leur absence a été une source de tristesse, mais leur souvenir a guidé mes pas et a donné un sens à ce travail…***

# TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES : ..... XI

LISTE DES TABLEAUX : ..... XIV

LISTE DES ABREVIATIONS : ..... XV

Résumé ..... I

introduction generale ..... 1

1. Contexte global de la recherche : La Mobilité urbaine au Cœur des Transformations du XXIe Siècle - Un Enjeu Multidimensionnel. ..... 1

2. Problématique : ..... 2

3. Hypothèses : ..... 4

4. Objectifs de la Recherche : ..... 4

5. Démarche Abductive et Itérative : un dialogue constant entre théorie et terrain. ..... 5

6. Structure de la Thèse : Un Parcours Logique et Cohérent ..... 7

1 Chapitre I : fondement théorique ..... 10

Introduction ..... 10

1.1 Définitions et concepts clés. ..... 10

1.1.1 La mobilité urbaine : un concept global et multidimensionnel ..... 10

1.1.2 La mobilité intelligente : l'innovation au service de la mobilité urbaine ..... 11

1.1.3 La Mobilité Durable : Un Engagement pour l'Environnement et la Société. ..... 12

1.1.4 L'intégration des concepts de mobilité. ..... 13

1.1.5 L'Accessibilité urbaine : un concept multidimensionnel en constante évolution. ..... 14

1.2 Les dimensions de l'accessibilité urbaine. ..... 17

1.2.1 Accessibilité spatiale : proximité, connectivité et configuration du territoire urbain. 17

1.2.2 Accessibilité temporelle : le temps de trajet comme déterminant de la mobilité urbaine 17

1.2.3 Accessibilité économique : le coût du transport comme déterminant de l'équité urbaine 17

1.2.4 Accessibilité Sociale : L'Équité et l'Inclusion comme Fondements de la Mobilité Urbaine 18

1.3 Théories de l'accessibilité urbaine ..... 18

1.3.1 Théorie de la rente foncière (Alonso, 1964) ..... 18

1.3.2 Théorie des lieux centraux (Christaller, 1933) ..... 19

1.3.3 Théorie de la justice spatiale (Soja, 2009) et de la mobilité durable (Banister,2005) : 19

1.3.4 Théorie de la ville compacte (Burton, 2000). 20
1.3.5 Théories spécifiques à l'accessibilité et au transport en commun : des outils pour l'analyse et la modélisation. 20
1.3.6 Théories de la gestion et de l'optimisation des transports : 21
1.3.7 L'intégration de la mobilité intelligente : 21
1.4 Méthodes de modélisation en urbanisme et pour l'accessibilité par les transports en commun. 22
1.4.1 Définition de la modélisation 22
1.4.2 Historique de la modélisation : des cartes empiriques aux systèmes urbains intelligents 25
1.4.3 Les méthodes de la modélisation : 27
1.4.4 Les outils de modélisation. 28
1.4.5 Le choix de la méthode de modélisation. 29
Conclusion : vers des villes plus durables et inclusives grâce à l'accessibilité urbaine. 30
31
2 Chapitre ii: les villes nouvelles et la gestion du transport urbain : une analyse des outils et stratégies pour une mobilité durable 32
Introduction 32
2.1 La genèse des villes nouvelles : Du rêve utopique à la réalité urbaine 32
2.1.1 Des utopies visionnaires aux premiers projets concrets : 32
2.1.2 De la cité-Jardin à la Smart City : Un siècle d'expérimentation urbaine. 34
2.2 Les enjeux des villes nouvelles dans la transition : Mobilité et durabilité : 35
2.2.1 Croissance rapide et concentration urbaine : 35
2.2.2 La dépendance à la voiture individuelle : 35
2.2.3 Le besoin d'intégration multimodale : 36
2.2.4 L'importance du développement durable : 36
2.2.5 Défis spécifiques liés à la mobilité et à l'accessibilité : 36
2.2.6 Les villes nouvelles et le transport durable : Un enjeu pour l'avenir : 36
2.3 Outils d'aide à la décision et stratégies de gestion du transport urbain dans les villes nouvelles : vers une mobilité durable et intelligente : 38
2.3.1 L'importance de la gestion du transport urbain dans les villes nouvelles : 38
2.3.2 La nécessité d'outils d'aide à la décision 38
2.3.3 Principales catégories d'outils d'aide à la décision. 40
2.3.4 Stratégies de gestion du transport urbain dans les villes nouvelles : 43
2.4 Exemples de villes nouvelles et leurs modes d'approches du transport urbain. 44
2.4.1 La ville nouvelle de Masdar (Abu Dhabi, Émirats Arabes Unis) 44
2.4.2 Le quartier de Songdo (Incheon, Corée du Sud). 45

2.5 La ville nouvelle Ali Mendjeli : vers un système de transport intégré et durable. Potentialités et défis. ..... 47
2.5.1 Potentialités et défis de la ville nouvelle Ali Mendjeli : ..... 47
2.5.2 Ali Mendjeli : Données, Décisions, Durabilité : la clé pour libérer le potentiel de la ville avec des outils de tendances ..... 49
Conclusion : vers un futur durable pour la mobilité urbaine à Ali Mendjeli ..... 53
3 Chapitre iii: le transport urbain au grand Constantine : hiatus entre la croissance urbaine et la planification du transport. ..... 54
Introduction : ..... 54
3.1 La wilaya de Constantine : un contexte urbain en mutation. ..... 54
3.1.1 Présentation de la wilaya de Constantine ..... 54
3.1.2 Croissance urbaine de la wilaya de Constantine 1987-2020 : Un modèle de développement contrasté : ..... 61
3.1.3 Configuration et caractéristiques du réseau viaire de la wilaya de Constantine : ..... 66
3.2 Présentation du Grand Constantine ..... 73
3.2.1 Situation géographique du Grand Constantine ..... 73
3.2.2 Le réseau viaire du Grand Constantine ..... 74
3.2.3 Le réseau de transport urbain dans le Grand Constantine ..... 77
3.2.4 Les infrastructures d'accueil et prise en charge des voyageurs : ..... 84
Conclusion du chapitre : ..... 87
4 Chapitre IV : Ali Mendjeli : une ville en mutation, un laboratoire d'étude de l'accessibilité urbaine ..... 89
Introduction : ..... 89
4.1 Justification du choix de la ville Ali Mendjeli : ..... 89
4.1.1 Croissance urbaine rapide et défis de mobilité : ..... 89
4.1.2 Intégration du tramway et adaptation du réseau de bus existant : ..... 90
4.1.3 Disparités spatiales et inégalités d'accès : ..... 90
4.1.4 Absence de données précises sur l'accessibilité : ..... 90
4.2 Conditions de création de la ville Ali Mendjeli : une analyse du processus décisionnel et des enjeux d'urbanisme ..... 90
4.2.1 Genèse et Processus Décisionnel du Projet d'Ali Mendjeli : ..... 90
4.2.2 Analyse critique du processus décisionnel et des enjeux d'urbanisme : ..... 93
4.3 Evolution spatio-temporelle de la ville Ali Mendjeli : ..... 94
4.3.1 Période 1993-2002 : ..... 98
4.3.2 Période 2002-2013 : ..... 100
4.3.3 Période 2013-2022 : ..... 101
4.4 Usage des sols à Ali Mendjeli : ..... 104

4.4.1 Analyse de la distribution spatiale des usages du sol à Ali Mendjeli : ..... 104
4.4.2 L'analyse de l'autocorrélation spatiale des Usages du Sol à Ali Mendjeli : ..... 107
4.4.3 Analyse de la distribution spatiale des équipements à Ali Mendjeli : ..... 111
4.4.4 L'analyse de l'autocorrélation spatiale des équipements à Ali Mendjeli : ..... 115
4.5 Diagnostic de l'offre de transport en commun actuel à Ali Mendjeli : ..... 118
*4.5.1* L'offre privée de bus (collective) : ..... 118
*4.5.2* L'offre publique d'autobus (collective) : ..... 120
*4.5.3* L'offre de transport en taxi et l'essor du transport informel : ..... 122
Conclusion du chapitre : ..... 124
5 CHAPITRES V : Méthodes & Outils : un arsenal technologique pour modéliser l'accessibilité. ..... 126
Introduction : ..... 126
5.1 Collecte des données ..... 126
5.1.1 Données spatiales : ..... 126
❖ Réseau routier : ..... 126
a/ Arrêts de bus ..... 131
b/ Lignes de transport en commun : ..... 132
5.1.2 Données démographiques : ..... 133
5.1.3 Données temporelles : ..... 136
5.2 Logiciels SIG : ArcGIS Pro et QGIS ..... 136
5.2.1 ArcGIS Pro : ..... 136
5.2.2 QGIS ..... 136
5.3 L'analyse spatiale : un regard sur le monde à travers le prisme de l'espace ..... 136
5.3.1 Définitions de l'analyse spatiale par différents auteurs ..... 137
5.3.2 L'Analyse Spatiale et les Transports en Commun ..... 137
5.3.3 Exemples d'Études Scientifiques sur l'Accessibilité et les Transports en Commun. 137
5.3.4 L'Analyse Spatiale et la COVID-19 ..... 138
5.4 Justification du choix des méthodes « PTAL » et « isochrones » pour modéliser l'accessibilité du transport en commun ..... 139
5.4.1 Choisir la bonne mesure d'accessibilité : un défi pour la planification ..... 139
5.4.2 L'Indice PTAL : mesurer l'accès potentiel aux services et aux opportunités ..... 140
5.4.3 La méthode Isochrones : visualiser l'accessibilité temporelle ..... 141
5.4.4 La méthode combinée PTAL-Isochrones : une analyse multidimensionnelle de l'accessibilité ..... 142
5.5 Le cadrage théorique de la modélisation de l'accessibilité par le transport en commun : une méthode combinée PTAL et isochrones ..... 142
5.5.1 La phase de génération : Définition des objectifs, des enjeux et du modèle ..... 143
5.5.2 Recueil et analyse d'informations : ..... 143

5.5.3 Construction de la base de données géographiques (BDG) ..... 144
5.5.4 Modélisation du réseau de transport en commun ..... 144
5.5.5 Calcul de l'indice PTAL ..... 144
5.5.6 Génération des Isochrones ..... 148
5.5.7 Analyse spatiale des résultats ..... 151
5.5.8 Visualisation et communication ..... 152
Conclusion ..... 154
6 CHAPITRES VI : Modélisation combinée PTAL et ISOCHRONES de l'accessibilité aux transports en commun à Ali Mendjeli ..... 155
Introduction : ..... 155
6.1 La méthode PTAL : ..... 155
6.1.1 Cartographie de l'accessibilité PTAL : ..... 155
6.1.2 Analyse quantitative de l'accessibilité : ..... 159
6.1.3 Corrélations et facteurs explicatifs des disparités d'accessibilité : ..... 163
6.2 La méthode Isochronique : Analyse spatio-temporelle de l'accessibilité ..... 184
6.2.1 Génération et visualisation des isochrones : ..... 184
6.2.2 Analyse quantitative et spatiale des isochrones : ..... 185
6.2.3 Corrélations et facteurs explicatifs des disparités d'accessibilité selon les isochrones : 189
6.3 La méthode combinée PTAL et isochrones pour l'analyse de l'accessibilité à Ali Mendjeli. 200
6.4 Apports et Limites des Approches Individuelles. ..... 200
6.4.1 La méthode PTAL : Une vision synthétique mais incomplète ..... 200
6.4.2 L'analyse isochrones : une méthode spatio-temporelle mais limitée. ..... 201
6.4.3 Apports de la combinaison des méthodes ..... 201
6.5 Facteurs impactant l'accessibilité : Une vision combinée. ..... 202
6.6 Priorités stratégiques pour une accessibilité plus équitable ..... 203
6.7 Conclusion : ..... 206
7 Conclusion générale et perspectives : repenser la mobilité urbaine à Ali Mendjeli et au-delà, équitable, durable et intelligente ..... 209
7.1 Synthèse des principaux résultats et apports de la recherche ..... 209
7.1.1 La complexité de l'accessibilité urbaine : Au-delà de la proximité et de la fréquence. 209
7.1.2 Les apports méthodologiques de l'approche combinée. ..... 210
7.1.3 Les inégalités d'accès : un enjeu d'équité sociale ..... 211
7.2 Limites de la recherche et perspectives futures. ..... 212
7.2.1 Limites de l'approche et besoins en données ..... 212

7.2.2 Ouverture vers des méthodologies plus performantes ..... 213
7.3 Recommandations pour une mobilité urbaine plus juste, plus durable et plus intelligente. 214
7.3.1 Renforcer la planification intégrée et la coordination des acteurs ..... 214
7.3.2 Améliorer l'offre de transport en commun ..... 215
7.3.3 Promouvoir la mobilité active et durable. ..... 215
7.3.4 Intégrer l'innovation et la mobilité intelligente ..... 216
7.3.5 Adopter une approche inclusive et participative ..... 216
7.4 Un apprentissage continu pour une mobilité urbaine en évolution ..... 217
7.5 Perspectives de recherche et d'action ..... 217
8 Bibliographie : ..... 220
9. Annexes ..... 226
Annexes A : Revue de Littérature : La Modélisation d'un SIG de l'Accessibilité Urbaine par les Transports en Commun à la Ville d'Ali Mendjeli ..... 227
Annexe B : Nouveau Réseau du Transport Urbain par Bus dans l'agglomération de la Ville Ali Mendjeli, 2018 ..... 230
Annexe C : enquêtes sur terrain(exemples effectués par mes étudiants , vérifiés et actualisé).. 233
Annexe D : score de configuration du réseau par UV ..... 238
Annexe E : score AiBus, AiTramway etAiPOI ..... 240
Annexe F: Journal of Urban and Landscape Planning · June 2024 ..... 244
Résumé ..... 1

LISTE DES FIGURES :

Figure 1.1: : Les Piliers de la Mobilité Durable, , ..... 12
Figure 1.2 : les corrélations entre les différentes mobilité et l'accessibilité ..... 14
Figure 1.3Les dimensions de l'accessibilité urbaine ..... 18
Figure 1.4les étapes clés de la modélisation, ..... 25
Figure 1.5: Les étapes du choix de la méthode de modélisation ..... 29
Figure 1.6: récapitulatif de l'approche théorique, ..... 31
Figure 2.1quartier et centre de cité-jardin (E. Howard) ..... 33
Figure 2.2Vue aérienne de Letchworth, Hertfordshire, la première cité-jardin d'Angleterre, fondée en 1903 ..... 33
Figure 2.3La localisation des trois couronnes des villes nouvelles en Algérie ..... 35
Figure 2.4 : Défis du Transport Urbain dans les Villes Nouvelles ..... 37
Figure 2.5 : les fonctions Outils D'aide À La Décision ..... 40
Figure 2.6 Vue du ciel de la ville Masdar. ..... 44
Figure 2.7 : perspective d'évolution par secteur ..... 47
Figure 2.8 Ali Mendjeli : de l'archaïque au moderne - un nouveau modèle de mobilité urbaine, ..... 53
Figure 3.1 situation géographique de la wilaya de Constantine, ..... 55
Figure 3.2 pourcentage de la population en 1987, ..... 57
Figure 3.3 : pourcentage de la population en 1998, ..... 57
Figure 3.4 : pourcentage de la population en 2008, ..... 58
Figure 3.5 pourcentage de la population en 2020 ; ..... 59
Figure 3.6 densité de la population par commune en 2020, ..... 60
Figure 3.7 densités de la population par commune 1987-2020, ONS, ..... 60
Figure 3.8 accroissement de la surface bâtie 1998-2020; ..... 65
Figure 3.9 évolution spatio-temporelle de la surface bâtie 1987-2020; ..... 66
Figure 3.10 le réseau routier de la wilaya de Constantine; ..... 70
Figure 3.11 carte des extensions successives de la ville de Constantine, ..... 74
Figure 3.12 répartition du réseau routier dans le Grand Constantine; ..... 77
Figure 3.13 répartition du réseau routier du Grand Constantine, ..... 78
Figure 3.14 le tramway du Grand Constantine ..... 80
Figure 3.15 l'accroissement du nombre des voyageurs par tramway 2015-2022, ..... 80
Figure 3.16 lignes de télécabine existante et projetées, ..... 83
Figure 3.17 capacité de transport routier de voyageurs par taxis et leurs stations par commune dans le Grand Constantine, DTW, ..... 84
Figure 4.1 les transformations du plan du projet, ..... 91
Figure 4.2 relief de la ville Ali Mendjeli ..... 95
Figure 4.3 les étapes du model de la visualisation de l'évolution spatio-temporelle de la ville Ali Mendjeli multi dates 2002,2013 et 2022 et multi directionnelles ..... 96
Figure 4.4 : évolution spatio-temporelle de la ville Ali Mendjeli 1993-2022, ..... 97
Figure 4.5 pourcentage des surfaces par UV en 2002 ..... 98
Figure 4.6 : la surface bâtie par UV en 2002 ..... 98
Figure 4.7 : carte de l'étude directionnelle de l'urbanisation à Ali Mendjeli en 2002, ..... 99
Figure 4.8 : surface bâtie par direction en 2002 ..... 99

Figure 4.9 la surface bâtie par UV en 2013 ..... 100
Figure 4.10 pourcentages des surfaces par UV en 2013..... 100
Figure 4.11 carte de l'étude directionnelle de l'urbanisation à Ali Mendjeli en 2013,..... 101
Figure 4.12 surface bâtie par direction en 2013 ..... 101
Figure 4.13 pourcentage des surfaces par UV en 2022 ..... 102
Figure 4.14 carte de l'étude directionnelle de l'urbanisation à Ali Mendjeli en 2022, ..... 103
Figure 4.15 : surface bâtie par direction 2022 ..... 103
Figure 4.16 répartition des surfaces des usages des sols par UV ..... 106
Figure 4.17 les proportions des usages du sol dans la ville Ali Mendjeli, ..... 107
Figure 4.18 rapport de l'autocorrélation spatiale des usages de sol à Ali Mendjeli, ..... 109
Figure 4.19 la mesure des distributions géographiques : Centre moyen, Distance Standard et Direction de Distribution des usages des sols à Ali Mendjeli, ..... 111
Figure 4.20 classification des équipements par UV, ..... 114
Figure 4.21 répartition des surfaces des types d'équipements par UV, ..... 114
Figure 4.22 : rapport de l'autocorrélation spatiale des équipements à Ali Mendjeli, ..... 116
Figure 4.23 la mesure des distributions géographiques : Centre moyen, Distance Standard et Direction de Distribution des équipements à Ali Mendjeli, ..... 117
Figure 4.24 : distribution des stations taxi-fraude à Ali Mendjeli ..... 124
Figure 5.1 le trajet entre la gare multimodale et le centre commercial Sans Visa à Ali Mendjeli,..... 128
Figure 5.2 Le trajet le plus rapide entre la gare multimodale et le centre commercial Sans Visa à Ali Mendjeli ..... 128
Figure 5.3 : Le trajet le plus court entre la gare multimodale et le centre commercial Sans Visa à Ali Mendjeli ..... 129
Figure 5.4 les équipements éducatifs accessible à 900 m autour de la gare multimodale, 130
Figure 5.5 Configuration du réseau de voirie à l'échelle de la ville Ali Mendjeli, ..... 131
Figure 5.6 les arrêts de bus et tramway dans la ville Ali Mendjeli, ..... 132
Figure 5.7 population par unité de voisinage à Ali Mendjeli en 2022, ..... 133
Figure 5.8 la carte de la population par unité de voisinage à Ali Mendjeli en 2022, ..... 134
Figure 5.9 la carte de la densité de la population à Ali Mendjeli en 2022, ..... 135
Figure 5.10 : Les avantages du PTAL, ..... 141
Figure 5.11 Étapes de calcul de l'indice d'accessibilité - PTAL : une construction mathématique, ..... 145
Figure 5.12 Transformation de l'Indice d'Accessibilité en PTAL et couleur correspondante sur une carte ..... 147
Figure 5.13 Représentation cartographique du PTAL pour le Grand Londres ..... 147
Figure 5.14 Étapes de calcul de l'accessibilité par le transport en commun en utilisant la méthode isochrones, ..... 150
Figure 5.15 Zones d'accessibilité en 30 minutes depuis le centre de Lyon (2000), ..... 151
Figure 5.16 Processus de modélisation de l'accessibilité par le transport en commun, méthode combinée PTAL-ISOCHRONES, ..... 154
Figure 6.1 : la distribution spatiale des POIs dans la ville Ali Mendjeli, ..... 158
Figure 6.2 feuille de calcul de la PTAL de la ville Ali Mendjeli, ..... 159
Figure 6.3 proportion de l'indice PTAL selon les UV, ..... 162
Figure 6.4 classification de l'indice PTAL dans la ville Ali Mendjeli, ..... 163
Figure 6.5 : niveaux d'accessibilité PTAL par UV, ..... 165
Figure 6.6 la corrélation entre la densité de population et le niveau d'accessibilité haut,. 166
Figure 6.7 la corrélation entre la densité de population et le niveau d'accessibilité moyen, ..... 166

Figure 6.8 la corrélation entre la densité de population et le niveau d'accessibilité faible, ..... 167
Figure 6.9 la corrélation entre nombre d'équipements par UV et le niveau d'accessibilité haute, ..... 167
Figure 6.10 Corrélation entre le nombre d'équipements par UV et le niveau d'accessibilité moyenne, ..... 168
Figure 6.11 Corrélation entre le nombre d'équipements par UV et le niveau d'accessibilité faible. ..... 168
Figure 6.12 la corrélation entre la densité de population et le nombre d'équipements, ... 169
Figure 6.13 Corrélation entre la densité de population et le nombre d'équipements par niveau d'accessibilité, ..... 170
Figure 6.14 Corrélation entre la distance POI-SAPbus et AiBus. ..... 171
Figure 6.15 la corrélation entre distance POI-SAPtram et AiTram, ..... 172
Figure 6.16 Corrélation entre la fréquence des Bus et l'AIPOI, ..... 173
Figure 6.17 : la Corrélation entre TAT des Bus et AIPOI, ..... 175
Figure 6.18 la Corrélation entre le TAT du tramway et l'AIPOI, ..... 176
Figure 6.19 Corrélation entre le « score de configuration du réseau »et la « haute accessibilité », ..... 180
Figure 6.20 Corrélation entre le " « score de configuration du réseau » et « l'accessibilité moyenne », ..... 180
Figure 6.21 Corrélation entre le « score de configuration du réseau » et « l'accessibilité faible », ..... 181
Figure 6.22 : Classification des isochrones dans la ville Ali Mendjeli, ..... 189
Figure 6.23 Proportion des isochrones dans la ville Ali Mendjeli par UV, ..... 189
Figure 6.24 Niveaux d'accessibilité isochrones par UV, ..... 192
Figure 6.25 Corrélation entre la densité de population et pourcentage ISO 10, ..... 193
Figure 6.26 Corrélation entre la densité de population et pourcentage ISO 15, ..... 194
Figure 6.27 Corrélation entre la densité de population et le pourcentage ISO <15, la densité de population et pourcentage ISO 20 et la densité de population et pourcentage ISO >20, ..... 195
Figure 6.28 Corrélation entre le nombre d'équipements et le pourcentage ISO 15, ..... 196
Figure 6.29 Corrélation entre le nombre d'équipements et le pourcentage ISO 10, ..... 196
Figure 6.30 Corrélation entre le nombre d'équipements et le pourcentage ISO <15, la densité de population et pourcentage ISO 20 et la densité de population et pourcentage ISO >20, ..... 197
Figure 6.31 Corrélation entre Configuration du Réseau et le pourcentage ISO 10, ..... 198
Figure 6.32 Corrélation entre la Configuration du Réseau et le pourcentage ISO 15, ..... 199
Figure 6.33 Corrélation entre Configuration du Réseau et pourcentage ISO <15, la densité de population et pourcentage ISO 20 et la densité de population et pourcentage ISO >20, ..... 200

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 4.1 : population de la wilaya de Constantine ..... 56
Tableau 4.2 : Évolution de la surface bâtie des communes de la wilaya de Constantine (1987-2020) ..... 63
Tableau 4.3 longueur du réseau routier par commun, ..... 68
Tableau 4.4 Réseau routier inter wilaya ..... 71
Tableau 4.5 Caractéristiques du réseau inter communal, ..... 72
Tableau 4.6 interconnexions entre agglomérations du Grand Constantine ..... 78
Tableau 4.7 capacité de transport routier de voyageurs par taxis et leurs stations par commune dans le Grand Constantine ..... 84
Tableau 4.8 les gares routières et pole d'échange dans le grand Constantine ..... 85
Tableau 5.1 répartition des surfaces des usages des sols par UV ..... 104
Tableau 5.2 classification des équipements par UV ..... 111
Tableau 5.3 les lignes des opérateurs privés ..... 119
Tableau 5.4 les lignes de l'opérateur public ..... 121
Tableau 5.5 Ali Mendjeli : Offre de Transport en Taxi et Fraude ..... 122
Tableau 6.1 les lignes du transport en commun et leurs fréquences ..... 132
Tableau 7.1La méthode utilisée pour calculer la PTAL pour la ville Ali endjeli ..... 156
Tableau 7.2 Conversion de l'indice d'accessibilité en PTAL ..... 158
Tableau 7.3 : la distribution des niveaux d'accessibilité par UV ..... 161
Tableau 7.4 : niveaux d'accessibilité PTAL par UV ..... 164
Tableau 7.5 Score des indicateurs de la Configuration du Réseau par UV ..... 178
Tableau 7.6 : palette des couleurs sur la carte des isochrones ..... 185
Tableau 7.7 Tableau récapitulatif des surfaces accessibles par isochrones ..... 186
Tableau 7.8 Niveaux d'accessibilité isochrones par UV ..... 190

LISTE DES ABREVIATIONS :

**AI :** *Accessibility index*

**AOTU :** Autorités Organisatrices de Transports Urbains

**APC :** Assemblée Populaire Communale

**APW** : Assemblée Populaire de Wilaya

**AWT** : *average waiting time*

**BDG :** Base de Données Géographiques

**CC:** chemin communal

**COVID :** Corona Virus Développé

**CW :** chemin de wilaya

**DTP :** Direction des Travaux Publics

**DUAC :** Direction de l'Urbanisme, de l'Architecture et de la Construction

**DUC :** Direction d'Urbanisme et de la Construction

**DTW :** Direction des transports de la wilaya

**EDF** : equivalent fréquence (*Equivalent Doorstep Frequency*)

**EMA :** Entreprise du Metro d'Alger

**ETUSC :** établissement public de Transport urbain et Suburbain de Constantine

**GPS :** *Global Positioning System*

**GPU :** Grand Projet Urbain

**ITS : systèmes intelligents de transport**

**LUPTAI**: *Land use and public transport accessibility index*

**MaaS** : mobilité à la demande

**MATE :** Ministère d'Aménagement du Territoire et de l'Environnement

**MTM :** Modèles de transport multimodal

**ONS :** office national des statistiques

**OPGI :** Office de Promotion et de Gestion Immobilière

**OSM :** *OpenStreetMap*

**PDAU :** Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme

**PDU :** Plan de Déplacement Urbain

**PMR :** Personnes à Mobilité Réduite

**POI :** point of interest

**POS :** Plan d'Occupation des Sols

**PRISMA:** Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses

**PSD :** Programme Sectoriel Décentralisé

**PTAL:** *Public transport accessibility level*

**QGIS**: *Quantum Geographic Information System*

**RGPH :** Recensement Général de la Population et d'Habitat

**RN :** Route Nationale

**SAP** : *service access points*

**SAU :** Société d'Architecture et d'Urbanisme

**SGT** : Systèmes de gestion du trafic

**SGTI :** Systèmes de gestion du trafic intelligents

**SIG :** Système d'Information Géographique

**SNAT :** Schéma National d'Aménagement du Territoire

**SNTR :** Société Nationale De Transports Routiers

**SNTV** : Société Nationale des Transports de Voyageurs

**SOGRAL :** Société de Gestion des Gares Routières d'Algérie

**SWT :** *scheduled waiting time*

**TAM :** temps d'attente moyen

**TAT :** temps d'accès total

**TC :** transport en commun

**TCSP :** Transport collectif en Site propre

**TFL:** *Transport for London*

**TGV :** Train à Grande Vitesse

**TIC :** Technologie de l'Information et de Communication

**TOD** : Transit-Oriented Development

**TTSAT:** *Time-Based Transit Service Area Tool*

**UNESCO:** *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*

**URBACO :** centre d'études en Urbanisme et Réalisation de Constantine

**USGS***: U.S. Geological Survey*

**UV :** Unité de Voisinage

**ZAC :** Zone d'Aménagement Concertée

**ZAM :** Zone d’activité multiple

**ZHUN :** Zone d’Habitat Urbain Nouvell

RESUME

L'accessibilité aux transports en commun est un facteur déterminant de l'équité sociale et du développement urbain durable, particulièrement dans les villes nouvelles confrontées à une croissance rapide. Cette étude examine l'accessibilité à Ali Mendjeli (Constantine), une ville nouvelle faisant face à des défis de mobilité croissants, afin d'évaluer l'accessibilité et d'identifier les disparités spatiales et temporelles. La méthodologie combine l'indice PTAL (Public Transport Accessibility Level) et l'analyse des isochrones, en utilisant des données spatiales (réseau routier, arrêts, lignes) et temporelles (horaires, fréquences) collectées via OpenStreetMap, des enquêtes de terrain, et la digitalisation du réseau dans un SIG (ArcGIS Pro et QGIS). Le PTAL a été calculé pour chaque unité de voisinage (UV), et des isochrones ont été générées autour des arrêts pour des seuils de 5, 10, 15, et 20 minutes. Des analyses statistiques, incluant corrélations et indicateurs de dispersion, ont exploré les relations entre l'accessibilité, la densité de population, le nombre d'équipements et la configuration du réseau, mesurée par l'Indice de Maillage (IM) et l'Indice de Connectivité des Lignes (ICL). Les résultats révèlent des disparités significatives d'accessibilité entre les UV. Les zones périphériques (Extension Sud, UV21) et certains espaces fonctionnels (UC3) présentent un faible PTAL et une couverture isochrone limitée, tandis que les zones centrales affichent généralement un PTAL plus élevé et une meilleure couverture. L'analyse des corrélations montre des relations complexes et non linéaires entre l'accessibilité, la densité et le nombre d'équipements, soulignant le rôle majeur de la configuration du réseau et des temps de trajet réels. L'ICL est corrélé positivement à l'accessibilité élevée, mais son influence diminue pour les niveaux moyens et faibles. L'approche combinée PTAL-isochrones offre une vision multidimensionnelle de l'accessibilité, révélant des nuances non perceptibles par chaque méthode seule. L'étude souligne l'importance d'une planification intégrée des transports et de l'aménagement, tenant compte des facteurs contextuels et des disparités socio-spatiales. Les recommandations privilégient l'amélioration des services dans les zones périphériques et l'optimisation du réseau, plutôt que la simple augmentation de la densité ou du nombre d'équipements. En conclusion, cette recherche met en lumière les défis de l'accessibilité à Ali Mendjeli et propose des pistes pour une mobilité plus équitable et durable, démontrant la pertinence de l'approche combinée PTAL-isochrones pour l'analyse et la planification des transports.

Mots clés : Accessibilité, Transports en commun, SIG (Systèmes d'Information Géographique), modélisation, PTAL (Public Transport Accessibility Level), Isochrones, Ville nouvelle Ali Mendjeli

Abstract

Accessibility to public transport is a key determinant of social equity and sustainable urban development, particularly in new towns facing rapid growth. This study examines accessibility in Ali Mendjeli (Constantine), a new town facing increasing mobility challenges, to assess accessibility and identify spatial and temporal disparities. The methodology combines the PTAL (Public Transport Accessibility Level) index and isochrone analysis, using spatial (road network, stops, lines) and temporal (timetables, frequencies) data collected via OpenStreetMap, field surveys, and digitization of the network in a GIS (ArcGIS Pro and QGIS). PTAL was calculated for each neighborhood unit (UV), and isochrones were generated around stops for thresholds of 5, 10, 15 and 20 minutes. Statistical analyses, including correlations and dispersion indicators, explored the relationships between accessibility, population density, number of amenities and network configuration, measured by the Mesh Index (MI) and Line Connectivity Index (LCI). The results reveal significant disparities in accessibility between UVs. Peripheral areas (Southern Extension, UV21) and some functional areas (UC3) show low PTAL and limited isochronous coverage, while central areas generally show higher PTAL and better coverage. Correlation analysis shows complex, non-linear relationships between accessibility, density and number of facilities, highlighting the major role of network configuration and actual journey times. ICL is positively correlated with high accessibility, but its influence diminishes for medium and low levels. The combined PTAL-isochrone approach offers a multidimensional view of accessibility, revealing nuances not perceptible by each method alone. The study underlines the importance of integrated transport and development planning, taking into account contextual factors and socio-spatial disparities. Recommendations focus on improving services in outlying areas and optimizing the network, rather than simply increasing density or the number of facilities. In conclusion, this research sheds light on the challenges of accessibility in Ali Mendjeli and proposes avenues for more equitable and sustainable mobility, demonstrating the relevance of the combined PTAL-isochrones approach to transport analysis and planning.

Keywords: Accessibility, Public transport, GIS (Geographic Information Systems), modeling, PTAL (Public Transport Accessibility Level), Isochrones, Ville nouvelle Ali Mendjeli

## الملخص

تعدّ إمكانية الوصول إلى وسائل النقل العام محددًا رئيسيًا للعدالة الاجتماعية والتنمية الحضرية المستدامة، لا سيما في المدن الجديدة التي تواجه نموًا سريعًا. تبحث هذه الدراسة في إمكانية الوصول في مدينة علي منجلي (قسنطينة)، وهي مدينة جديدة تواجه تحديات متزايدة في مجال التنقل، من أجل تقييم إمكانية الوصول وتحديد الفوارق المكانية والزمانية. وتحليل التساوي الزمني باستخدام (PTAL) وتجمع المنهجية بين مؤشر مستوى إمكانية الوصول إلى وسائل النقل العام البيانات المكانية (شبكة الطرق، محطات التوقف، الخطوط) والبيانات الزمنية (الجداول الزمنية، الترددات) التي تم جمعها ArcGIS Pro) عبر خريطة الشارع المفتوح، والمسوحات الميدانية، ورقمنة الشبكة في نظام المعلومات الجغرافية ، وتم إنشاء خطوط متساوية حول (UV) تم احتساب معدل الترددات الزمنية لكل وحدة من وحدات الأحياء .(QGISو محطات التوقف لعتبات 5 و10 و15 و20 دقيقة. استكشفت التحليلات الإحصائية، بما في ذلك الارتباطات ومؤشرات التشتت، العلاقات بين إمكانية الوصول والكثافة السكانية وعدد المرافق وتكوين الشبكة، والتي تم قياسها بمؤشر الشبكة كشفت النتائج عن وجود تفاوتات كبيرة في إمكانية الوصول بين المناطق فوق .(LCI) ومؤشر اتصال الخطوط (MI) لديها معدل منخفض من (UC3) وبعض المناطق الوظيفية (UV21الامتداد الجنوبي، ) البنفسجية. فالمناطق الطرفية التغطية المتزامنة وتغطية محدودة متزامنة في حين أن المناطق المركزية بشكل عام لديها معدل أعلى من التغطية المتزامنة وتغطية أفضل. يُظهر تحليل الارتباطات علاقات معقدة وغير خطية بين سهولة الوصول والكثافة وعدد المرافق، مما يبرز الدور الرئيسي لتكوين الشبكة وأوقات الرحلات الفعلية. وترتبط الكثافة المتكاملة ارتباطاً إيجابياً بارتفاع إمكانية المدمج بين PTAL-ISochrone الوصول، لكن تأثيرها يتضاءل بالنسبة للمستويات المتوسطة والمنخفضة. يقدم نهج نظرة متعددة الأبعاد لإمكانية الوصول، ويكشف عن الفروق الدقيقة التي لا يمكن إدراكها بكل ISochroneو PTAL طريقة بمفردها. تسلط الدراسة الضوء على أهمية التخطيط المتكامل للنقل واستخدام الأراضي، مع مراعاة العوامل السياقية والتفاوتات الاجتماعية والمكانية. تركز التوصيات على تحسين الخدمات في المناطق النائية وتحسين الشبكة، بدلاً من مجرد زيادة الكثافة أو عدد المرافق. في الختام، يسلط هذا البحث الضوء على تحديات إمكانية الوصول في علي منجلي في PTAL-ISochrones ويقترح طرقًا لتحقيق تنقل أكثر إنصافًا واستدامة، مما يدل على أهمية النهج المشترك بين تحليل وتخطيط النقل.



الكلمات المفتاحية: إمكانية الوصول، النقل العام، نظم المعلومات الجغرافية ، النمذجة، مستوى إمكانية الوصول إلى النقل العام، إيزوكرونيس، المدينة الجديدة علي منجلي

# INTRODUCTION GENERALE

*« Les problèmes importants auxquels nous faisons face ne peuvent pas être résolus au même niveau de pensée que lorsque nous les avons créés » - Albert Einstein*

## 1. Contexte global de la recherche : La Mobilité urbaine au Cœur des Transformations du XXIe Siècle - Un Enjeu Multidimensionnel.

La mobilité urbaine, essentielle au fonctionnement des villes, est un sujet d'étude croissant depuis les travaux fondateurs de (Hansen, 1959) sur l'accessibilité comme une fonction de la distance et des opportunités, et de (Ingram, 1971) sur le potentiel d'interaction spatiale. (Alonso, 1964), avec ses travaux sur la rente foncière, et Christaller en 1933, avec sa théorie des lieux centraux,(Robic, 1982) ont apporté des contributions majeures à la compréhension des dynamiques spatiales liées à la mobilité.

L'émergence des concepts de mobilité durable et intelligente, notamment grâce aux travaux de (Banister, 2005) et (Pucher & Buehler, 2008), a intégré des dimensions environnementales, sociales et technologiques, complexifiant la notion d'accessibilité et soulignant son rôle dans l'équité sociale et la réduction des inégalités. La littérature scientifique s'est enrichie d'études portant spécifiquement sur l'application du PTAL (public transport accessibilty level) et ses validations (Wu & Hine, 2003) (Adhvaryu, Chopde, & Dashora, 2019), sur l'utilisation des isochrones et l'analyse spatio-temporelle de l'accessibilité , (O'Sullivan, Morrison, & Shearer, 2000), sur les approches combinées ou comparatives de ces méthodes (Curtis & Scheurer, 2010), ainsi que sur l'utilisation des SIG pour la modélisation et l'analyse de l'accessibilité en contexte urbain (Longley, Goodchild, Maguire, & Rhind, 2015).

En Algérie, la question de l'accessibilité aux transports collectifs s'inscrit dans un contexte particulièrement contraint, marqué par une urbanisation rapide, un étalement spatial important et une forte dépendance à la voiture individuelle, générant congestion, pollution et inégalités d'accès, comme l'ont montré plusieurs travaux sur les grandes agglomérations du pays (Aïchour 2006). Ces tensions sont accentuées dans les villes nouvelles, pensées pour absorber la croissance démographique mais souvent planifiées sans articulation suffisante entre urbanisation, réseaux de transport et équité d'accès aux services ; les recherches de Ghenouchi (Ghenouchi 2022) à Ali Mendjeli mettent ainsi en évidence, à l'échelle des 460 logements universitaires, les difficultés quotidiennes d'accès et le recours à des solutions de contournement comme le covoiturage, révélant les limites de l'offre de transport collectif.

Plus largement, Boubakour (Boubakour 2008; Houssem et Fares 2017), souligne que les systèmes de transport urbain en Algérie demeurent fragmentés et peinent à répondre aux exigences de durabilité et de justice sociale, tandis que Khelf (Khelf, Boukebbab, et Bhouri 2022, 2023) met en lumière, à Constantine, les effets ambivalents des nouveaux dispositifs – notamment le tramway – sur la congestion, la régulation du trafic et l'accessibilité globale. Dans ce cadre, la ville nouvelle d'Ali Mendjeli constitue un cas emblématique : créée pour absorber l'expansion de Constantine, elle connaît une forte pression démographique, un étalement rapide et une réorganisation profonde de son système de transport, où l'implantation du tramway, la recomposition du réseau de bus et l'évolution du rôle des taxis soulèvent la question de l'efficacité réelle de ces transformations en termes d'accessibilité pour l'ensemble des habitants (Ariane, Benidir, Et Zehioua 2023; RACHID SIDI BOUMEDINE ET PIERRE SIGNOLES s. d.; Zebiri 2019).

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente thèse, intitulée « Modélisation d'un SIG de l'accessibilité urbaine par le transport en commun. Cas de la ville nouvelle Ali Mendjeli (Constantine) », conduite dans le cadre de la formation doctorale « Villes et projets, savoirs et actions » au sein du laboratoire AUTES (De l'architecture à l'urbanisme : technique, espace et société) de la Faculté d'Architecture et d'Urbanisme de l'Université Salah Boubnider – Constantine 3. Elle vise à explorer et à optimiser les méthodologies de modélisation de l'accessibilité, en mobilisant les outils SIG et des indicateurs tels que PTAL et les isochrones, afin de produire une mesure fine, spatialisée et opérationnelle des disparités d'accessibilité dans le contexte spécifique des villes nouvelles algériennes.(Issad 2024; Sabrina et Houria 2024)

## 2. Problématique :

Cette recherche aborde la problématique de l'accessibilité urbaine par les transports en commun en se focalisant sur le cas particulier de la ville nouvelle d'Ali Mendjeli, à partir des années 1990 pour absorber l'expansion urbaine de Constantine, incarne à la fois l'ambition d'une planification urbaine novatrice et les défis de sa mise en œuvre dans un contexte socio-économique spécifique. Cette ville en pleine transformation, à la croisée des chemins entre le modèle urbain moderne et durable, présente un terrain d'étude privilégié pour explorer les enjeux de la modélisation de l'accessibilité et pour proposer des solutions adaptées à un contexte local particulier.

Ali Mendjeli, en tant que ville nouvelle, est soumise à une pression démographique importante, à un étalement urbain rapide, et à une forte dépendance à la voiture individuelle. Dans ce contexte, le système de transport en commun est déficient au vu de la demande accrue ; du manque de coordination, de flexibilité et d'efficacité, ce qui nuit à l'accessibilité et entrave la qualité de vie des habitants. L'implantation de la ligne de tramway, élément structurant de la mobilité, a engendré une réorganisation du réseau de bus, un impact sur l'utilisation des taxis et une transformation de l'organisation territoriale des activités économiques et sociales.

En tant qu'urbaniste de formation, et fortement impliqué dans les problématiques du territoire et de la mobilité, nous nous sommes engagés à comprendre les mécanismes à l'œuvre dans les problématiques de mobilité au niveau local et à construire des propositions de solutions pragmatiques et adaptées au contexte algérien.

**Notre objectif est de démontrer, au travers de cette thèse, que l'analyse et la modélisation de l'accessibilité ne peuvent se limiter à la simple application de modèles importés, mais qu'ils doivent nécessairement prendre en compte les spécificités de chaque territoire et de chaque société.**

Il s'agit pour nous de dépasser les approches traditionnelles, souvent basées sur des modèles conceptuels et quantitatifs abstraits, pour privilégier une approche plus ancrée dans la réalité du terrain, et une démarche participative avec les acteurs locaux (opérateurs de transports, aménageurs, techniciens, et usagers). Ce travail se veut une contribution à l'élaboration d'outils de planification urbaine plus efficaces, plus adaptés aux réalités locales, et plus en phase avec les attentes des populations.

Dans cette perspective, notre question centrale de recherche se présente comme suit :

**Comment concevoir et développer un SIG performant et opérationnel pour évaluer l'accessibilité urbaine par les transports en commun à Ali Mendjeli, en intégrant les données du réseau (routes, arrêts, lignes, horaires), les données socio-démographiques (densité, localisation des activités, déplacements) et les méthodes d'analyse spatiale (PTAL, isochrones) de manière à obtenir une représentation réaliste et précise du territoire et de ses dynamiques de mobilité.**

## 3. Hypothèses :

Cette thèse est structurée par deux hypothèses qui guident notre démarche et orientent nos choix méthodologiques. Elles ne représentent pas des vérités absolues, mais plutôt des propositions de travail qui doivent être explorées, vérifiées et ajustées au fur et à mesure des analyses :

- Aux données utiles à l'élaboration d'un SIG à la vue d'une modélisation d'une situation des transports en communs dans la ville nouvelle Ali Mendjeli, l'intégration des données spatiales, temporelles et socio-économiques seront d'un apport important dans la représentation et par conséquent offrent plus de précisions comme outil d'aide à la décision.
- Dans la teneur de cette hypothèse des éléments des grilles (critères, indices et indicateurs) seront amendés de façon à apporter plus de précisions dans les évaluations.

  Dans ce sens, il serait important de reprendre dans une méthode adaptée en combinant les méthodes PTAL et isochrones.

## 4. Objectifs de la Recherche :

Les objectifs de cette recherche doctorale, que nous voulons, articulés s'ordonnent autour de quatre axes complémentaires : l'avancement des connaissances scientifiques, la transmission du savoir (objectif pédagogique), l'apport de solutions concrètes pour l'action (objectif professionnel), et une contribution au débat citoyen, dont l'objectif principal est ;

En s'appuyant sur le SIG, de produire une modélisation des transports en commun à la ville nouvelle Ali Mendjeli pour une évaluation précise de l'accessibilité aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif.

Dans cet objectif principal il s'agit de :

- Identifier les facteurs spatiaux, temporels et socio-économiques pertinents qui interagissent et infèrent les prises de décision.
- Déterminer l'impact des aménagements urbains sur la mobilité et l'accessibilité
- Élaborer les documents de bases (cartographiques) pour rendre comptes des thématiques essentielles en rapport avec la mobilité et l'accessibilité.

## 5. Démarche Abductive et Itérative : un dialogue constant entre théorie et terrain.

Des questions centrales, en découlent d'autres sous-jacentes :

Dans quelle mesure les approches méthodologiques existantes, notamment l'indice PTAL et l'analyse des isochrones, permettent-elles de modéliser et d'évaluer les inégalités d'accès aux transports en commun dans le contexte spécifique d'Ali Mendjeli, et quelles sont les spécificités de chaque méthode ? Par conséquent :

Comment ces deux méthodes peuvent-elles être, à la fois, combinées et articulées pour une compréhension plus approfondie de la complexité de l'accessibilité urbaine, et quels sont les points forts et les limites de chaque méthode ?

Quels sont les facteurs, à la fois spatiaux, temporels, contextuels et socio-économiques, qui influencent l'accessibilité aux transports en commun à Ali Mendjeli, et comment peuvent-ils être intégrés dans un modèle de simulation qui soit à la fois pertinent et réaliste ?

La recherche doit s'intéresser non seulement aux aspects liés à la configuration du réseau (nombre de lignes, densité des arrêts, temps de trajets), mais aussi aux facteurs qui impactent la perception des usagers (qualité des infrastructures, sécurité, confort), ainsi qu'aux éléments qui structurent la mobilité dans la ville (densité, type de logements, localisation des équipements, etc).

Quelles sont les stratégies d'aménagement urbain et de développement des transports qui permettraient d'améliorer l'accessibilité à Ali Mendjeli, et comment les résultats de cette modélisation peuvent-ils éclairer la prise de décision et guider les choix des acteurs publics et des aménageurs ?

Par leur pertinence, ces questions secondaires suggèrent des approches méthodologiques adaptées aux objectifs fixés dans ce travail.

Cette thèse fondée sur une démarche abductive et itérative, qui s'appuie sur un dialogue constant entre les données empiriques et les concepts théoriques (Feuillet, Cossart, et Commenges 2019). En tant qu'urbaniste, il est impossible d'ignorer une familiarité installée en nous, avec la complexité des terrains et le besoin d'une approche flexible et adaptée pour étudier les phénomènes urbains. C'est ce qui explique notre support de démarche abductive particulièrement adaptée à l'analyse des systèmes complexes, car elle permet d'explorer des

phénomènes de manière non linéaire, et de faire émerger des hypothèses qui n'avaient pas été prévues au départ. Ses étapes clés étant :

1. **L'induction par l'observation et la Collecte de Données :** La première étape consiste à observer la réalité du système de transport à Ali Mendjeli, en recueillant des données multiples, à la fois quantitatives et qualitatives, afin de bien saisir les spécificités du contexte local. Cette phase d'induction est essentielle pour alimenter la réflexion théorique, et pour formuler des hypothèses basées sur des observations concrètes.

2. **La déduction par la Formulation d'Hypothèses et le Choix des Méthodes :** L'étape suivante consiste à utiliser ces observations et les théories existantes pour formuler des hypothèses qui guident la modélisation de l'accessibilité, et le choix des méthodes PTAL et Isochrones pour analyser le cas concret d'Ali Mendjeli. Il s'agit d'une étape déductive, qui permet de construire une représentation théorique du système de transport, de définir un cadre méthodologique, et de préciser les indicateurs pertinents pour la mesure de l'accessibilité.

3. **L'analyse et l'interprétation :** L'étape de l'analyse permet de mettre en œuvre les modèles, de calculer les indices, et de visualiser les résultats par des cartes, des tableaux, et des graphiques, pour dégager les tendances, pour identifier les disparités spatiales, et pour mettre en évidence les relations entre les différents éléments du système de transport.

4. **L'interprétation abductive et itérative :** Les résultats obtenus sont confrontés à la réalité du terrain et aux connaissances existantes, pour interpréter les phénomènes observés, pour expliquer les écarts, et pour mettre en évidence les mécanismes à l'œuvre. Les conclusions de cette analyse sont utilisées pour faire évoluer le cadre théorique, pour remettre en question certaines hypothèses initiales, ou pour en affiner d'autres, et pour proposer des recommandations qui soient à la fois réalistes et pertinentes.

Cette démarche itérative, caractérisée par un aller-retour constant entre l'observation et la théorie, permet une approche exploratoire et approfondie des enjeux de la mobilité urbaine.

Cette thèse ambitionne de démontrer que la modélisation de l'accessibilité aux transports en commun est un enjeu scientifique majeur et une nécessité sociale pour l'avenir de nos villes. L'approche proposée, combinant la rigueur des méthodes quantitatives à la richesse des observations qualitatives, vise à mieux comprendre les complexités de la mobilité urbaine et à proposer des outils qui soient à la fois pertinents pour la recherche et utiles pour l'action publique.

En se focalisant sur le cas particulier de la ville d'Ali Mendjeli, cette thèse aspire à contribuer à la construction d'un modèle de ville plus équitable, plus durable et plus en phase avec les aspirations de ses habitants. Plus qu'une fin en soi, cette thèse doit être considérée comme une étape dans un processus continu de recherche, d'innovation, de dialogue et d'action pour une mobilité urbaine plus humaine.

## 6. Structure de la Thèse : Un Parcours Logique et Cohérent

Afin d'atteindre les objectifs ambitieux précédemment définis, la thèse est structurée selon une approche IMRAD, complétée par une analyse critique des résultats et une ouverture sur de nouvelles pistes de recherche et d'action :

- **Chapitre I :** fondement théorique : Ce chapitre, qui constitue le point de départ de notre exploration, présente la problématique de la recherche, expose les hypothèses fondamentales, et définit le cadre théorique et conceptuel de l'étude. En utilisant le protocole PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), ce chapitre présente de manière transparente les choix méthodologiques et les sources des données. L'introduction met en évidence les éléments théoriques qui vont structurer l'approche méthodologique.
- **Chapitre II :** les villes nouvelles et la gestion du transport urbain : une analyse des outils et stratégies pour une mobilité durable : Ce chapitre explore la genèse des villes nouvelles, en analysant leurs spécificités, leurs enjeux et les stratégies de gestion du transport qui ont été adoptées dans différents contextes. Une approche comparative de différentes villes nouvelles permet de dégager des pistes pour adapter les politiques de transport au contexte spécifique d'Ali Mendjeli. Il s'agit dans ce chapitre de poser le contexte des enjeux de la planification urbaine en Algérie, et de là se concentrer, plus tard, sur le cas spécifique d'Ali Mendjeli.

- **Chapitre III** : Le transport urbain du Grand Constantine : hiatus entre la croissance urbaine et la planification du transport. : Ce chapitre s'attache à comprendre l'environnement spatial de l'étude. Il présente le cadre territorial, démographique, économique et de mobilité du Grand Constantine. Il est question de présenter l'état des lieux des réseaux de transport, en intégrant tous les modes existants, et d'analyser leurs interactions. L'objectif de ce chapitre est de mettre en lumière les spécificités locales et les contraintes qui pèsent sur l'accessibilité à Ali Mendjeli.
- **Chapitre IV :** Ali Mendjeli : une ville en mutation, un laboratoire d'étude de l'accessibilité urbaine : Ce chapitre justifie le choix d'Ali Mendjeli comme cas d'étude, en analysant son histoire, son développement urbain, et ses enjeux socio-spatiaux. En utilisant une approche multi-dates fondée sur des données satellitaires, l'analyse met en évidence les évolutions du territoire, les spécificités de chaque quartier, et permet de souligner les défis spécifiques à la ville nouvelle et les enjeux en matière d'accessibilité aux transports en commun.
- **Chapitre V :** méthodes & outils : un arsenal technologique pour modéliser l'accessibilité: Ce chapitre expose les choix méthodologiques et les outils mis en œuvre pour la modélisation de l'accessibilité. Il décrit la méthode de collecte des données (enquêtes de terrain, données existantes, bases de données), le développement de la base de données géographiques, les algorithmes d'analyse spatiale (calcul des isochrones, indice PTAL) et les outils de visualisation. Le chapitre permet de mettre en avant la méthodologie abductive adoptée et la manière dont cette méthode guide l'analyse.
- **Chapitre VI :** résultats et discussions : modélisation combinée PTAL et isochrones de l'accessibilité aux transports en commun a Ali Mendjeli Ce chapitre présente les résultats de la modélisation de l'accessibilité à Ali Mendjeli, en utilisant les méthodes PTAL et isochrones. Les données quantitatives sont analysées à l'aide d'indicateurs statistiques et spatiaux. Et les résultats sont présentés sous forme de cartes thématiques et de graphiques élaborés par nos soins sur des fonds de cartes confectionnés pour la première fois (inédites). Le chapitre met en évidence la pertinence de l'approche combinée en confrontant les résultats des deux approches. Une analyse des facteurs qui influent sur les

niveaux d'accessibilité vient enrichir la compréhension de la complexité de l'accessibilité.

- **Conclusion Générale et Perspectives :** repenser la mobilité urbaine a Ali Mendjeli et au-delà, équitable, durable et intelligente : Ce dernier chapitre synthétise les principaux résultats de la thèse, en mettant en évidence les apports méthodologiques, les avancées théoriques, et les implications opérationnelles pour la planification des transports et la mobilité urbaine à Ali Mendjeli. Il synthétise les résultats et propose des recommandations pour améliorer la situation, des pistes pour des futurs travaux de recherches et pour des actions concrètes.

# CHAPITRE I : FONDEMENT THEORIQUE

## Introduction

Dans un monde en constante mutation, marqué par l'urbanisation galopante et les défis environnementaux pressants, la mobilité urbaine devient un défi clé en matière développement durable des villes. L'augmentation exponentielle du nombre de véhicules individuels, la congestion routière, la pollution atmosphérique et les inégalités d'accès aux opportunités menacent la qualité de vie des citadins et la résilience des villes. C'est dans ce contexte que l'accessibilité urbaine s'impose comme un concept central pour la création de villes plus équitables, plus optimisées, plus efficaces et plus agréables à vivre.

L'accessibilité, qui transcende la simple notion de mobilité, se définit comme la facilité d'atteindre des destinations et des opportunités, telles que les emplois, les services, l'éducation, les loisirs et les espaces publics, en tenant compte des différents facteurs qui influencent la capacité des individus, aussi bien physiques et environnementaux que sociaux, économiques, technologiques…etc. à se déplacer et à interagir avec leur environnement. Ce chapitre théorique explore les fondements conceptuels qui guident cette recherche doctorale sur la modélisation de l'accessibilité urbaine par les transports en commun à la ville d'Ali Mendjeli.

L'intégration de l'accessibilité, de la mobilité durable et de la mobilité intelligente est un objectif majeur pour les villes du 21e siècle. Ces concepts sont interdépendants et doivent être considérés de manière holistique pour créer des systèmes de transport plus efficaces, plus équitables et plus durables. Ce chapitre théorique se concentrera sur l'exploration des différentes théories et méthodes de modélisation en urbanisme et pour l'accessibilité par les transports en commun, ainsi que sur l'analyse d'exemples de villes qui ont réussi à améliorer l'accessibilité grâce à des stratégies innovantes. Il s'agit à ce niveau de notre recherche de mieux comprendre, les défis caractéristiques et les opportunités, liés à l'amélioration de l'accessibilité urbaine, notamment dans un contexte de villes dans les pays en développement.

## 1.1 Définitions et concepts clés.

### 1.1.1 La mobilité urbaine : un concept global et multidimensionnel

La mobilité urbaine englobe l'ensemble des modes de transport utilisés par les citadins, allant des déplacements à pied aux transports en commun, en passant par le vélo, la voiture

individuelle et les nouvelles solutions de mobilité telles que le covoiturage, les trottinettes électriques et les services de mobilité partagée (Pucher & Buehler, 2008). Elle est donc intrinsèquement liée à la qualité de vie et au fonctionnement des villes.

- **Une perspective géographique : la mobilité dans l'espace urbain.**

La géographie urbaine souligne l'importance de l'espace et de la structure des villes sur la mobilité. La forme urbaine, la densité des populations, la présence de centres d'activités et la distribution des infrastructures de transport influencent considérablement les choix modaux des citadins et la performance du système de transport (Cervero & Kockelman, 1997) ,(K. T. Geurs & Van Wee, 2004)

- **Une perspective économique : les coûts et les bénéfices de la mobilité urbaine.**

L'économie des transports révèle une balance compliquée entre les coûts et les bénéfices associés aux différents modes de transport. Le coût de possession d'une voiture individuelle, par exemple, est un facteur déterminant dans le choix modal des usagers. L'attractivité des transports en commun dépend de la qualité du service, de la fréquence des trajets, du coût des billets et de la proximité des stations (Lucas, 2012) (Bonnel, 2002)

- **Une perspective environnementale : l'impact de la mobilité sur l'environnement.**

Pour assurer un développement durable en milieu urbain il est indéniable de se préoccuper de l'impact écologique des systèmes de transport. La pollution atmosphérique, le bruit, l'artificialisation des sols et les émissions de gaz à effet de serre sont des conséquences directes de la mobilité urbaine, dégradant ainsi la qualité de l'air et affectant la santé des habitants. (Mercier, 2008)

### 1.1.2 La mobilité intelligente : l'innovation au service de la mobilité urbaine

La mobilité intelligente est un concept émergent qui vise à améliorer l'efficacité, la sécurité et la durabilité des systèmes de transport en utilisant les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTICs). L'objectif est de créer des systèmes de transport plus intelligents, plus connectés et plus réactifs aux besoins des usagers. L'association de ces approches innovantes et de des technologies avancées a pour objectif d'assurer une durabilité, une adaptabilité et une efficacité de ces systèmes de transport.(Rallet, Aguilera, & Guillot, 2009)

### 1.1.3 La Mobilité Durable : Un Engagement pour l'Environnement et la Société.

La mobilité durable vise à promouvoir des modes de transport respectueux de l'environnement et de la santé publique, en réduisant la dépendance à la voiture individuelle et ses impacts négatifs. L'objectif est de créer des systèmes de transport plus durables, plus équitables et plus inclusifs. (Guicheteau & Millette, 2012)

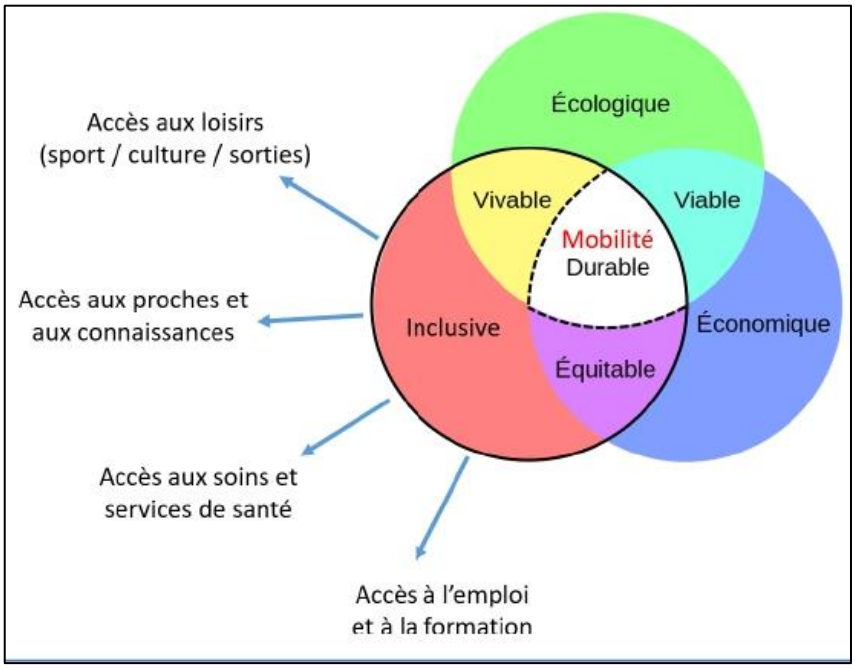



*Figure 1.1: : Les Piliers de la Mobilité Durable, ,*

*source (Hernja & Kaufmann, 2022)*

Le schéma représente un modèle de mobilité durable et inclusive, mettant en avant l'interdépendance de trois dimensions : l'écologique, l'économique et l'inclusive. Le cercle central, symbolisant la mobilité durable, n'est atteignable que par l'intersection des trois dimensions. La dimension écologique, représentée par l'accès aux services et aux opportunités, souligne l'importance d'une mobilité respectueuse de l'environnement (Hernja & Kaufmann, 2022). La dimension économique, symbolisée par la viabilité, met l'accent sur la dimension financière et la faisabilité de la mobilité durable. La dimension inclusive, représentée par l'accès à la mobilité pour tous, est indispensable pour une mobilité durable et équitable. Le cercle violet, symbolisant l'équité, est placé au cœur de la mobilité durable, soulignant l'importance de la justice sociale dans la réalisation d'une mobilité accessible à tous. Ce schéma met en lumière la complexité de la mobilité durable et inclusive, exigeant une approche multidimensionnelle qui intègre les enjeux sociaux, économiques et environnementaux pour une mobilité équitable et accessible à tous.

### 1.1.4 L'intégration des concepts de mobilité.

La mobilité durable, la mobilité intelligente et l'accessibilité urbaine sont des concepts interdépendants qui contribuent à la création de villes plus durables et plus agréables à vivre. Ainsi ces corrélations se présentent comme suit :

*Mobilité intelligente et accessibilité :* La mobilité intelligente peut améliorer l'accessibilité en offrant des informations en temps réel, en optimisant les itinéraires, en gérant le trafic de manière plus efficace et en proposant des solutions de transport plus flexibles et plus personnalisées. Par exemple, les applications de mobilité peuvent aider les usagers à trouver les meilleurs itinéraires et les transports en commun les plus adaptés à leurs besoins, ce qui améliore l'accessibilité aux emplois, aux services et aux activités.

*Mobilité durable et accessibilité :* La mobilité durable améliore l'accessibilité en favorisant les modes de transport actifs et les transports en commun, qui sont souvent plus accessibles aux populations à faibles revenus et aux personnes à mobilité réduite. La création d'infrastructures dédiées à la marche et au vélo, ainsi que l'amélioration de la fréquence et de la qualité des transports en commun, contribuent à réduire les inégalités d'accès et à rendre la ville plus inclusive.

*Mobilité intelligente et mobilité durable :* La mobilité intelligente peut contribuer à la mobilité durable en favorisant l'utilisation des transports en commun, en optimisant les itinéraires et en réduisant la congestion. Par exemple, les systèmes de feux de circulation adaptatifs peuvent privilégier les transports en commun et les modes actifs, réduisant ainsi les émissions de CO2.

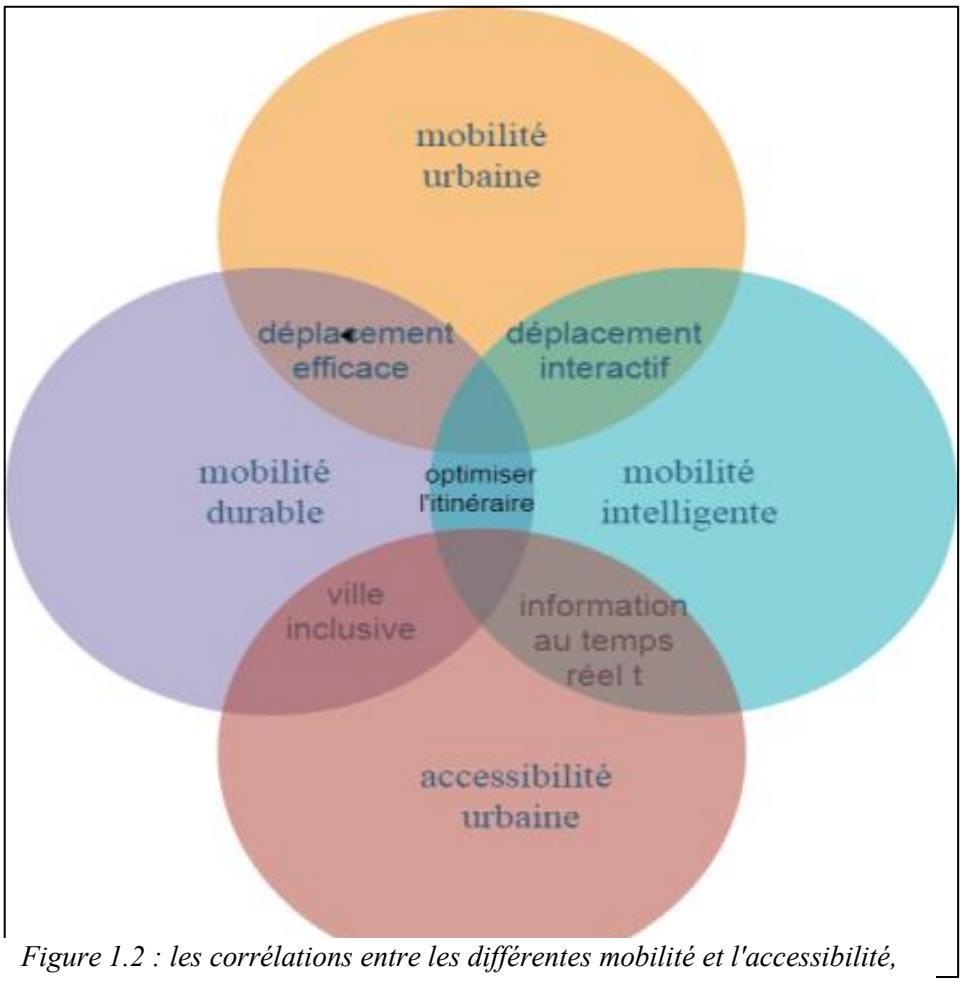



*Figure 1.2 : les corrélations entre les différentes mobilité et l'accessibilité, source : auteure*

### 1.1.5 L'Accessibilité urbaine : un concept multidimensionnel en constante évolution.

L'accessibilité urbaine, concept fondamental en planification urbaine et en géographie des transports, représente la facilité d'atteindre des destinations et des opportunités, telles que les emplois, les services, les loisirs et les espaces publics. Bien que l'idée d'accessibilité semble intuitive, sa définition est complexe et évolue en fonction des contextes et des perspectives. Nous allons explorer les différentes définitions de l'accessibilité urbaine proposées par plusieurs auteurs clés, mettant en lumière leurs nuances et leurs implications pour la compréhension et la gestion de la mobilité urbaine.

Hansen (1959) : L'accessibilité comme relation spatiale.

William G. Hansen, un géographe reconnu pour ses travaux en planification urbaine et en analyse spatiale, a été l'un des premiers à étudier le concept d'accessibilité. Il définit ce concept comme " *La facilité avec laquelle une activité peut être atteinte à partir d'un lieu donné.*"(Hansen, 1959) Cette définition met l'accent sur la relation spatiale, soulignant la

proximité physique entre un point d'origine et une destination. La distance géographique est ici le facteur déterminant de l'accessibilité. Cette vision est particulièrement utile pour analyser les liens entre les différents éléments d'une ville et identifier les zones plus ou moins facilement accessibles. Cependant, cette définition reste limitée car elle ne prend pas en compte les autres dimensions de la mobilité, telles que le temps de trajet, les coûts, les modes de transport disponibles ou les barrières sociales.

William Alonso (1964) : l'accessibilité comme proximité physique à une activité

Alonso, un économiste et urbaniste reconnu, définit l'accessibilité comme « *La facilité avec laquelle une activité peut être atteinte à partir d'un lieu donné* ».(Alonso, 1964) Cette définition met l'accent sur la relation spatiale, soulignant la proximité physique entre un point d'origine et une destination. La distance géographique est ici le facteur déterminant de l'accessibilité. Cette vision est particulièrement utile pour analyser les liens entre les différents éléments d'une ville et identifier les zones plus ou moins facilement accessibles. Cependant, cette définition reste limitée car elle ne prend pas en compte les autres dimensions de la mobilité, telles que le temps de trajet, les coûts, les modes de transport disponibles ou les barrières sociales.

Ingram (1971) : L'accessibilité comme potentiel d'interaction

Ingram, géographe spécialisé dans la planification régionale, propose une définition plus nuancée, considérant l'accessibilité comme *« La potentialité d'interaction entre les activités situées à différents points de l'espace »* (Ingram, 1971). Cette approche met en avant le potentiel d'interaction, soulignant que l'accessibilité ne se limite pas à la distance physique mais dépend également de la capacité des individus à interagir avec les opportunités offertes par la ville. Cette définition reconnaît l'importance des infrastructures de transport, des services et des opportunités qui permettent aux individus de participer à la vie sociale, économique et culturelle de la ville. Elle souligne que l'accessibilité est un concept dynamique, dépendant de l'interaction entre les individus et leur environnement.

Geurs & van Wee (2004) : L'accessibilité centrée sur la satisfaction des besoins

Geurs, géographe spécialisé en transport, et van Wee, expert en transport, adoptent une perspective davantage axée sur les besoins individuels. Ils définissent l'accessibilité comme *« La facilité avec laquelle les individus peuvent atteindre des activités et des services qui répondent à leurs besoins »(K. T. Geurs & Van Wee, 2004)*. Cette définition souligne que

l'accessibilité est un concept subjectif qui dépend des aspirations, des capacités et des motivations de chaque individu. L'accès à des opportunités et des services adaptés aux besoins spécifiques des usagers est donc primordial pour une mobilité urbaine équitable et inclusive.

Litman (2008) : L'accessibilité comme concept multidimensionnel

Litman, un expert reconnu en transport durable, propose une définition plus globale et intégrée, considérant l'accessibilité comme *« La facilité de déplacement entre les lieux et la facilité d'accès aux activités et opportunités* ».(Litman, 2008) Cette définition reconnaît la multi dimensionnalité de l'accessibilité, en intégrant les aspects spatiaux, temporels et économiques de la mobilité. Elle souligne l'importance de prendre en compte les différents facteurs qui influencent la capacité des individus à se déplacer, tels que les temps de trajet, les coûts, la sécurité et la fiabilité des transports.

Kenneth Button (2010) : Économiste des transports

Button, économiste spécialisé dans le transport, aborde l'accessibilité en mettant en avant l'importance de l'équité. Il souligne que *« L'accessibilité doit être définie non seulement en fonction des distances et des temps de trajet, mais aussi en fonction des moyens financiers et des capacités des individus ».* Cette perspective met en lumière le besoin de politiques de transport inclusives qui garantissent l'accès aux opportunités pour tous, indépendamment de leur situation socio-économique.(Button 2010)

Enrica Papa (2016) urbaniste :

Dans la continuité des travaux récents sur l'accessibilité dynamique et les systèmes d'information géographique, l'accessibilité peut être définie comme « la capacité à se déplacer facilement vers des destinations désirables dans un système de transport en constante évolution », définition qui insiste sur l'évolution des besoins des usagers, la variabilité de l'offre et l'intégration d'informations en temps réel.(Papa et al. 2016)

« Au regard de ces apports théoriques, cette recherche retient l'accessibilité urbaine comme un concept multidimensionnel qui désigne la capacité, pour des individus ou des groupes sociaux, à atteindre de manière effective et équitable des activités et des opportunités situées dans l'espace urbain, en combinant les dimensions spatiale (proximité), temporelle (temps de trajet), économique (coût), sociale (capacités et contraintes des usagers) et modale (possibilités d'intermodalité entre marche, vélo et transports collectifs). »

## 1.2 Les dimensions de l'accessibilité urbaine.

L'accessibilité urbaine est un concept multidimensionnel essentiel à la mobilité et l'équité. Quatre dimensions clés sont à considérer.(Bonnel, Bouzouina, & Monchambert, 2013)

### 1.2.1 Accessibilité spatiale : proximité, connectivité et configuration du territoire urbain

Capacité d'atteindre des destinations, influencée par la proximité, la connectivité du réseau de transport (densité, couverture, fréquence) et les infrastructures pour les modes actifs et les personnes à mobilité réduite (Handy & Niemeier, 1997; K. T. Geurs & Van Wee, 2004; Ewing & Cervero, 2011; Rodrigue, Slack, & Comtois, 2017). La densité et la mixité fonctionnelle réduisent la dépendance à la voiture (Jacobs, 1961). Une étude a démontré que les quartiers denses et mixtes offrent une meilleure accessibilité aux emplois via les transports en commun et les modes actifs (Cervero & Kockelman, 1997). L'isolement géographique des zones rurales crée des obstacles à la participation sociale et économique (Farrington & Farrington, 2005). L'étalement urbain conduit à une dépendance accrue à la voiture et à une diminution des opportunités de mobilité (Duvernoy et al., 2018).

### 1.2.2 Accessibilité temporelle : le temps de trajet comme déterminant de la mobilité urbaine

Temps nécessaire pour atteindre des destinations, influencée par la vitesse et la fiabilité des transports en commun (Primerano & Michael, 2005; Strathman et al., 2000), la congestion du trafic (Vickrey, 1969), la distance aux arrêts de transport en commun (O'Sullivan, Morrison, & Shearer, 2000) et la fréquence des services (Curtis & Scheurer, 2010; Redman et al., 2013). Une étude souligne l'importance de la performance des réseaux de transport pour garantir une accessibilité temporelle optimale (D. M. Levinson & Kumar, 1997).

### 1.2.3 Accessibilité économique : le coût du transport comme déterminant de l'équité urbaine

Capacité financière de se déplacer, influencée par le coût des transports en commun (Lucas, 2012; Glaeser, Kahn, & Rappaport, 2008), le coût de possession d'une voiture (Litman, 2020), et les politiques de tarification (De Palma et al., 2011). Une étude a montré qu'une politique de tarification bien conçue peut réduire la congestion et améliorer l'accessibilité économique (Lucas, 2004).

### 1.2.4 Accessibilité Sociale : L'Équité et l'Inclusion comme Fondements de la Mobilité Urbaine

Capacité d'accéder équitablement aux opportunités urbaines, influencée par la conception universelle (Imrie, 2005), les politiques sociales (Preston & Rajé, 2007), et la sécurité (Pain, 2000; Redman et al., 2013). Une étude a démontré que les systèmes de vélos en libre-service améliorent l'accessibilité sociale, en particulier pour les femmes et les personnes à faibles revenus (Delbosc & Currie, 2011).

## 1.3 Théories de l'accessibilité urbaine

Le champ de l'accessibilité urbaine s'appuie sur un large éventail de théories et de concepts issus de disciplines variées, notamment la géographie, l'urbanisme, l'économie des transports, la sociologie et les sciences de l'information. Ce panorama théorique que nous allons déployer permettra de comprendre les facteurs qui influencent l'accessibilité, d'analyser ses implications sociales, économiques et environnementales, et de proposer des solutions pour améliorer la mobilité urbaine dans une perspective durable et intelligente.

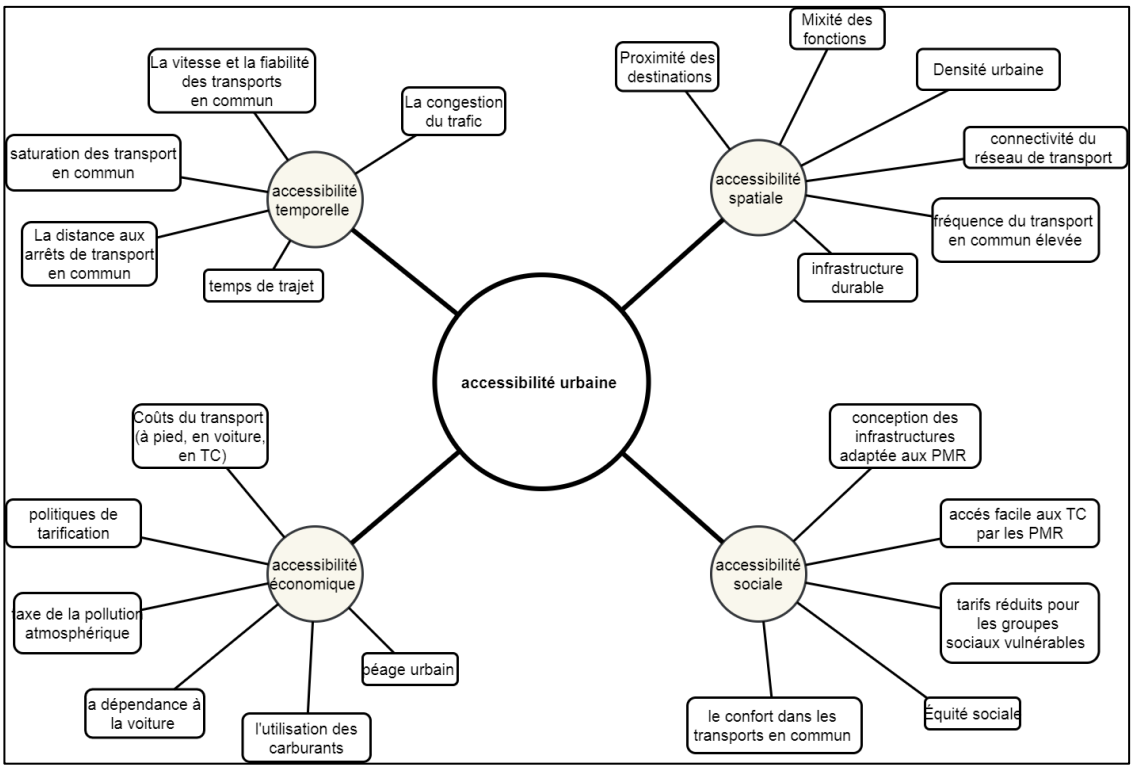



*Figure 1.3Les dimensions de l'accessibilité urbaine, recapitulé par l'auteure, 2024*

### 1.3.1 Théorie de la rente foncière (Alonso, 1964)

La théorie de la rente foncière, formulée par l'économiste William Alonso appuie le fait que l'accessibilité est un déterminant clé de la valeur du sol et de la localisation des activités économiques. Selon cette théorie, les individus et les entreprises sont prêts à payer

davantage pour un emplacement offrant un accès facile aux opportunités (emplois, marchés, services). En conséquence, les zones les plus accessibles, comme les centres-villes, ont tendance à avoir des prix fonciers plus élevés. La théorie de la rente foncière explique la distribution spatiale des activités économiques en fonction de leur sensibilité à l'accessibilité. Les activités nécessitant un accès fréquent aux clients ou aux fournisseurs, comme le commerce de détail ou les services, ont tendance à se situer dans les zones les plus accessibles, tandis que les activités moins sensibles à l'accessibilité, comme l'industrie lourde, peuvent se situer dans des zones plus éloignées. (Alonso, 1964)

### 1.3.2 Théorie des lieux centraux (Christaller, 1933)

La théorie des lieux centraux, développée par le géographe Walter Christaller, explique la distribution spatiale des villes et des services en fonction de l'accessibilité et de la taille du marché. Selon cette théorie, les villes fournissent des services à une zone environnante appelée *hinterland*. (Shuper, 1999)

La taille et l'espacement des villes sont déterminés par la portée des biens et services qu'elles offrent. Les biens et services de plus grande portée, comme les hôpitaux ou les universités, nécessitent une population plus importante pour être viables et sont donc offerts dans des villes plus grandes et plus espacées. Les biens et services de moindre portée, comme les épiceries ou les écoles primaires, sont offerts dans des villes plus petites et plus rapprochées. La théorie des lieux centraux met en évidence le rôle de l'accessibilité dans la hiérarchie urbaine et l'organisation spatiale des activités économiques.(Robic, 1982)

### 1.3.3 Théorie de la justice spatiale (Soja, 2009) et de la mobilité durable (Banister,2005) :

La théorie de la justice spatiale, défendue par le géographe Edward Soja, souligne l'importance de l'accessibilité pour l'équité sociale et la lutte contre les inégalités spatiales. Selon cette théorie, l'accès inégal aux opportunités (emplois, éducation, santé, etc.) en fonction de la localisation géographique est une source d'injustice sociale.

Les populations vivant dans des zones mal desservies par les transports, les services et les infrastructures sont défavorisées par rapport à celles vivant dans des zones plus accessibles. La théorie de la justice spatiale appelle à une planification urbaine plus équitable qui garantisse l'accès aux opportunités pour tous, indépendamment de leur lieu de résidence. L'accessibilité par transport en commun est un élément clé de la justice spatiale, car elle

permet de réduire les inégalités et d'assurer une participation équitable à la vie urbaine.(Soja, 2009)

Théorie de la mobilité durable (Banister, 2005) : Cette théorie vise à promouvoir des modes de transport respectueux de l'environnement et de la santé publique, tels que les transports en commun, la marche et le vélo. L'amélioration de l'accessibilité par ces modes est essentielle pour réduire la dépendance à la voiture individuelle et ses impacts négatifs. (Banister, 2005)

### 1.3.4 Théorie de la ville compacte (Burton, 2000).

- La théorie de la ville compacte, promue par l'urbaniste Elizabeth Burton, soutient qu'une densité urbaine élevée et une mixité des fonctions favorisent l'accessibilité et réduisent la dépendance à la voiture. Les villes compactes permettent aux résidents de se déplacer plus facilement à pied, à vélo ou en transports en commun, réduisant ainsi les émissions de gaz à effet de serre et améliorant la qualité de vie.

La mixité des fonctions, c'est-à-dire la présence d'une variété d'usages du sol (résidentiel, commercial, bureaux, etc.) dans un même quartier, permet aux résidents d'accéder à une variété de services et d'opportunités à proximité de leur domicile. La théorie de la ville compacte est souvent associée à des concepts tels que le développement orienté du transport en commun (TOD) et la ville des courtes distances.(Burton, 2000)

Théorie du développement orienté vers le transport en commun (DOTC) (Calthorpe, 1993): Cette approche de planification urbaine vise à créer des environnements propices à l'utilisation des transports en commun, en concentrant les activités et les services autour des nœuds de transport et en favorisant la densité et la mixité des usages du sol.(Calthorpe, 1993)

- Théorie de la ville des courtes distances (Gehl, 2013): Ce concept promeut une organisation urbaine où les distances à parcourir pour accéder aux services et aux activités quotidiennes sont réduites, favorisant ainsi la marche et le vélo et améliorant l'accessibilité à l'échelle locale.(Gehl, 2013)

### 1.3.5 Théories spécifiques à l'accessibilité et au transport en commun : des outils pour l'analyse et la modélisation.

- Théorie des graphes et analyse de réseaux (Miller & Shaw, 2001): Ces outils mathématiques permettent de modéliser les réseaux de transport et d'analyser les relations spatiales entre les différents points du réseau. Ils sont utilisés pour calculer des mesures

d'accessibilité, telles que les temps de trajet, les distances et les chemins optimaux.(Ben-Akiva & Lerman, 1985; Miller & Shaw, 2001)

- Modèles de potentiel d'accessibilité (Hansen, 1959): Ces modèles mesurent l'accès potentiel à un ensemble de destinations, en tenant compte de la distance, du temps de trajet et de l'attractivité des destinations. Ils permettent d'évaluer l'accessibilité globale d'une zone et d'identifier les zones mal desservies.(Hansen, 1959)

- Modèles de choix discrets (Ben-Akiva & Lerman, 1985): Ces modèles analysent les choix de déplacement des individus en fonction de leurs caractéristiques socio-économiques et des attributs des différents modes de transport disponibles. Ils permettent de comprendre les facteurs qui influencent l'utilisation des transports en commun et de simuler l'impact des politiques de transport.(Ben-Akiva & Lerman, 1985)

### 1.3.6 Théories de la gestion et de l'optimisation des transports :

- Théorie de l'intégration des transports (Haezendonck, 2008) **:** Cette théorie souligne l'importance de la coordination entre les différents modes de transport pour offrir aux usagers des déplacements fluides et efficaces. L'intégration des transports en commun avec d'autres modes, tels que la marche, le vélo et les services de mobilité partagée, est essentielle pour améliorer l'accessibilité et la durabilité.(Haezendonck, 2008)

- Théorie de la tarification des transports (Button, 2016) : Cette théorie explore les différents mécanismes de tarification des transports en commun et leur impact sur l'utilisation, l'équité et l'efficacité du système. La tarification peut être un outil puissant pour influencer les choix de déplacement des usagers et encourager l'utilisation des transports en commun.(Hensher & Button, 2007)

### 1.3.7 L'intégration de la mobilité intelligente :

- Théorie des systèmes intelligents de transport (ITS) : Les ITS utilisent les technologies de l'information et de la communication (TIC) pour améliorer l'efficacité, la sécurité et la durabilité des transports. Ils englobent un large éventail de technologies, telles que les applications de mobilité, les systèmes d'information voyageurs, les véhicules autonomes et les systèmes de gestion du trafic intelligent.(Romet, 2022)

- Théorie de la ville intelligente : Le concept de ville intelligente vise à utiliser les TIC pour améliorer la qualité de vie des citoyens, la gestion urbaine et la durabilité. La mobilité

intelligente est un élément clé de la ville intelligente, car elle permet de rendre les transports plus efficaces, accessibles et durables.

L'intégration de ces diverses théories et concepts est une inéluctable construction d'un cadre théorique solide pour l'analyse de l'accessibilité à Ali Mendjeli et conséquemment dans le Grand Constantine. Ce cadre théorique met en lumière l'importance d'une approche multidisciplinaire pour comprendre les défis et les opportunités de la mobilité urbaine.(Picon, 2016)

Analyse des inégalités d'accessibilité : La théorie de la justice spatiale permet d'identifier les populations et les zones qui sont défavorisées en termes d'accès aux opportunités et aux services.

Évaluation de la durabilité des transports : La théorie de la mobilité durable fournit des outils pour évaluer l'impact environnemental, social et économique des transports et pour identifier des solutions pour une mobilité plus durable.

Conception d'une ville accessible et durable : Les théories d'aménagement du territoire et de conception urbaine proposent des solutions pour créer des environnements propices à la marche, au vélo et aux transports en commun, améliorant ainsi l'accessibilité et la durabilité.

Modélisation et analyse de l'accessibilité : Les théories spécifiques à l'accessibilité et au transport en commun fournissent des outils pour mesurer, analyser et modéliser l'accessibilité, ce qui permet d'identifier les zones mal desservies et de simuler l'impact des politiques de transport.

Intégration de la mobilité intelligente : Les théories des ITS (systèmes intelligents de transport) et de la ville intelligente permettent d'explorer le potentiel des technologies pour améliorer l'accessibilité, l'efficacité et la durabilité des transports.

## 1.4 Méthodes de modélisation en urbanisme et pour l'accessibilité par les transports en commun.

### 1.4.1 Définition de la modélisation

La modélisation est un outil puissant, cependant une simple représentation simplifiée, pour comprendre, planifier et gérer les systèmes urbains, notamment en matière de transport et d'accessibilité. Nous tenterons d'explorer en profondeur à ce niveau, les

méthodes de modélisation utilisées en urbanisme, en se concentrant sur celles qui évaluent l'accessibilité par les transports en commun.

Notons que la modélisation est un processus clé dans de nombreux domaines, de la science à l'ingénierie en passant par les sciences sociales. Celle-ci est définie comme suit, par différents auteurs :

- **Shannon (1975) :** Décrit la modélisation comme « *L'art de représenter un système complexe par un système plus simple, plus facilement manipulable, qui conserve néanmoins les caractéristiques essentielles du système original »*(p. 15). Cette définition met en avant l'aspect de simplification et de représentation d'un système réel pour une meilleure compréhension et une adéquate manipulation.(Shannon, 1948)
- **Zeigler (1976) :** Définit la modélisation comme « *La construction d'un système physique ou abstrait qui représente un autre système, appelé le système cible, de manière à reproduire ou prédire le comportement du système cible »* (p. 4). Cette définition met l'accent sur la capacité du modèle à reproduire ou prédire le comportement du système original.(Zeigler, Praehofer, & Kim, 2000)
- **Bellinger, Castro et Mills (2004) :** Propose une vision plus large en définissant la modélisation comme *« Un processus itératif de construction et d'utilisation de modèles pour représenter, comprendre et résoudre des problèmes »*. (p. 3). Elle souligne l'aspect dynamique et itératif de la modélisation, ainsi que son utilité pour la résolution de problèmes concrets.(Bellinger, Castro, & Mills, 2004)
- **Edwards (2000) :** Définit la modélisation comme *« Le processus de création d'une représentation simplifiée d'un système ou d'un phénomène réel afin de mieux le comprendre, de prédire son comportement ou de tester des hypothèses ».* (p. 12). Cette définition met en avant l'objectif de compréhension, de prédiction et de test d'hypothèses via la simplification du système réel.(Edwards, 2000)

Ces définitions, bien que légèrement différentes, convergent sur plusieurs points clés :

- Représentation simplifiée : La modélisation implique de créer une représentation simplifiée d'un système ou phénomène complexe.
- Objectifs multiples : Les modèles peuvent servir à comprendre, prédire, tester, explorer, optimiser ou contrôler le système étudié.

- Processus itératif : La modélisation est un processus itératif qui implique la construction, l'évaluation et l'affinement du modèle en fonction des résultats obtenus et des nouvelles informations disponibles.

La modélisation est un processus de création d'une représentation simplifiée d'un système ou d'un phénomène complexe afin de mieux le comprendre, de prédire son comportement, de tester des hypothèses, ou de l'optimiser. Elle implique de transformer un système réel, souvent complexe et difficile à manipuler, en un modèle plus simple et plus facile à analyser, en conservant les éléments essentiels pour l'étude. Ce processus est itératif, impliquant la construction, l'évaluation, l'affinement et la validation du modèle en fonction des résultats obtenus et des nouvelles informations disponibles.

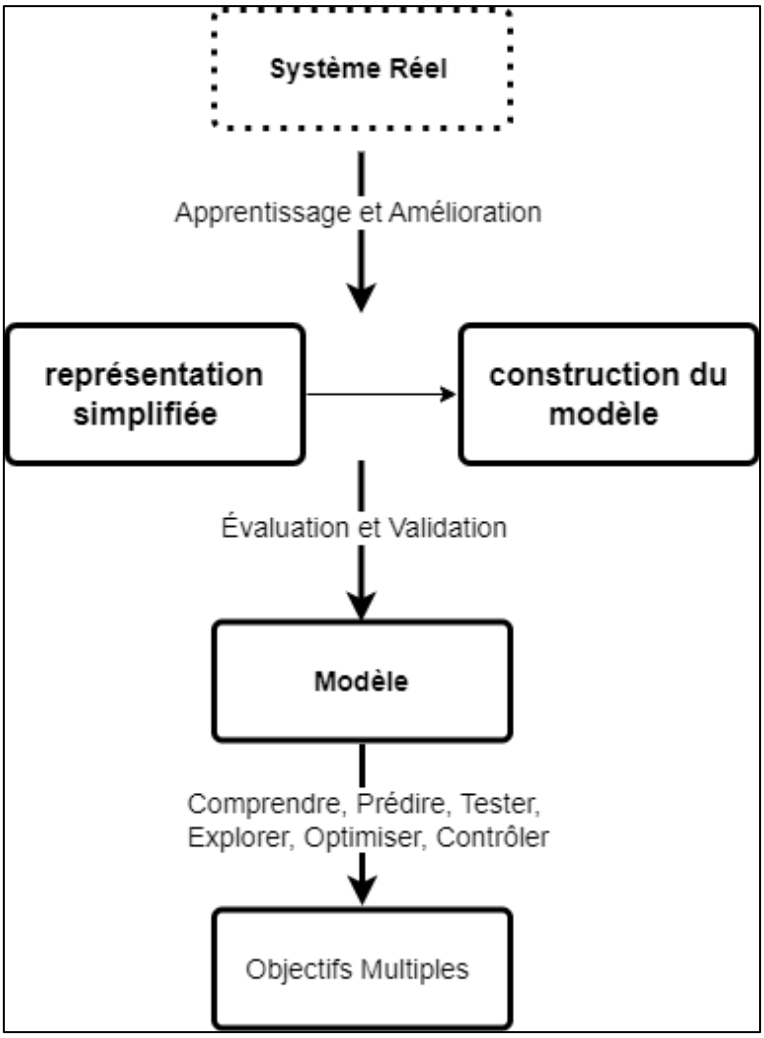



*Figure 1.4les étapes clés de la modélisation, recapitulé par l'auteure, 2024*

### 1.4.2 Historique de la modélisation : des cartes empiriques aux systèmes urbains intelligents

La modélisation, en tant que démarche visant à simplifier et à représenter des systèmes complexes, est une pratique qui remonte à l'aube de la civilisation humaine. Des cartes rudimentaires gravées sur des tablettes d'argile aux simulations numériques sophistiquées, les sociétés ont toujours cherché à appréhender et à maîtriser leur environnement par le biais de représentations abstraites. L'histoire de la modélisation urbaine, en particulier, témoigne de cette quête constante pour comprendre les dynamiques complexes qui façonnent nos villes et pour anticiper leurs évolutions futures (Batty, 2007)

❖ *Les prémices de la modélisation urbaine : cartographie et plans d'aménagement*

Les débuts de la modélisation urbaine se trouvent dans l'Antiquité avec plans, cartes, et maquettes pour la planification et la construction. Les plans hippodamiens illustrent cette

volonté d'organisation géométrique (Benevolo, 1983) ; (Morris, 2013). Au Moyen Âge, les plans se complexifient avec des détails sur les infrastructures (Lilley, 2014). La Renaissance marque un tournant avec l'essor de la perspective, célébrant la puissance des villes tout en offrant une vision globale de leur organisation spatiale.

❖ *L'émergence de la modélisation scientifique : statistique et urbanisme*

Le XIXe siècle a vu l'émergence de la modélisation urbaine scientifique (Porter, 1996). La statistique a permis d'analyser les phénomènes urbains (Hankins, 1968). L'urbanisme naissant a utilisé des plans pour concevoir des villes idéales et résoudre les problèmes de croissance (Hall, 2014). Les cités-jardins et la Cité Industrielle sont des exemples de la modélisation prescriptive visant à transformer la réalité (Fishman, 1982).

❖ *La révolution informatique et l'essor des modèles urbains complexes*

La révolution informatique au XXe siècle a transformé la modélisation urbaine avec des outils puissants. Les premiers modèles informatiques macroscopiques simulaient les interactions économiques et les déplacements (Forrester, 1970), comme le modèle Lowry (Lowry, 1964). L'essor des ordinateurs et des SIG dans les années 80 et 90 a rendu la modélisation plus accessible et sophistiquée (Longley et al., 2015), permettant des analyses spatiales complexes et des modèles plus désagrégés (Benenson & Torrens, 2004).

❖ *Les défis actuels et les nouvelles frontières de la modélisation urbaine*

La modélisation urbaine actuelle fait face à la complexité, à l'abondance de données et au développement durable (Portugali, 1999). Les villes intelligentes offrent des données en temps réel (Townsend, 2013), nécessitant des méthodes d'analyse innovantes comme l'intelligence Artificielle IA, l'apprentissage automatique et la simulation multi-agents.

Parmi les défis de la modélisation urbaine aujourd'hui, nous pouvons citer :

- <u>Intégrer la complexité</u> : la ville est un ensemble de systèmes interdépendants, et complexes. Les modèles actuels sont trop sectoriels. Il faut parvenir à construire des modèles qui articulent les aspects démographiques, économiques, politiques, sociaux et environnementaux.
- <u>Représenter les comportements humains :</u> Les modèles sont encore fondés sur des hypothèses simplificatrices, en particulier sur les comportements des usagers et leur processus de décision. Pour progresser dans ce domaine, il faut intégrer des méthodes qualitatives, afin de mieux comprendre les préférences, les motivations, les

perceptions des usagers, et d'utiliser les données massives pour mieux cerner les pratiques de mobilité.

- Prendre en compte l'incertitude : Les modèles prospectifs font face à un défi majeur : la prise en compte de l'incertitude liée à l'évolution de la société, aux changements climatiques, aux évolutions technologiques. Pour relever ce défi, il faut développer des méthodes robustes pour modéliser l'incertitude, évaluer les risques et adapter les politiques publiques.
- Faciliter la participation : La modélisation, encore trop souvent considérée comme le domaine réservé aux experts, doit être intégrée dans un processus de participation qui permet aux citoyens d'exprimer leurs besoins, de partager leurs connaissances, et de participer à la conception des modèles et à l'évaluation des scénarios. Cette participation est essentielle pour garantir une appropriation collective des enjeux de la ville, et pour des décisions plus éclairées et plus démocratiques.
- Développer l'interopérabilité : Les modèles sont souvent développés en silos, et il est difficile de les articuler et de les combiner. L'avenir de la modélisation urbaine passe par une standardisation des données, le développement d'interfaces et d'outils d'interopérabilité, et une mutualisation des connaissances.

### 1.4.3 Les méthodes de la modélisation :

- *Modélisation de la croissance urbaine.*

La prévision des besoins futurs en transport et accessibilité dépend de la compréhension de la croissance urbaine, modélisée par :

- Modèles cellulaires automates : Simulation de la croissance via règles locales appliquées aux cellules, illustrant la ségrégation spatiale (Schelling, 1971)
- Modèles économétriques : Analyse statistique des relations entre variables économiques et expansion urbaine par régression.
- Modèles d'optimisation spatiale : Identification de la configuration optimale de l'utilisation du sol selon des critères spécifiques, souvent par programmation linéaire.

Ces modèles prévoient l'expansion spatiale et ses conséquences, essentiels pour une planification urbaine efficace

- *Modélisation des transports*

La modélisation des transports est essentielle pour l'analyse des flux, l'évaluation du système et la planification. Les modèles incluent :

- Modèles à 4 étapes : Prévision de la demande segmentée en définition, recueil d'informations, formalisation/validation (Bonnel, 2004), et prévision.
- Modèles d'équilibre général : Simulation de l'interaction offre/demande de transport et son impact économique/spatial, permettant l'évaluation des politiques.
- Modèles de micro-simulation : Simulation du comportement individuel des usagers pour analyser le choix modal, les itinéraires et les temps de trajet, utile pour les politiques ciblées.

- *Modélisation de l'accessibilité par les transports en commun.*

L'évaluation de l'accessibilité en transport en commun requiert des méthodes spécifiques :

- Mesures basées sur la distance : Distance à vol d'oiseau (simple mais irréaliste), distance routière (voiture seulement), distance à pied (accessibilité locale) (L'Hostis & Leysens, 2012).
- Mesures basées sur le temps de trajet : Isochrones (visualisation de l'accessibilité temporelle) (O'Sullivan et al., 2000), temps de trajet cumulé (accessibilité globale), temps d'attente moyen (attractivité) (Lu et al., 2018), TTSAT (temps total incluant attente et marche) (Cheng & Agrawal, 2010).
- Indices d'accessibilité : PTAL (accès aux opportunités par TC) (Adhvaryu et al., 2019 ; Wu & Hine, 2003), indice d'accessibilité aux emplois (Joly et al., 2006), indice de gravité (attractivité selon opportunités et distance) (Bonnafous et al., 2009), LUPTAI (intègre données dynamiques du TC) (Yigitcanlar et al., 2007).
- Modèles de choix discret : Modèles logit/probit (probabilité de choix selon attributs) (Liao, 1994).

### 1.4.4 Les outils de modélisation.

Le choix des outils de modélisation dépend des objectifs de l'analyse, des données disponibles et des ressources techniques. Les quelques exemples d'outils couramment utilisés se présentent comme suit :

- Logiciels SIG (Systèmes d'Information Géographique) : ArcGIS, QGIS, GRASS GIS, etc. Ils permettent de manipuler des données spatiales, de créer des cartes, d'analyser des relations spatiales et d'intégrer des données provenant de différentes sources.

- Logiciels de modélisation de transport : VISUM, EMME, CUBE, TransCAD, etc. Ces logiciels spécialisés sont conçus pour la modélisation à 4 étapes, l'affectation de trafic, la simulation de réseaux de transport et l'analyse de scénarios.
- Logiciels de statistiques et d'économétrie : R, Stata, SPSS, SAS, etc. Ils permettent d'analyser des données quantitatives, de réaliser des analyses statistiques et de développer des modèles économétriques.
- Langages de programmation : Python, R, C++, etc. Ils offrent une grande flexibilité pour le développement de scripts et d'algorithmes personnalisés, notamment pour le traitement de données spatiales et la modélisation de l'accessibilité.

### 1.4.5 Le choix de la méthode de modélisation.

Le choix de la méthode de modélisation dépend de plusieurs facteurs :

- Objectifs de l'analyse : Les objectifs de l'étude détermineront le type de modèle et les variables à inclure dans l'analyse.
- Type de données disponibles : La disponibilité et la qualité des données influenceront le choix des méthodes et la précision des résultats.
- Ressources disponibles : Les ressources financières, techniques et humaines disponibles peuvent limiter le choix des outils et des techniques de modélisation.
- Précision et niveau de détail souhaités : Le niveau de précision et de détail souhaité influencera le choix des méthodes et la complexité des modèles.

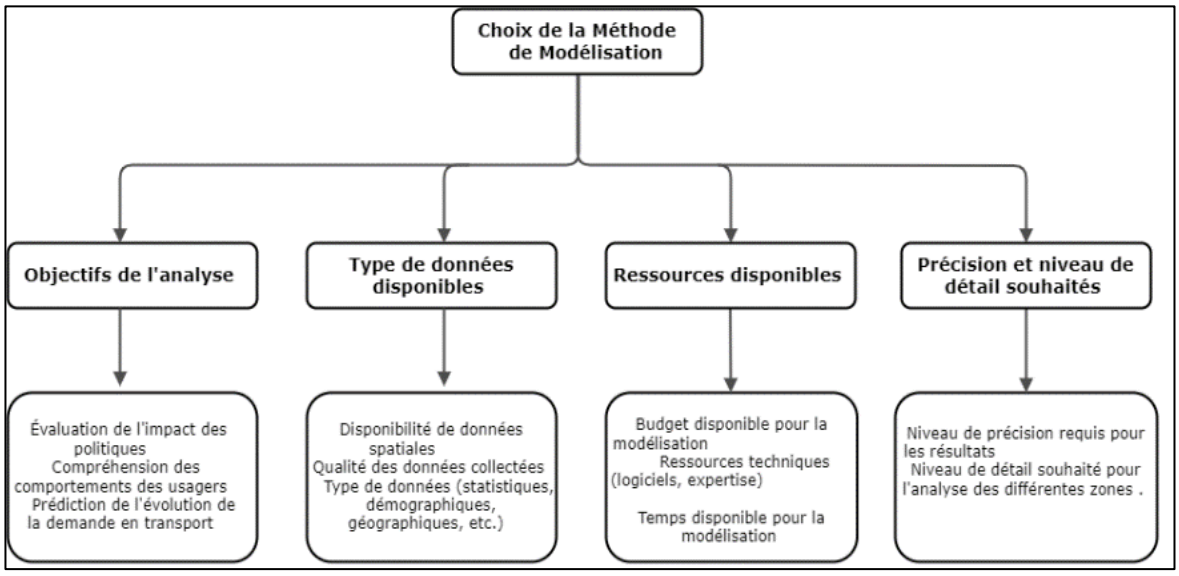



*Figure 1.5: Les étapes du choix de la méthode de modélisation, recapitulé par l'auteure ,2024*

**Conclusion : vers des villes plus durables et inclusives grâce à l'accessibilité urbaine.**

Ce chapitre théorique a exploré les fondements conceptuels de l'accessibilité urbaine, un concept inéluctable pour la création de villes plus équitables, plus efficaces et plus agréables à vivre. Nous avons mis en lumière la complexité de ce concept, en examinant ses différentes dimensions (spatiale, temporelle, économique, sociale) et en analysant les théories qui l'influencent, notamment la théorie de la rente foncière, la théorie des lieux centraux, la théorie de la justice spatiale et la théorie de la ville compacte.

En s'appuyant sur la littérature scientifique, nous avons mis en évidence l'importance d'une approche intégrée de la mobilité urbaine, en intégrant les concepts de mobilité durable, de mobilité intelligente et d'accessibilité. Ces concepts sont interdépendants et doivent être considérés de manière holistique pour créer des systèmes de transport plus efficaces, plus justes et plus durables.

L'accessibilité urbaine est un concept en constante évolution, influencé par les changements socio-économiques et technologiques. Les villes du vingt et unième (21ème) siècle sont confrontées à des défis importants liés à la congestion, à la pollution et aux inégalités d'accès. Cependant, ces défis offrent également des opportunités pour améliorer la mobilité urbaine en favorisant les transports en commun, les modes de transport actifs et la mobilité intelligente.

La modélisation joue un rôle capital dans la compréhension et la gestion de l'accessibilité urbaine. Les différents modèles et méthodes de modélisation permettent d'analyser les dynamiques spatiales, de prévoir la croissance urbaine, d'évaluer l'impact des politiques de transport et d'optimiser l'accessibilité pour tous. Le choix des méthodes et des outils doit être adapté aux spécificités de chaque contexte et aux objectifs de l'analyse.

En conclusion, la recherche sur l'accessibilité urbaine est un domaine essentiel pour la création de villes plus durables et plus inclusives. En intégrant les différentes dimensions de l'accessibilité, en s'appuyant sur les théories pertinentes et en utilisant les outils de modélisation adéquats, les villes peuvent élaborer des stratégies plus efficaces pour améliorer la qualité de vie des citoyens et favoriser un développement urbain plus équitable et plus respectueux de l'environnement.

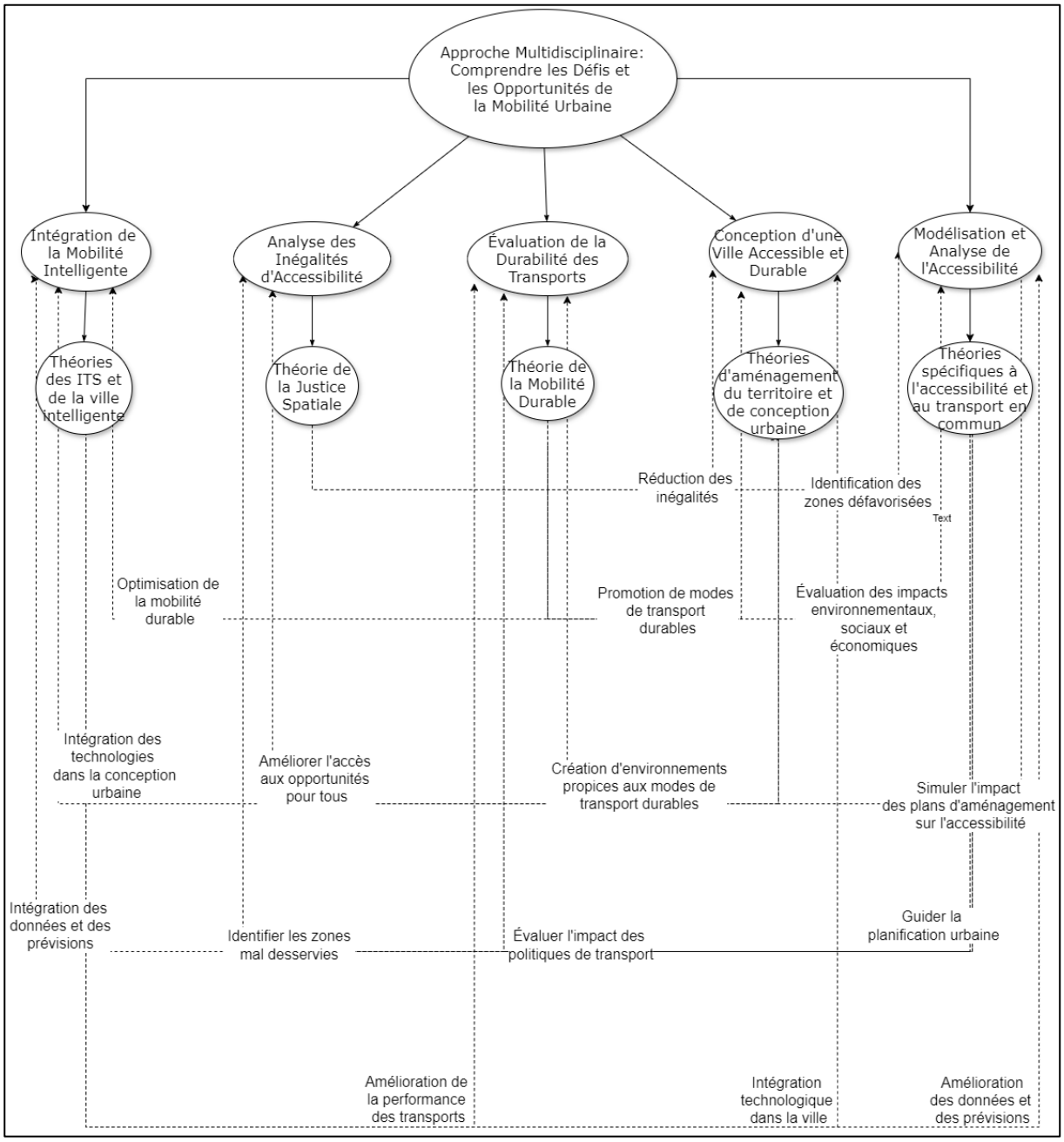



*Figure 1.6: récapitulatif de l'approche théorique, réalisé par l'auteure, 2024*

# CHAPITRE II: LES VILLES NOUVELLES ET LA GESTION DU TRANSPORT URBAIN : UNE ANALYSE DES OUTILS ET STRATEGIES POUR UNE MOBILITE DURABLE

## Introduction

Face à l'essor des villes nouvelles au XXe siècle, les équilibres traditionnels ont été bouleversés, ce qui et a nécessité une profonde réflexion sur la mobilité urbaine et sa gestion. En effet, ces espaces urbains, conçus et construits selon des plans spécifiques, offrent une opportunité unique de mettre en place des systèmes de transport performants et durables, adaptés aux défis de la croissance démographique et de la mutation des sociétés. Ce chapitre analyse les outils et les stratégies de gestion du transport urbain utilisés dans les villes nouvelles, en explorant les innovations qui visent à créer un modèle de mobilité plus efficace, plus inclusif et plus respectueux de l'environnement.

## 2.1 La genèse des villes nouvelles : Du rêve utopique à la réalité urbaine

La genèse des villes nouvelles, un concept qui a connu un essor fulgurant au XXe siècle, est intimement liée à l'évolution des sociétés humaines, aux bouleversements urbains et aux aspirations d'un monde en pleine mutation. Ce processus, loin d'être linéaire, est marqué par des influences idéologiques, des innovations technologiques et des contextes socio-économiques variés. De l'utopie visionnaire des cités-jardins à la réalité complexe des métropoles contemporaines, l'histoire des villes nouvelles s'avère être une véritable expérimentation urbaine à grande échelle, de progrès, d'ambitions et de défis.

### 2.1.1 Des utopies visionnaires aux premiers projets concrets :

- *L'utopie des Cités-Jardins :*

L'idée de villes nouvelles, bien qu'historiquement récurrente (villes romaines, Renaissance italienne, colonies britanniques), prend une dimension particulière au XIXe siècle avec l'industrialisation et l'urbanisation croissante, motivée par une critique des conditions urbaines. Ebenezer Howard, figure clé de ce mouvement, propose dans "Garden Cities of To-Morrow" (1898) un modèle de cité-jardin visant à combiner les avantages urbains et ruraux à travers un schéma concentrique intégrant espaces verts, zones résidentielles, industrielles et agricoles, le tout limité par une ceinture verte. (Ebenezer, 1965)

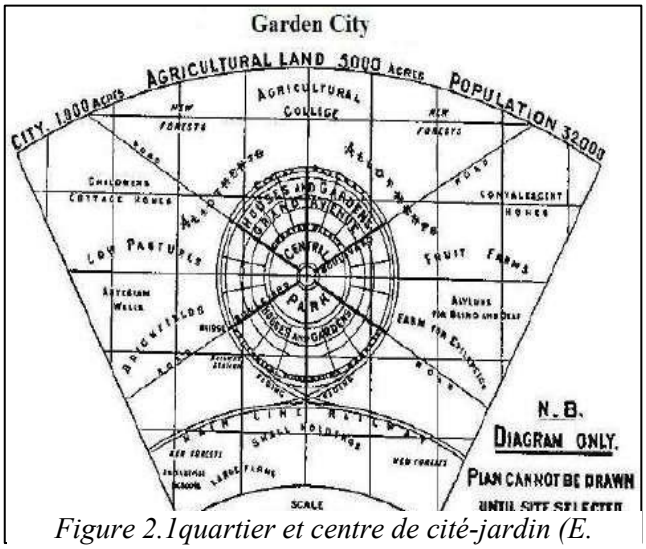



*Figure 2.1quartier et centre de cité-jardin (E. Howard)*

- *Letchworth Garden City : la première réalisation concrète :*

La concrétisation du concept de Howard à Letchworth Garden City (1903), conçue par Unwin et Parker, adapte les principes de la cité-jardin avec une organisation en quartiers résidentiels, espaces verts, équipements publics et ceinture verte. (Meller, 1997). Malgré ses limites, Letchworth a popularisé l'idée de villes nouvelles et influencé des projets ultérieurs en Angleterre, France et aux États-Unis, inspirant également des mouvements tels que le "New Urbanism". (Cervero, 1993)

*Figure 2.2Vue aérienne de Letchworth, Hertfordshire, la première cité-jardin d'Angleterre, fondée en 1903*

### 2.1.2 De la cité-Jardin à la Smart City : Un siècle d'expérimentation urbaine.

Des cités-jardins du début du XXe siècle (Howard, 1902) aux smart cities contemporaines, l'urbanisme a été marqué par des expérimentations continues. Après la Seconde Guerre mondiale, la nécessité de reconstruire et de répondre à l'explosion démographique a conduit à l'émergence de villes nouvelles comme solution innovante, inspirées des cités-jardins avec leurs espaces verts et fonctions urbaines rationnelles. Stevenage (1946) en Angleterre (Bendixson & Platt, 1992), puis Crawley, Harlow et Hemel Hempstead (Merlin & Choay, 1988), ont illustré cette ambition. La France a suivi avec neuf villes nouvelles autour de Paris dès 1960 (Steinberg, 1980), tandis qu'aux États-Unis, des projets comme Radburn (1928) et Reston (1964) mettaient l'accent sur les espaces verts et les communautés planifiées (Cervero, 1993). L'expansion s'est accélérée dès 1960 à l'échelle mondiale avec Chandigarh en Inde (Fitting, 2002), puis des villes comme Songdo en Corée du Sud et Masdar City aux Émirats Arabes Unis, axées sur la technologie et le développement durable. Des villes nouvelles ont aussi émergé en Afrique, en Amérique Latine et en Égypte.

En Algérie, dès les années 1970, une politique de villes nouvelles a été mise en place pour rééquilibrer le territoire, guidée par le Schéma National d'Aménagement du Territoire (SNAT) 2030, qui prévoit au moins 25 nouvelles villes (SNAT 2030) réparties sur le Tell (Sidi Abdellah, Oggaz), les Hauts Plateaux (Tébessa, Djelfa) (Haddadi, 2014) et le Sud (Metlili Jedida, Hassi Messaoud). Les villes nouvelles contemporaines intègrent des modes de transport actifs et des technologies vertes (P. W. Newman & Kenworthy, 1989; Hu & Zheng, 2021), malgré des défis liés à l'intégration, la gestion des ressources et l'inclusion.

Les villes du futur viseront à être plus intelligentes, durables et avec une forte participation citoyenne.

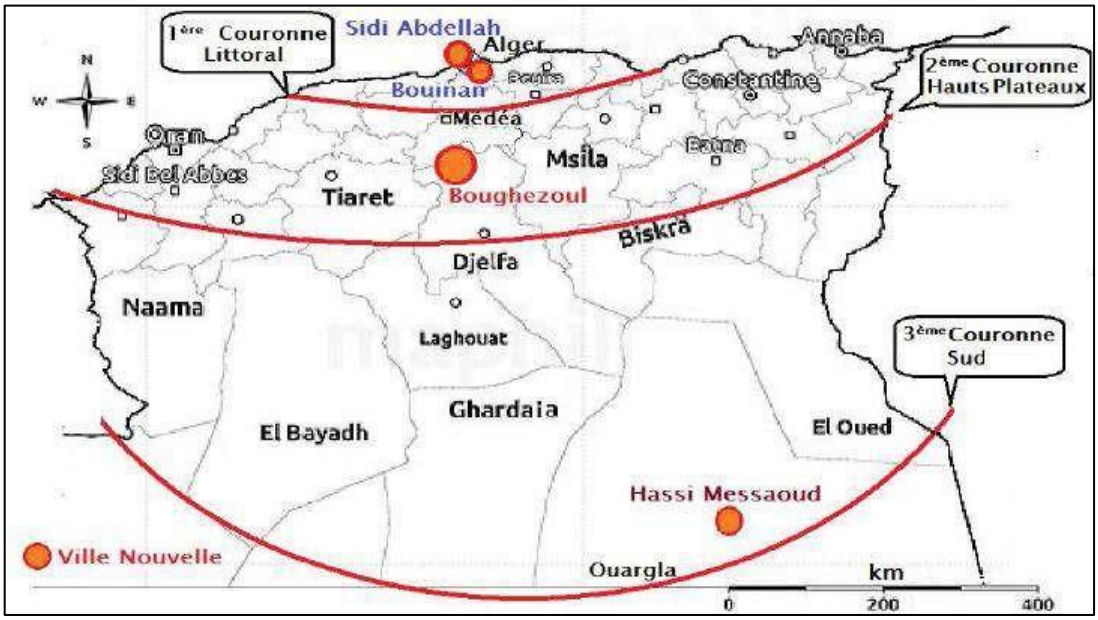



*Figure 2.3La localisation des trois couronnes des villes nouvelles en Algérie, source : HADDADI .R, 2014*

## 2.2 Les enjeux des villes nouvelles dans la transition : Mobilité et durabilité :

Les nouvelles donnes sociétales et les nouvelles configurations des espaces urbains ont légitimé une révision complète des systèmes de transport urbain recherchant performance et durabilité. Toutefois, la création de villes nouvelles implique, à son tour, des défis importants en matière de transport, qui doivent être anticipés et gérés efficacement pour garantir la réussite de ces projets d'urbanisme.

### 2.2.1 Croissance rapide et concentration urbaine :

La croissance rapide et la concentration urbaine dans les villes nouvelles exercent une forte pression sur les infrastructures de transport, entraînant congestion et nécessitant des réseaux de transport public performants (Martens, 2016). L'exemple de Songdo, Corée du Sud, illustre cette problématique (Rugkhapan & Murray, 2019), tout comme la nécessité d'une infrastructure performante à Masdar City. Une planification précoce et adaptative des infrastructures de transport et des modèles durables est donc essentielle pour maintenir la mobilité et la qualité de vie.

### 2.2.2 La dépendance à la voiture individuelle :

La dépendance à la voiture individuelle, persistante dans de nombreuses villes nouvelles (Kenworthy, 2006), favorise l'étalement urbain et la séparation des fonctions,

entraînant des émissions accrues, une dégradation de la qualité de l'air et une congestion (Litman, 2008). L'absence d'alternatives limite l'accès aux services et accentue la ségrégation. La suburbanisation britannique des années 1940-1950 et le développement de certaines villes américaines (Calthorpe, 1993) illustrent ce phénomène. Il est donc urgent de repenser la planification pour promouvoir une mobilité durable et intégrée.

### 2.2.3 Le besoin d'intégration multimodale :

Un réseau de transport intégré, combinant transports en commun, modes actifs et mobilité partagée, est essentiel pour une mobilité fluide et accessible dans les villes nouvelles. L'intégration multimodale réduit la dépendance à la voiture et promeut des transports durables, améliorant l'accès aux services pour tous. Songdo (Rugkhapan & Murray, 2019) et Masdar City (El-Aby, 2017) illustrent cette approche, de même que Chandigarh, soulignant l'importance de ce modèle pour des villes durables et agréables.

### 2.2.4 L'importance du développement durable :

Les villes nouvelles offrent une opportunité d'intégrer le développement durable dans le transport, avec pour objectifs la réduction des émissions, de la pollution et l'amélioration de la qualité de l'air (Bartholomew, 1955). Ceci passe par la promotion des modes actifs, des transports en commun écologiques et l'utilisation d'énergies renouvelables. Masdar City (Sustainable Urban Development & Planning | Masdar City, s. d.) et Songdo (Shwayri, 2013) illustrent cette approche, soulignant la nécessité de reconsidérer les modèles traditionnels pour des villes plus résilientes et agréables.

### 2.2.5 Défis spécifiques liés à la mobilité et à l’accessibilité :

Le succès des villes nouvelles dépend de l'intégration de leurs transports avec les villes existantes via des liaisons efficaces et des échanges multimodaux. L'adaptation aux populations fragilisées, la gestion de la demande en faveur des modes durables, la coordination des services de transport et des systèmes d’information des voyageurs SIV (Bartholomew, 1955), ainsi que des investissements conséquents et bien gérés, sont cruciaux. Une gestion holistique intégrant besoins, environnement et budget est essentielle.

### 2.2.6 Les villes nouvelles et le transport durable : Un enjeu pour l'avenir :

Conçues pour le développement durable, les villes nouvelles offrent une opportunité d'un transport éco-responsable. Ceci implique des infrastructures pour les modes actifs, des transports en commun électriques (Kenworthy, 2006), des bornes de recharge pour véhicules

électriques (Banister, 2005), une gestion intelligente du trafic (Favre, 2014) et un aménagement urbain durable (quartiers mixtes, limitation de l'étalement, espaces verts). Ces principes intégrés créent des environnements urbains résilients, écologiques et agréables.

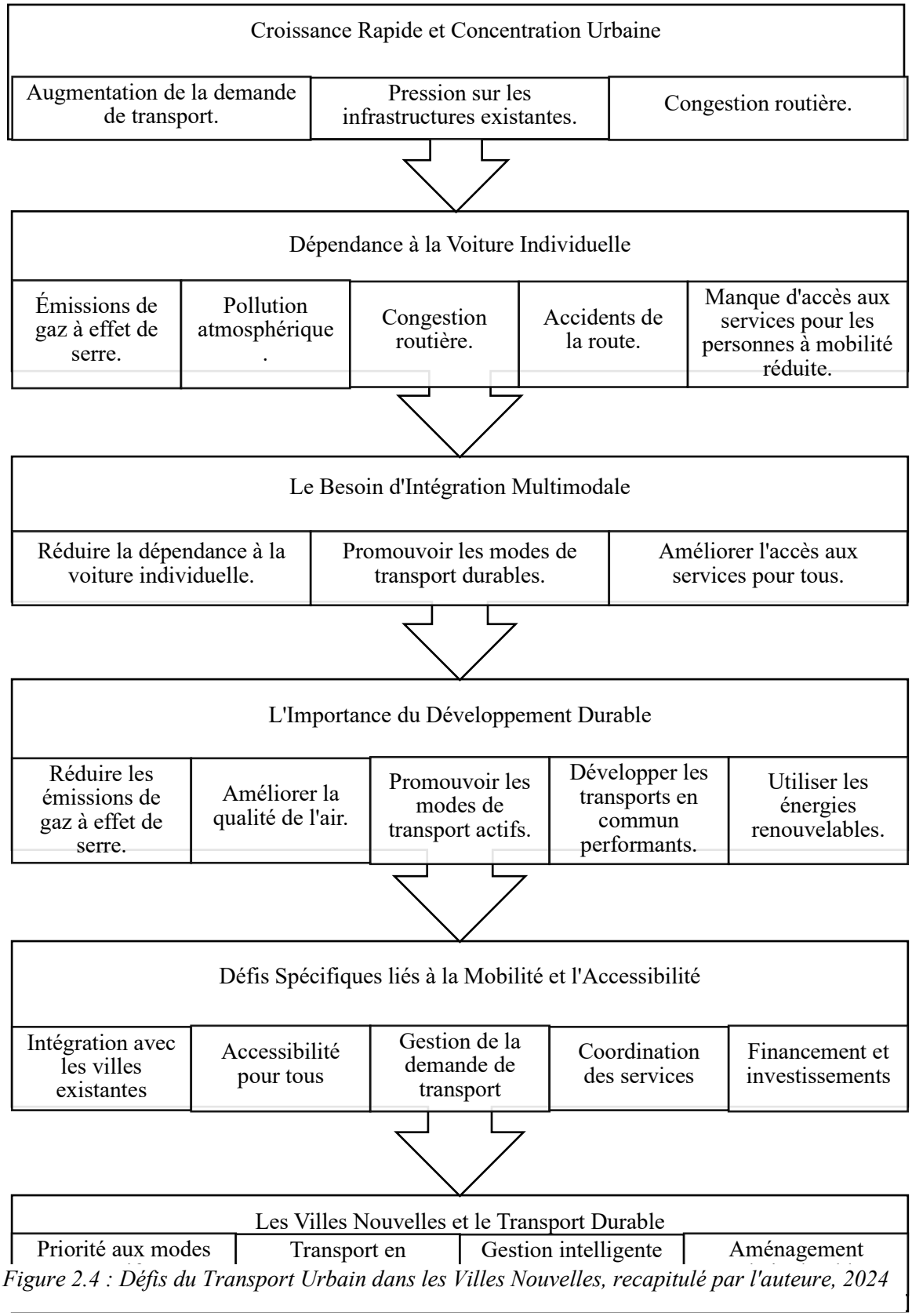



*Figure 2.4 : Défis du Transport Urbain dans les Villes Nouvelles, recapitulé par l'auteure, 2024*

## 2.3 Outils d'aide à la décision et stratégies de gestion du transport urbain dans les villes nouvelles : vers une mobilité durable et intelligente :

Les villes nouvelles, conçues et développées selon des plans spécifiques, offrent une opportunité unique de mettre en place des systèmes de transport performants et durables, adaptés aux défis de la croissance démographique et de la mutation des sociétés. L'objectif est de créer des environnements urbains plus agréables à vivre, plus écologiques et plus inclusifs. Cependant, la gestion du transport urbain dans ces espaces complexes nécessite un ensemble d'outils et de stratégies adaptés à leurs caractéristiques spécifiques distinctives. A ce niveau de notre travail de recherche, nous allons explorer les différents outils d'aide à la décision utilisés pour la gestion du transport urbain dans les villes nouvelles, ainsi que les stratégies qui en découlent en s'appuyant sur la littérature scientifique pertinente et les exemples concrets.

### 2.3.1 L'importance de la gestion du transport urbain dans les villes nouvelles :

La gestion du transport urbain est un élément révélateur, du succès des villes nouvelles, en contribuant à la création d'environnements urbains durables, à la promotion d'une mobilité fluide et accessible, et à l'amélioration de la qualité de vie des habitants. Un système de transport performant et intégré est essentiel pour réduire l'empreinte carbone, promouvoir les modes de transport actifs comme la marche et le vélo, et minimiser la dépendance à la voiture individuelle, contribuant ainsi à un environnement urbain plus sain et plus durable.

La connectivité entre les différents quartiers de la ville, entre la ville nouvelle et les centres urbains existants, ainsi qu'entre les zones d'activité et les lieux de résidence est déterminante pour faciliter les déplacements et pour assurer la fluidité des flux de personnes et de marchandises. La création d'un système de transport efficace contribue également à attirer les investissements, en proposant aux entreprises et aux investisseurs des conditions attractives en matière de mobilité et de réduction des coûts liés aux déplacements. Enfin, la réduction de la congestion routière, l'amélioration de la sécurité routière, la diminution du bruit et de la pollution atmosphérique sont autant d'éléments qui contribuent à une qualité de vie plus agréable et plus sûre pour les habitants.

### 2.3.2 La nécessité d'outils d'aide à la décision

Pour relever ces défis, les décideurs doivent s'appuyer sur des outils d'aide à la décision innovants et prospectifs qui leur permettent de prendre des décisions éclairées et

stratégiques. Ces outils offrent une variété de fonctions essentielles pour la gestion du transport urbain :

❖ *Planifier les infrastructures de transport :*

La planification des transports nécessite une approche stratégique avec des outils d'aide à la décision : des modèles de demande de transport (Hensher & Button, 2007), des outils de simulation de trafic (Carlson et al., 2010), des modèles de transport multimodal (Ettema et al., 2005) et des études de faisabilité pour évaluer les modes alternatifs. Le tout pour une gestion prospective du transport urbain.

❖ *Évaluer les impacts des projets de transport :*

L'évaluation des projets de transport nécessite une approche multidimensionnelle : des simulations de trafic (Sheffi, 1985), des analyses d'impact environnemental (Newman & Kenworthy, 1999), des analyses coûts-bénéfices et des études sur la perception de la qualité de vie (Handy & Niemeier, 1997).

❖ *Optimiser la gestion du trafic :*

L'optimisation du trafic repose sur des technologies et stratégies innovantes : les systèmes de gestion du trafic en temps réel (SGT) (Carlson et al., 2010), les systèmes d'information géographique (SIG) et GPS (Longley et al., 2015), et des stratégies de gestion de la demande (péage urbain, covoiturage, transports en commun).

❖ *Promouvoir l'intégration multimodale :*

La promotion de l'intégration multimodale encourage l'utilisation combinée des modes de transport pour une mobilité flexible et durable. Les modèles de transport multimodal identifient les zones d'interconnexion optimales (Hensher & Button, 2007), réduisant la dépendance à la voiture, améliorant l'efficacité et minimisant l'impact environnemental (Newman & Kenworthy, 1999).

❖ *L'importance de la participation citoyenne :*

La participation citoyenne est essentielle dans la planification et la gestion du transport urbain car les citoyens, en tant qu'utilisateurs, comprennent au mieux les besoins de leur communauté (Innes, 2010). Des consultations en ligne, enquêtes et ateliers permettent de recueillir leurs opinions et d'assurer que les solutions de transport répondent à leurs besoins.

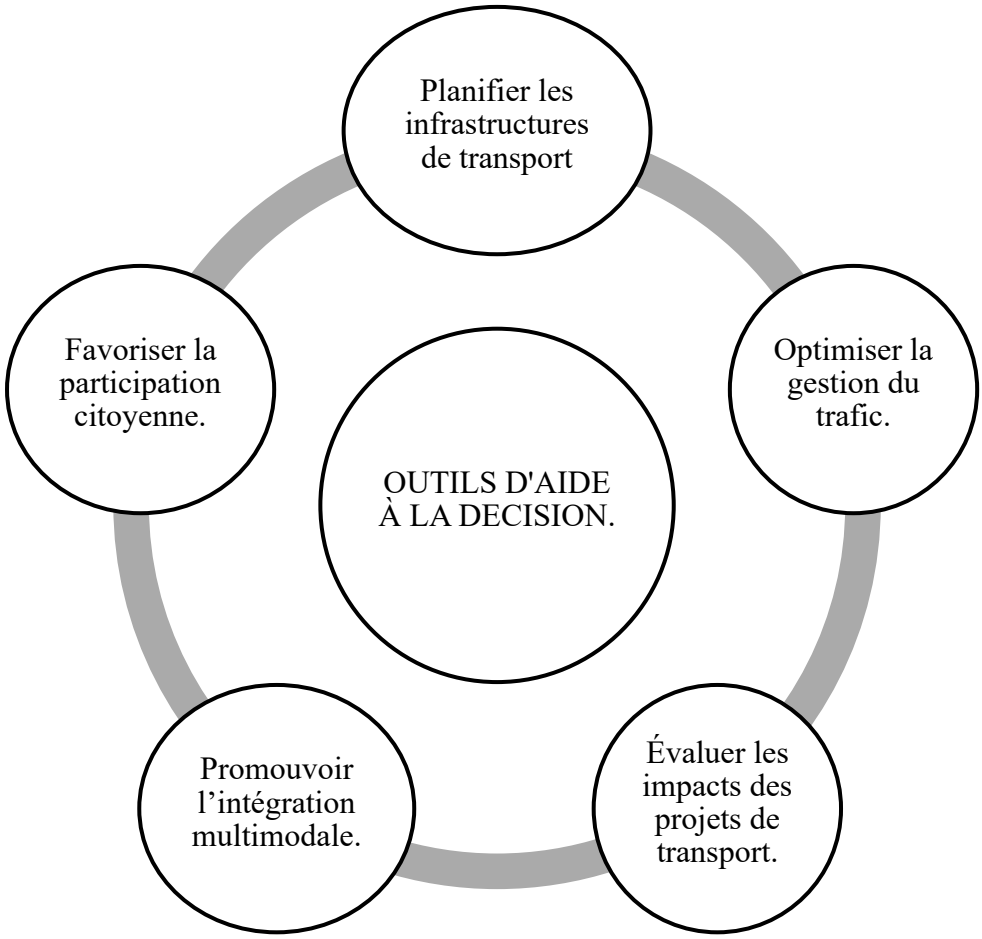



*Figure 2.5 : les fonctions Outils D'aide À La Décision, source : auteure, 2024*

### 2.3.3 Principales catégories d'outils d'aide à la décision.

- *Modélisation du Transport :*
  - Modèles de transport multimodal (MTM) : Ces modèles simulent les mouvements de personnes et de biens dans la ville en intégrant différents modes de transport. Ils permettent d'analyser les impacts de différentes stratégies de transport sur le trafic, les émissions et l'accès aux services. Par exemple, un MTM peut simuler les impacts d'un nouveau réseau de tramway sur les flux de

circulation automobile, émissions de CO2 et l'accessibilité aux zones d'emploi.(Hensher & Button, 2007)

- Modèles de demande de transport : Ces modèles prédisent la demande de transport en fonction de facteurs tels que la démographie, l'emploi et le développement économique. Ils aident à identifier les zones à forte demande et à planifier les investissements en transport. Par exemple, un modèle de demande de transport peut permettre d'estimer le nombre de passagers potentiels pour une nouvelle ligne de métro, en fonction de la croissance démographique prévue et de la localisation des pôles d'emploi.(Hensher & Button, 2007)
- Modèles de coûts et de bénéfices : Ces modèles évaluent les coûts et les bénéfices des différents projets de transport, en tenant compte des coûts de construction, d'exploitation, d'entretien et des avantages socio-économiques. Par exemple, un modèle de coûts et de bénéfices peut comparer le coût d'une nouvelle autoroute avec le coût d'un investissement dans un système de transport en commun, en tenant compte des bénéfices en termes de réduction de la congestion, de l'impact sur l'environnement et de l'amélioration de la qualité de vie. (Stubbs, Tyson, & Dalvi, 2017)

- *Systèmes d'Information Géographique (SIG) :*
  - cartographie du réseau de transport : Les SIG permettent de visualiser et d'analyser le réseau de transport existant, en identifiant les points faibles et les opportunités d'amélioration (Goodchild, Longley, Maguire, & Rhind, 2005). Par exemple, un SIG peut mettre en évidence les zones mal desservies par les transports en commun ou les points de congestion importants sur le réseau routier.
  - analyse spatiale des données : Les SIG permettent d'examiner les données sur le trafic, la densité de population, l'accès aux services, etc., afin de comprendre les besoins de transport et d'identifier les zones prioritaires pour l'investissement (T. Feuillet, E. Cossart, & H. Commenges, 2019a). Par exemple, un SIG peut analyser la concentration de la population par rapport aux stations de métro existantes et identifier les zones où la création de nouvelles stations est la plus urgente.
  - Planification d'itinéraires : Les SIG permettent de proposer des solutions d'itinéraires optimisés pour les usagers, en fonction du mode de transport,

des heures de pointe et des conditions de trafic (Sheffi, 1985). Par exemple, un SIG peut proposer aux usagers des itinéraires en temps réel en tenant compte des embouteillages et des travaux en cours, ce qui peut contribuer à fluidifier le trafic et à réduire les temps de parcours.

- *Outils de participation citoyenne :*
    - Plateformes de consultation en ligne : Ces plateformes permettent aux citoyens de partager leurs opinions et leurs suggestions sur les projets de transport, favorisant ainsi la co-construction de solutions(Joly, Littlejohn, & Kaufmann, 2006). Par exemple, une plateforme de consultation en ligne peut permettre aux habitants d'une ville nouvelle de donner leur avis sur le choix des itinéraires de bus ou d'exprimer leurs besoins en matière de transport pour les personnes à mobilité réduite.
    - Enquêtes et sondages : Les enquêtes et sondages permettent de recueillir des données sur les habitudes de déplacement et les préférences des usagers (Castex, 2007). Par exemple, une enquête sur les modes de transport utilisés par les habitants d'une ville nouvelle peut permettre de comprendre leurs besoins et de planifier des investissements adaptés.
    - Ateliers et réunions publiques : Ces forums permettent aux décideurs d'interagir directement avec les citoyens et de recueillir leurs commentaires. Par exemple, un atelier de discussion sur les projets de transport peut permettre aux décideurs de s'assurer que les solutions proposées sont acceptables et adaptées aux besoins de la population locale.

- *Outils de gestion des données de transport :*
    - Systèmes de gestion du trafic (SGT): Les SGT collectent des données sur le trafic en temps réel, permettant de gérer les flux de circulation et d'améliorer la sécurité routière (Banister, 2005). Par exemple, un SGT peut ajuster les feux de circulation en fonction des conditions de trafic, ce qui permet de réduire les embouteillages et d'optimiser les flux de circulation.
    - Systèmes de billetterie et de paiement : Ces systèmes facilitent le paiement des transports publics et permettent aux autorités de collecter des données sur les habitudes de déplacement. Par exemple, un système de billetterie électronique peut suivre les flux de passagers dans les transports en commun

et identifier les heures de pointe et les lignes les plus utilisées, ce qui permet d'optimiser les horaires et la fréquence des services.

- Plateformes d'analyse des données : Les plateformes d'analyse des données permettent d'analyser les données collectées pour identifier les tendances, les problèmes et les opportunités d'optimisation (Picon, 2018). Par exemple, une plateforme d'analyse des données peut identifier les zones où la pollution atmosphérique liée au trafic est la plus importante, ce qui permet de mettre en place des mesures de réduction des émissions et de promouvoir des modes de transport plus propres.

### 2.3.4 Stratégies de gestion du transport urbain dans les villes nouvelles :

La gestion du transport urbain requiert une approche stratégique et durable, fondée sur :

- Planification intégrée : Lier planification du transport, urbanisme, économie et social pour des solutions cohérentes.
- Priorité aux modes durables : Privilégier transports en commun, marche et vélo par des infrastructures adaptées.
- Réduction de la dépendance automobile : Encourager des alternatives (péages, covoiturage, etc.)
- Mobilité multimodale : Développer des systèmes facilitant la combinaison des modes de transport.
- Gestion intelligente du trafic : Utiliser les technologies pour optimiser le trafic.
- Réduction des impacts environnementaux : Minimiser pollution et émissions par des modes de transport propres.
- Prise en compte des usagers : Garantir accessibilité et inclusion pour tous.
- Participation citoyenne : Impliquer les citoyens dans la planification.
- Suivi et évaluation : Mesurer et évaluer les performances du système pour identifier les axes d'amélioration.

## 2.4 Exemples de villes nouvelles et leurs modes d'approches du transport urbain.

### 2.4.1 La ville nouvelle de Masdar (Abu Dhabi, Émirats Arabes Unis)

Masdar City, située dans le désert d'Abou Dhabi, se présente comme une ville pionnière en matière de développement durable, visant à atteindre la neutralité carbone et à devenir un centre d'innovation pour les technologies propres. Cependant, cette ambition contraste avec l'image souvent véhiculée des Émirats Arabes Unis, caractérisés par des projets pharaoniques à forte consommation énergétique, tels que les îles artificielles, les gratte-ciels, …

Cette perception n'est pas sans fondement, les Émirats Arabes Unis affichant la troisième empreinte écologique par habitant au monde. L'émergence de Masdar City représente ainsi un changement de paradigme, témoignant d'une volonté de transition vers un modèle de développement plus durable et responsable.

Masdar, conçue pour être une ville nouvelle durable, a été construite en s'appuyant sur des outils d'aide à la décision et des principes de planification urbaine intégrant la mobilité durable dès sa conception.

- Système de transport multimodal sans voitures : Masdar a mis en place un système

*Figure 2.6 Vue du ciel de la ville Masdar. Source: https://www.energystream-wavestone.com/2016/03/masdar-city-10-ans-apres/*

de transport multimodal sans voitures, privilégiant les transports en commun électriques, les vélos et la marche (Sustainable Urban Development & Planning | Masdar City s. d.)

- Transports en commun électriques : Le système de transport en commun électrique de Masdar est composé de bus électriques et d'un système de tramway. Il est intégré au réseau de transport urbain d'Abu Dhabi, permettant aux habitants de se déplacer facilement vers d'autres parties de la ville.
- Vélos : Masdar dispose d'un réseau de pistes cyclables bien développé, ainsi que de systèmes de location de vélos en libre-service, encouragent les déplacements à vélo.
- Piétons : Masdar a été conçue pour être une ville piétonne, avec des trottoirs larges et des espaces publics conçus pour la marche.
- Modélisation de la demande de transport et planification d'infrastructures : Des modèles de demande de transport ont été utilisés pour prédire les besoins en transport et planifier les infrastructures de transport de Masdar. Ces modèles ont permis d'optimiser les réseaux de transports en commun, les pistes cyclables et les zones piétonnes.
- Outils de gestion du trafic : Des systèmes de gestion du trafic intelligents ont été mis en place pour surveiller et gérer les flux de circulation dans la ville. Ces systèmes permettent de prioriser les transports en commun et les piétons, de minimiser la congestion et d'améliorer la sécurité.
- Participation citoyenne : Les citoyens de Masdar ont été impliqués dans le processus de planification du transport à travers des ateliers et des plateformes de consultation en ligne. Cette participation a permis de s'assurer que les solutions de transport répondent aux besoins des habitants.

### 2.4.2 Le quartier de Songdo (Incheon, Corée du Sud).

Songdo, une ville nouvelle située près de Séoul, se présente comme un modèle de ville intelligente et durable, intégrant des technologies de pointe et des infrastructures à la fine pointe de la technologie. Construite de toute pièce, Conçue ex nihilo, elle est un elle a été conçue pour être un laboratoire Big Data, entièrement connectée via des fibres optiques haut débit (hub numérique ultra-connecté). Des systèmes de surveillance et de collecte de données, incluant des caméras de vidéo-surveillance, des lecteurs de plaques d'immatriculation et des contrôles automatiques de stationnement, permettent de suivre en temps réel les déplacements des habitants

Malgré une planification méticuleuse et une volonté d'internationalisation, Songdo souffre d'un manque d'attractivité, avec des espaces commerciaux et des appartements inoccupés. Les critiques pointent du doigt le caractère artificiel de la ville et son manque

d'héritage culturel, malgré la présence d'écoles internationales et de campus universitaires. L'absence d'une véritable internationalisation et la prédominance de la population coréenne, attirée par des prix immobiliers plus abordables, posent des questions sur la réussite du modèle de Songdo en tant que ville intelligente et durable. Cependant, Songdo, conçu comme une ville intelligente, a intégré des outils d'aide à la décision pour optimiser la mobilité et la gestion du trafic.

- Systèmes de gestion du trafic intelligents : Songdo utilise des systèmes de gestion du trafic intelligents pour surveiller et gérer les flux de circulation en temps réel. Ces systèmes incluent des caméras, des capteurs et des systèmes de communication qui collectent et analysent des données sur le trafic.
- Optimisation des feux de circulation : Les systèmes de gestion du trafic intelligents de Songdo ajustent le timing des feux de circulation en fonction des conditions de trafic, ce qui permet de minimiser la congestion et d'améliorer la fluidité du trafic.
- Priorisation des transports en commun : Les systèmes de gestion du trafic intelligents de Songdo priorisent les transports en commun en leur offrant des voies dédiées et en ajustant le timing des feux de circulation en leur faveur.
- Information en temps réel aux usagers : Des applications mobiles et des panneaux d'affichage fournissent des informations en temps réel sur les conditions de trafic, permettant aux usagers de choisir les meilleurs itinéraires et d'éviter les embouteillages.
- Plateformes de données de transport : Songdo collecte des données sur le trafic, les transports en commun et les déplacements des habitants grâce à des capteurs, des caméras, des systèmes de billetterie et des applications mobiles.
- Analyse des données : Ces données sont analysées pour identifier les tendances de déplacement, les points de congestion et les opportunités d'amélioration des systèmes de transport.
- Planification stratégique : Les analyses de données permettent d'optimiser la planification des infrastructures de transport, de développer des solutions de mobilité durables et de réduire les impacts environnementaux.
- Applications mobiles : Songdo utilise des applications mobiles pour fournir des informations en temps réel aux usagers, les aider à planifier leurs déplacements et à choisir les modes de transport les plus efficaces.

- Itinéraires optimisés : Les applications mobiles offrent des options d'itinéraires optimisés en fonction des conditions de trafic, des modes de transport disponibles et des préférences de l'usager.
- Informations sur les transports en commun : Les applications mobiles fournissent des informations sur les horaires des transports en commun, les emplacements des stations et les tarifs.
- Paiement mobile : Les applications mobiles permettent de payer les transports en commun et les services de stationnement.

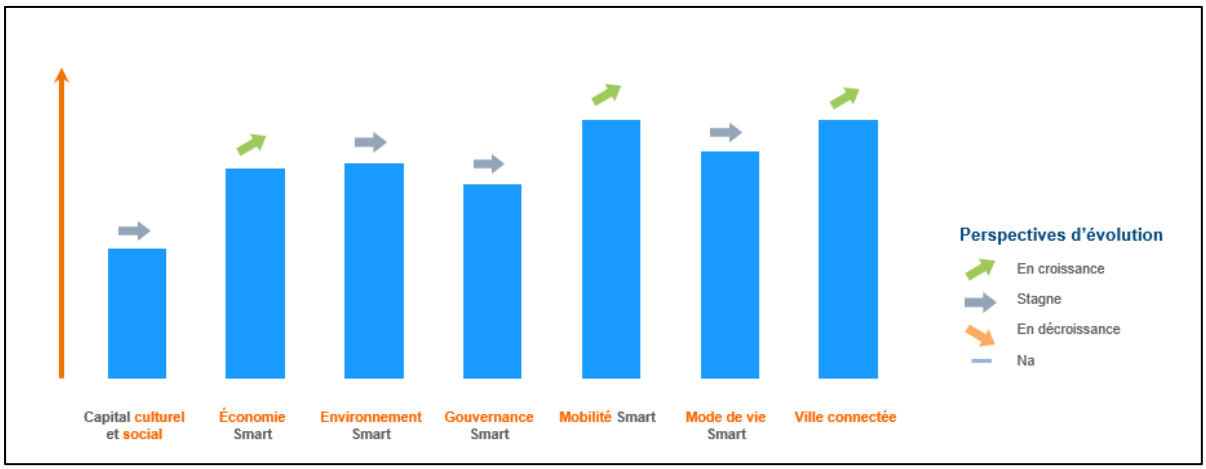



*Figure 2.7 : perspective d'évolution par secteur , source: https://www.energystream-wavestone.com/2016/06/songdo-modele-villes-intelligentes-de-demain/*

## 2.5 La ville nouvelle Ali Mendjeli : vers un système de transport intégré et durable. Potentialités et défis.

### 2.5.1 Potentialités et défis de la ville nouvelle Ali Mendjeli :

Les villes nouvelles, en raison de leur expansion démographique et de leur urbanisation intensive, sont confrontées à d'importants challenges en matière de gestion des transports. La garantie d'une mobilité à la fois durable et efficiente est fondamentale pour le bien-être des citoyens et le progrès économique. L'évolution vers des systèmes de transport qui répondent à ces exigences représente une tâche complexe, souvent compromise par des infrastructures vieillissantes et des méthodes de gestion désuètes. Cette recherche se concentre sur la ville d'Ali Mendjeli, pour explorer sa position de carrefour dans le contexte algérien actuel.

En tant que ville nouvelle, Ali Mendjeli offre un cadre idéal pour l'établissement d'un modèle de mobilité urbaine qui soit à la fois durable et intégré. Sa conception nouvelle présente une opportunité unique de mettre en œuvre des solutions de transport innovantes et

de répondre aux défis spécifiques du contexte local, caractérisé par une croissance démographique rapide et une forte dépendance à la voiture individuelle.

Un certain nombre de potentialités positionnent Ali Mendjeli comme un lieu d'expérimentation pour les solutions de mobilité durable, incluant: une planification intégrée visant à créer un système de transport performant, un contrôle démographique facilitant l'anticipation des besoins, le contexte national encourageant l'adoption de solutions durables, un réseau viaire important, et le projet d'extension du tramway.

En s'inspirant des expériences internationales (Masdar City, Songdo), Ali Mendjeli a la possibilité de tirer des leçons précieuses pour le développement de systèmes de transport modernes et adaptés.

Néanmoins, la mise en œuvre d'une mobilité urbaine durable à Ali Mendjeli fait face à plusieurs contraintes :

- Le besoin d'investissements significatifs dans de nouvelles infrastructures.
- Une dépendance persistante à la voiture individuelle.
- La difficulté de modifier les comportements de mobilité en faveur des modes alternatifs.
- Un manque de coordination entre la planification urbaine et les transports.

L'évolution du réseau de transport en commun à Ali Mendjeli a été parsemée de défis, avec une planification qui a souvent été réactive plutôt que proactive, ce qui a contribué à une dépendance de l'automobile et des problèmes de congestion.

Dans le même contexte, la population d'Ali Mendjeli montre une aptitude à utiliser les technologies numériques. L'essor du commerce en ligne et de la livraison à domicile, illustrent cette tendance. Des applications comme Yassir témoignent de l'intérêt pour de nouveaux modes de transport à la demande.

L'expérience de Yassir révèle des problématiques de mobilité au quotidien, en particulier pendant les heures de pointe. La congestion, le manque de transport, l'absence d'information en temps réel et la régularité des transports en commun, ont un impact sur la santé des personnes. Les autobus sont souvent inconfortables, les arrêts sont éloignés et les temps d'attente sont longs.

Pour pallier ces difficultés, la ville d'Ali Mendjeli doit adopter une approche stratégique et intégrée de la mobilité urbaine. Cette approche devra :

- Prioriser le développement des transports en commun.
- Encourager la mobilité douce, avec la mise en place d'infrastructures adaptées.
- Mettre en œuvre des systèmes de gestion du trafic intelligents.
- Intégrer les services de mobilité partagée.

Le succès d'Ali Mendjeli comme modèle de mobilité urbaine durable dépendra de la volonté politique, de l'engagement des acteurs et de la participation de la population. La collaboration entre les autorités, les urbanistes, les transporteurs et les citoyens est essentielle pour garantir le succès de ce projet.

### 2.5.2 Ali Mendjeli : Données, Décisions, Durabilité : la clé pour libérer le potentiel de la ville avec des outils de tendances

Le basculement des outils d'aide à la décision traditionnels vers des outils de tendances à Ali Mendjeli nécessite une approche stratégique et progressive, impliquant plusieurs étapes clés.

❖ *Évaluer l'état actuel des outils traditionnels :*

- Identifier les outils en place : Il est majeur de réaliser un audit des outils d'aide à la décision traditionnels utilisés actuellement à Ali Mendjeli. Cela comprend l'identification des systèmes de gestion du trafic, des plateformes de planification des transports, des systèmes de collecte de données, et des outils d'analyse utilisés.
- Analyser les forces et faiblesses : Il est important d'évaluer les forces et les faiblesses de ces outils. Sont-ils efficients ? Sont-ils adaptés aux besoins de la ville ? Sont-ils capables de gérer les données massives et les informations en temps réel ?
- Identifier les lacunes : L'analyse doit permettre d'identifier les lacunes des outils traditionnels, comme le manque d'intégration des données, la difficulté de gérer les informations en temps réel, ou l'incapacité de prédire les tendances futures.

❖ *Définir les besoins et les objectifs :*

- Définir les objectifs de la ville : Il est primordial de définir les objectifs de développement de la ville en matière de transport, comme la réduction de la

congestion, l'amélioration de l'accès aux services, la promotion de la mobilité durable, et l'augmentation de la sécurité routière.

- Identifier les besoins en matière d'outils d'aide à la décision : Sur la base des objectifs, il est important de déterminer les besoins spécifiques en matière d'outils d'aide à la décision. Quelles informations et quelles analyses sont nécessaires pour atteindre les objectifs fixés ?
- Définir les capacités des outils de tendances : Quels sont les avantages des outils de tendances en matière de traitement des données, d'analyse prédictive, et d'optimisation des opérations ? Comment ces outils peuvent-ils aider à atteindre les objectifs de la ville ?

❖ *Sélectionner les outils de tendances adaptés :*

- Explorer les options : Il est important d'explorer les différentes solutions disponibles en matière d'outils d'aide à la décision de tendances. Des recherches approfondies sur les technologies, les fournisseurs et les cas d'utilisation sont nécessaires.
- Prioriser les fonctions essentielles : Il est important de prioriser les fonctions essentielles pour Ali Mendjeli, comme la gestion du trafic en temps réel, l'optimisation des transports en commun, l'analyse prédictive de la demande, et la surveillance des émissions.
- Evaluer la compatibilité et l'intégration : Il est important de choisir des outils compatibles avec les infrastructures existantes et de s'assurer que l'intégration avec les systèmes traditionnels sera fluide.
- Intégration des systèmes d'information géographique (SIG) : Les SIG sont des outils essentiels pour la gestion du transport urbain, permettant de visualiser, d'analyser et de gérer les données géographiques liées aux infrastructures, aux flux de circulation, à la demande de transport et aux services de mobilité. Les SIG peuvent être intégrés aux autres outils de tendances pour créer un système d'aide à la décision plus complet et plus performant.

❖ *Mettre en place un plan de transition :*

- Définir les étapes de transition : Le passage progressif des outils traditionnels aux outils de tendances doit se faire étape par étape.

- Piloter des projets pilotes : La mise en place de projets pilotes est recommandée pour tester et valider les nouveaux outils dans des contextes réels.
- Former les équipes : La formation des équipes à l'utilisation des nouveaux outils est essentielle pour garantir leur adoption et leur efficacité.

❖ *Gérer les changements et les défis :*

- Communiquer clairement : Une communication transparente et régulière avec les équipes, les autorités, et les citoyens est essentielle pour gérer les changements et les défis liés à la transition.
- S'adapter aux changements : L'évolution constante des technologies et des besoins de la ville nécessite une capacité d'adaptation et d'évolution des outils et des stratégies.
- Assurer la maintenance et le suivi : La maintenance des nouveaux outils et le suivi de leur performance sont essentiels pour garantir leur efficacité à long terme.

❖ *Outils d'aide à la décision de tendances pour Ali Mendjeli :*

- Systèmes de gestion du trafic intelligents (SGTI) : Les SGTI collectent des données en temps réel sur le trafic, analysent les tendances, et ajustent les feux de circulation en fonction des conditions dynamiques.
- Modèles de transport multimodaux : Ces modèles permettent de simuler et d'optimiser les flux de personnes et de marchandises en intégrant différents modes de transport (transports en commun, mobilité douce, voitures individuelles).
- Plateformes de mobilité à la demande (MaaS) : Les plateformes MaaS combinent différents services de transport (transports en commun, covoiturage, location de vélos, taxis) pour offrir une expérience de mobilité intégrée et personnalisée.
- Analyse prédictive : L'analyse prédictive permet de prévoir la demande de transport, les congestions potentielles, et les besoins futurs en infrastructures, permettant une planification plus efficace.
- Systèmes de données ouvertes (Open Data): La mise à disposition de données de transport ouvertes permet aux développeurs et aux entreprises de créer des applications et des services innovants.

- Systèmes d'information géographique (SIG): Les SIG permettent de visualiser, d'analyser et de gérer les données géographiques liées aux infrastructures, aux flux de circulation, à la demande de transport et aux services de mobilité. Ils peuvent être intégrés aux autres outils de tendances pour créer un système d'aide à la décision plus complet et plus performant.

❖ *Exemples d'applications des outils de tendances :*

- Optimisation des horaires de bus : Les SGTI et les modèles de transport multimodaux peuvent être utilisés pour optimiser les horaires de bus en fonction de la demande en temps réel, réduisant ainsi les temps d'attente et les retards.
- Gestion des parkings : Les systèmes de données ouvertes et les plateformes MaaS peuvent être utilisés pour créer des applications mobiles qui permettent aux usagers de trouver facilement un parking disponible.
- Promotion de la mobilité douce : Les applications de mobilité à la demande et les systèmes de données ouvertes peuvent être utilisés pour promouvoir la marche et le vélo en fournissant des informations sur les itinéraires cyclables, les zones piétonnes, et les stations de vélos partagés.
- Prévention de la congestion : Les systèmes de gestion du trafic intelligents et les modèles de transport multimodaux peuvent être utilisés pour identifier les zones à risque de congestion et pour mettre en place des stratégies d'optimisation de la circulation.
- Réduction des émissions : Les plateformes MaaS et les systèmes de données ouvertes peuvent être utilisés pour encourager l'utilisation des transports en commun, du covoiturage et de la mobilité douce, contribuant ainsi à la réduction des émissions de CO2.
- Amélioration de la planification urbaine : Les SIG peuvent être utilisés pour analyser les données sur la densité de population, l'accès aux services, les points d'intérêt et les infrastructures existantes, afin d'aider à planifier des infrastructures de transport plus efficientes et plus adaptées aux besoins de la population.

| Passé - Archaïque: manque de dynamisme et d'organisation | Transition - Changement: la transformation | Avenir - Moderne: dynamisme et durabilité |
|---|---|---|
| Infrastructures vieillissantes | Planification intégrée | Système de transport intégré |
| dépendance à la voiture individuelle | mobilité douce et transport en commun | Outils d'aide à la décision (SIG, SGTI, plateforme MaaS) |
| gestion anarchique du transport | innovation et technologie numérique | innovation et technologie numérique |

*Figure 2.8 Ali Mendjeli : de l'archaïque au moderne - un nouveau modèle de mobilité urbaine, source : auteure, 2024*

## Conclusion : vers un futur durable pour la mobilité urbaine à Ali Mendjeli

Ce chapitre a exploré la trajectoire des villes nouvelles, soulignant les défis et les opportunités pour une gestion durable des transports urbains. Ali Mendjeli, illustre ces enjeux, son urbanisme planifié offrant un potentiel pour des solutions novatrices, tempéré par des défis persistants : dépendance automobile et planification perfectible.

La ville d'Ali Mendjeli doit opérer une transition vers des outils d'aide à la décision modernes (SGTI, MTM, MaaS, analyse prédictive, Open Data), afin de réduire la congestion et de promouvoir une mobilité douce et un accès équitable aux services. Les modèles internationaux (Masdar City, Songdo) soulignent l'importance d'une planification intégrée et d'un usage stratégique des technologies.

Le succès d'Ali Mendjeli exige une volonté politique, l'engagement des acteurs et la participation de la population. Une approche multimodale, une gestion intelligente du trafic et l'intégration des TIC contribueront à créer une ville plus agréable à vivre.

L'avenir des villes nouvelles passe par la recherche et l'innovation, et l'établissement d'une ville accessible et durable. Ali Mendjeli peut inspirer d'autres villes en adoptant des systèmes de transport performants, inclusifs et écologiques.

Les chapitres suivants approfondiront l'analyse de la mobilité à Ali Mendjeli et présenteront une approche de modélisation SIG de l'accessibilité pour éclairer la planification du transport urbain et améliorer la compréhension entre les infrastructures, la population, et l'accès aux services.

# CHAPITRE III: LE TRANSPORT URBAIN AU GRAND CONSTANTINE : HIATUS ENTRE LA CROISSANCE URBAINE ET LA PLANIFICATION DU TRANSPORT.

## Introduction :

Le Grand Constantine, constitué de la commune de Constantine et de quatre communes périphériques (El Khroub, Hamma Bouziane, Ain Smara, Didouche Mourad), se caractérise par une forte interdépendance et des flux de déplacements importants. L'analyse de son système de transport multimodal (bus, tramway, télécabine, taxis) est donc nécessaire. Ce chapitre explore le réseau de transport, en intégrant des données quantitatives (croissance urbaine, population, transports) et qualitatives (perception des usagers, observations) pour une évaluation complète. L'évolution récente du réseau (tramway) et l'impact de la COVID-19 seront également pris en compte pour analyser la résilience et le développement durable de la mobilité.

## 3.1 La wilaya de Constantine : un contexte urbain en mutation.

### 3.1.1 Présentation de la wilaya de Constantine

- *Le contexte géographique*

La wilaya de Constantine est une zone géographique et administrative importante qui joue un rôle central dans l'organisation de la région du Nord-Est de l'Algérie. Elle est caractérisée par une croissance urbaine importante, une forte concentration de la population et des activités économiques, ainsi que par un réseau de transport dense et développé.

La ville de Constantine est le principal noyau urbain de la wilaya, composée de douze communes organisées en six (06) Daïras, qui s'étend sur une superficie de 2.187 Kilomètres carrés avec une population totale de 1 310 952 habitants (annuaire statistique de la wilaya de Constantine 2020) avec les quatre communes qui l'entourent (Hamma Bouziane, Didouche Mourad, El Khroub et Ain Smara) constituent le « Groupement de Constantine » ou le « Grand Constantine ». Limitée par : La Wilaya de Skikda au Nord ; La Wilaya d'Oum-El-Bouaghi au Sud ; La Wilaya de Mila à l'Ouest et la Wilaya de Guelma à l'Est.

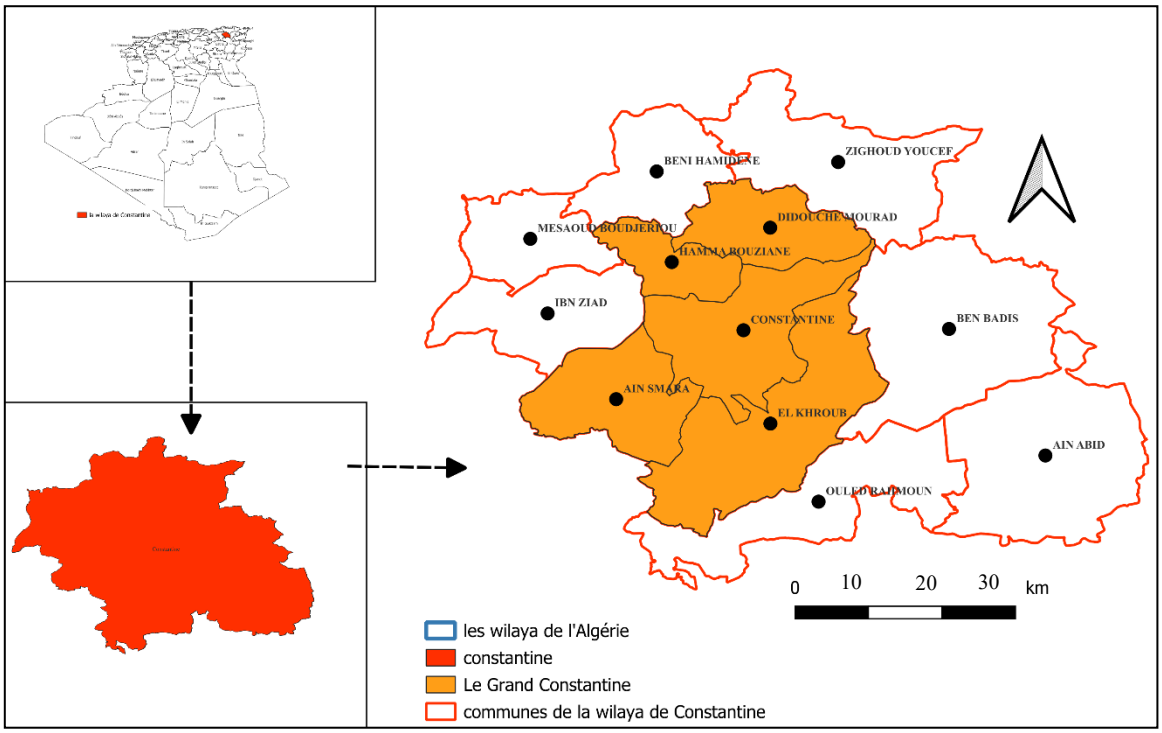



*Figure 3.1 situation géographique de la wilaya de Constantine, réalisée par l'auteure, 2024*

- *L'évolution de la population de la wilaya de Constantine : un panorama de croissance inégale et concentration au niveau du Grand Constantine (1987-2020)*

Constantine a subi des mutations urbaines importantes au cours des dernières décennies. La croissance démographique, l'étalement urbain et le développement de villes nouvelles, comme Ali Mendjeli, Ain Nahas, ont fortement modifié sa structure et son environnement.

La wilaya de Constantine comprend une multiforme de dispersion de la population,

La population estimée en 2020 à environ 1.3 million d'habitants, réside en majorité dans deux communes (40% à Constantine et 30% à El Khroub), mais le reste qui représente 30% de la population se répartit sur le territoire des dix (10) communes restantes. Donc les deux communes majoritaires en population (Constantine, et El khroub) ont une grande densité populaire avec 2247, 1565 hab/km2 successivement, aussi dans ce sens la commune de Hamma Bouziane connu une densité élevée avec 1556 hab/km2. D'autre part La taille moyenne des ménages est évaluée à cinq (05) personnes par famille.

*Tableau 3.1 : population de la wilaya de Constantine, sourceONS 2020*

| Commune | Typologie de Commune | Superficie Km² | Population estimée | Densité Hb/Km² | Effectif Ménages estimée | Taille Moyenne des Ménages |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Constantine | PU | 232 | 521 330 | 2 247 | 100 256 | 5,2 |
| El- Khroub | PU | 240 | 375 669 | 1 565 | 70 881 | 5,3 |
| Ain- Smara | PU | 125 | 55 044 | 440 | 10 193 | 5,4 |
| Ouled-Rahmoune | MI | 255 | 34 020 | 133 | 6 075 | 5,6 |
| Ain- Abid | MI | 116 | 40 104 | 346 | 7 427 | 5,4 |
| Ibn- Badis | MI | 240 | 25 506 | 106 | 4 637 | 5,5 |
| Zighoud-Youcef | PU | 310 | 41 926 | 135 | 7 106 | 5,9 |
| Beni - Hamidene | TR | 131 | 11 262 | 86 | 1 942 | 5,8 |
| Hamma-Bouziane | PU | 71 | 110 478 | 1 556 | 19 728 | 5,6 |
| Didouche-Mourad | PU | 209 | 61 197 | 293 | 11 127 | 5,5 |
| Ibn- Ziad | MI | 151 | 23 652 | 157 | 4 223 | 5,6 |
| Messaoud-Boudjeriou | TR | 107 | 10 764 | 101 | 1 824 | 5,9 |
| TOTAL WILAYA | | 2 187 | 1 310 952 | 599 | 245 419 | 5,3 |

• PU : Prédominance urbaine, taux de population vivant dans les zones urbaines supérieur à 75 %.

• MI : Communes mixte, taux de population vivant dans les zones urbaines entre 45 % et 75%.

• TR : Totalement Rural.

La population a connu une croissance et des changements spatiaux importants depuis l'indépendance.

Selon les RGPH 1987,1998, et 2008, on constate :

- En 1987 : Les données du RGPH 1987 (graphique ci-dessous) indiquent que la commune de Constantine, à elle seule, dispose de plus que la moitié de la

population de la wilaya, soit 67.85%. Elle est suivie par la commune d'El khroub avec 19%, puis celle de Hamma Bouziane avec 7.70% et en dernier lieu les communes de Beni-Hamidene et Messaoud-Boudjeriou avec respectivement 1.05% et 0.97%.

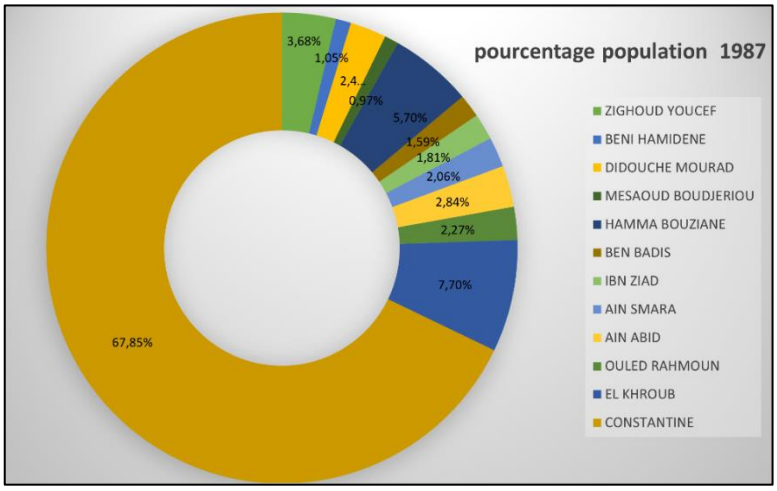



*Figure 3.2 pourcentage de la population en 1987, auteure,2021*

- En 1998 : pendant cette période, on remarque une baisse du taux d'accroissement de la population de la commune de Constantine quoi qu'elle représente plus que la moitié de la population de la wilaya 59.43%, due à la saturation en terrains constructibles, les communes de D.Mourad, H.Bouziane, Ain Smara , et El-khroub enregistre un accroissement remarquable cette période

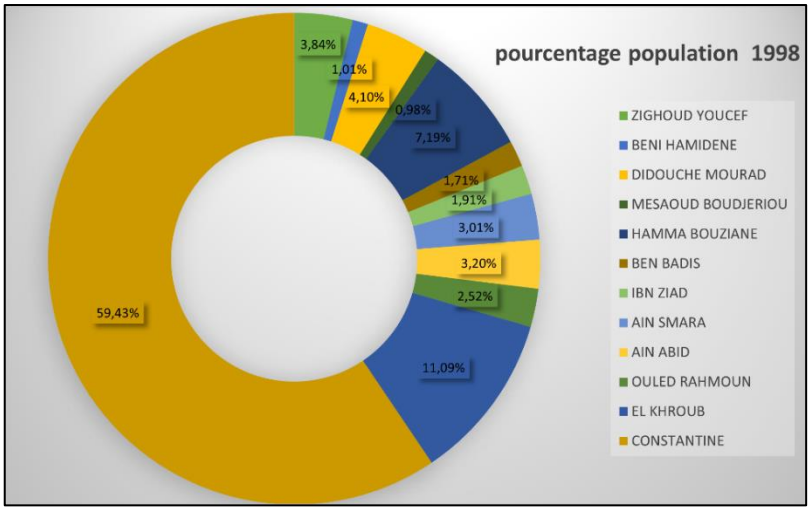



*Figure 3.3 : pourcentage de la population en 1998, auteure,2021*

- En 2008 : Un décroissement (-0.50) de la population de la commune de Constantine qui représente 48.54% de la population de la wilaya au même temps on note un accroissement de 3.96% de la population de la commune d'El-Khroub,

cette situation due au relogement de la population des bidonvilles de Constantine vers la ville nouvelle Ali Mendjeli,

-

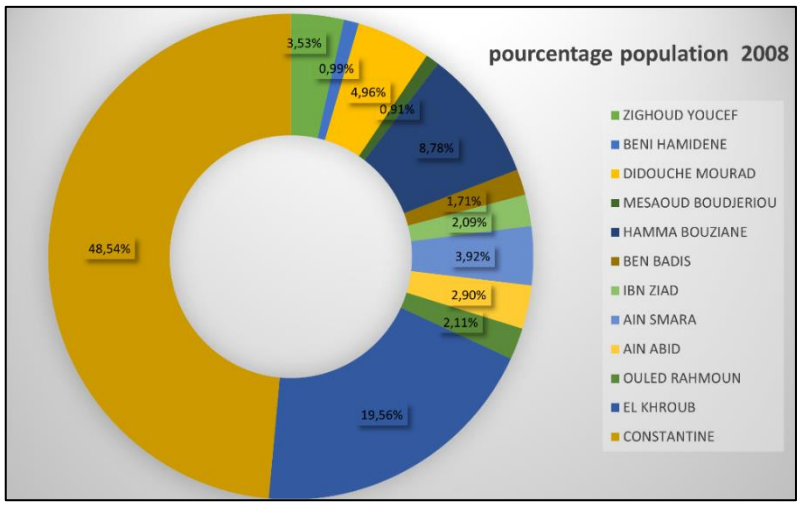



*Figure 3.4 : pourcentage de la population en 2008, auteure,2021*

- Estimation 2020 : pendant cette période la wilaya a connu une croissance urbaine importante vu la stabilité sécuritaire et économique qui favorise une redistribution de la population vers les autres communes et vu que Constantine s'est saturée spatialement.

  Les données statistiques de l'ONS indiquent une augmentation modérée de la population de Constantine avec 435287 hab en 2008 contre 521330 hab en 2020, contrairement à celle d'El-Khroub et Ain Smara qui ont connu le plus haut niveau d'accroissement par rapport aux autres communes à cause des programmes d'habitat et des équipements d'accompagnements (éducatifs, commerciaux, loisirs, culturels , culturels, de santé, édilitaire,…ect ) ainsi que des grands projets structurants surtout le long de la ligne du tramway notamment les universités, les grands centres commerciaux et les administrations du niveau régional , la plupart de ces projets existent dans la ville nouvelle Ali Mendjeli .

  Cette période se manifeste aussi par la création du périmètre du « Grand Constantine » certains le désignent par « groupement du Constantine » en 2012 selon l'arrêté de Monsieur le Wali de la Wilaya de Constantine N°1695/2012 en date du 07/11/2012.

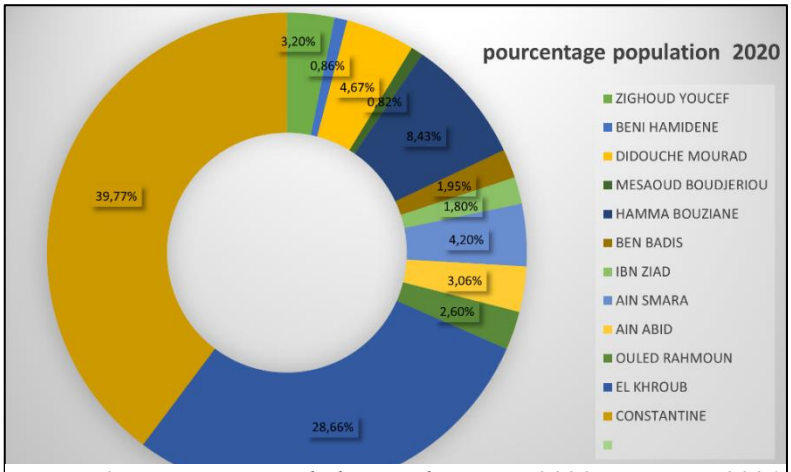



*Figure 3.5 pourcentage de la population en 2020 ; auteure, 2021*

Afin de faciliter les études sur le transport, il s'agit des cinq communes les plus dynamiques ou où s'exercent le plus haut nombre de déplacements quotidiens : Constantine, El-Khroub, Ain Smara, Hamma Bouziane et Didouche Mourad. Ce territoire représente 40% de la superficie de la wilaya, et plus que 85% de sa population, avec une densité de 1281 hab/km² alors que la densité de la wilaya est de 599 hab/ km².

Il s'agit aussi de prendre en considération un autre décret publié au Journal Officiel n°78 du 26 décembre 2018, portant promotion de la ville nouvelle d'Ali Mendjeli au rang de wilaya déléguée, en application du décret présidentiel n°18-337 du 25 décembre 2018 relatif à la création de circonscriptions administratives dans les grandes villes et dans certaines villes nouvelles, et selon les orientations du Schéma national d'aménagement du territoire (SNAT). Cette ville qui a connu une évolution rapide en matière de population, aujourd'hui elle représente le deuxième pôle urbain le plus peuplé dans le Grand Constantine plus attractive sur le plan commercial et sur celui des loisirs.

La carte ci-dessous représente la densité de la population par commune (données statistiques 2020), on trouve Constantine au premier rang avec une densité de 2247hab/ km², suivi par El-Khroub 1565hab/km² et Hamma Bouziane 1556hab/km², après vient les communes de Ain Smara 440hab/km² et Didouche Mourad 293hab/km². L'analyse de la densité de population dans les communes de la wilaya de Constantine révèle une grande disparité. La commune de Constantine, capitale historique de la région, domine la wilaya avec une densité de 2838 habitants par kilomètre carré (ONS 2020). Elle est suivie de près par El Khroub (1515 hab/km²) et Hamma Bouziane (1434 hab/km²). En revanche, les communes situées en périphérie présentent une densité de population bien inférieure à la

moyenne de la wilaya (599 hab/km²), atteignant parfois des niveaux très bas, comme à Beni Badis (80.37 hab/km²).

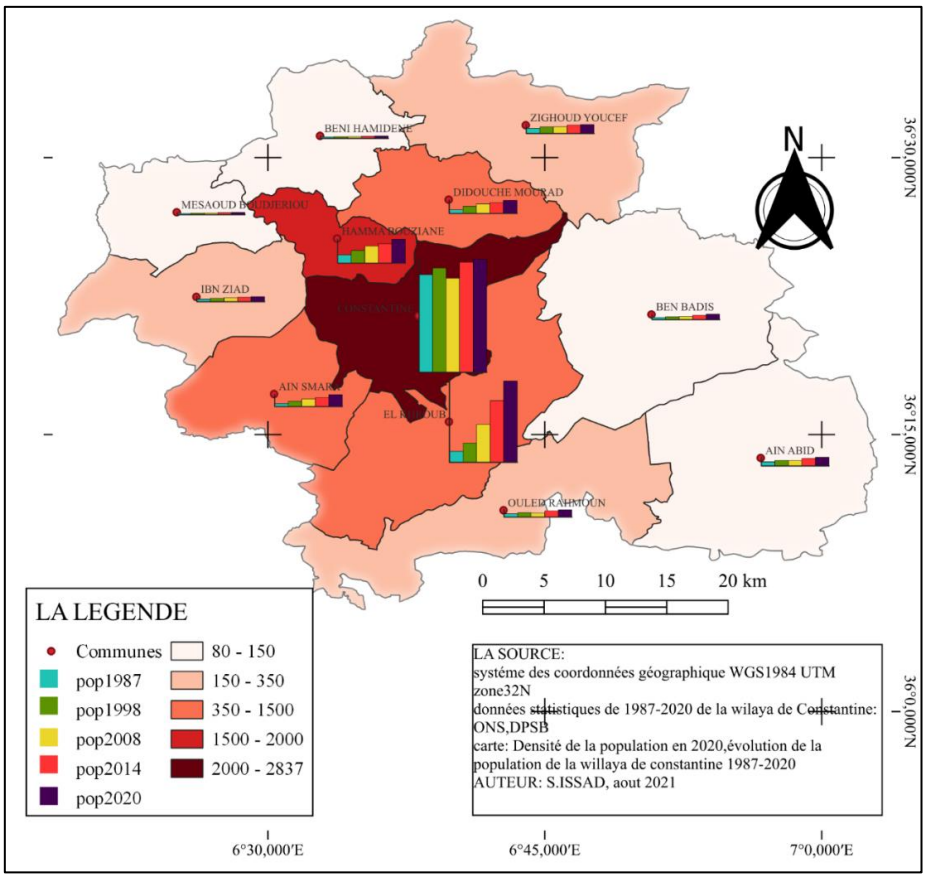
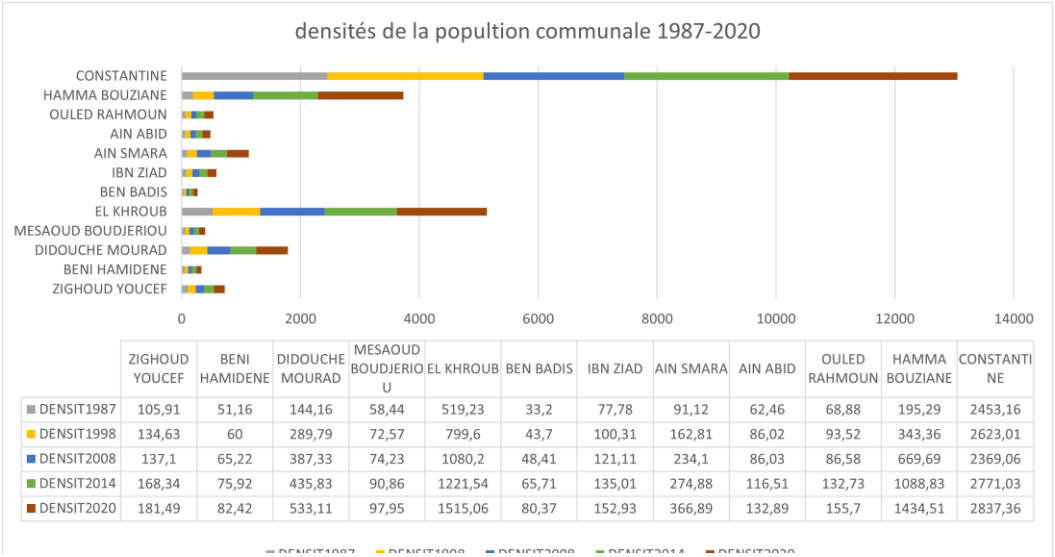



*Figure 3.6 densité de la population par commune en 2020, auteure 2021*




| | ZIGHOUD YOUCEF | BENI HAMIDENE | DIDOUCHE MOURAD | MESAOUD BOUDJERIOU | EL KHROUB | BEN BADIS | IBN ZIAD | AIN SMARA | AIN ABID | OULED RAHMOUN | HAMMA BOUZIANE | CONSTANTINE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DENSIT1987 | 105,91 | 51,16 | 144,16 | 58,44 | 519,23 | 33,2 | 77,78 | 91,12 | 62,46 | 68,88 | 195,29 | 2453,16 |
| DENSIT1998 | 134,63 | 60 | 289,79 | 72,57 | 799,6 | 43,7 | 100,31 | 162,81 | 86,02 | 93,52 | 343,36 | 2623,01 |
| DENSIT2008 | 137,1 | 65,22 | 387,33 | 74,23 | 1080,2 | 48,41 | 121,11 | 234,1 | 86,03 | 86,58 | 669,69 | 2369,06 |
| DENSIT2014 | 168,34 | 75,92 | 435,83 | 90,86 | 1221,54 | 65,71 | 135,01 | 274,88 | 116,51 | 132,73 | 1088,83 | 2771,03 |
| DENSIT2020 | 181,49 | 82,42 | 533,11 | 97,95 | 1515,06 | 80,37 | 152,93 | 366,89 | 132,89 | 155,7 | 1434,51 | 2837,36 |

*Figure 3.7 densités de la population par commune 1987-2020, ONS, l'auteure, 2021*

Ces contrastes démographiques s'expliquent par un ensemble de facteurs qui se conjuguent et qui ont modelé le développement de la wilaya de Constantine au fil des décennies.

- L'attractivité économique des communes de haute densité : Constantine en tant que centre historique et administratif, a longtemps concentré les activités et les services de la région, entraînant une forte densité de population et une saturation des terres urbanisables. Face à cette situation, la croissance s'est progressivement déplacée vers les villes satellites, notamment El Khroub, qui a rapidement atteint sa capacité d'accueil.(Debbabi & Benidir, 2020) avec sa forte concentration d'activités commerciales et d'équipements, c'est ainsi qu'elle a été choisie pour accueillir la ville nouvelle Massinissa, étendue sur 445 hectares.

  Ajouté à cela, la ville nouvelle Ali Mendjeli a été projetée pour absorber le surplus de population en croissance de la wilaya et répondre au manque de foncier urbanisable. Elle est située au cœur du triangle reliant Constantine, Ain Smara et El Khroub et se révèle de plus en plus comme un pôle d'attraction important pour la population.

  Quant à Ain Smara, Hamma Bouziane et Didouche Mourad, elles se caractérisent davantage par une forte concentration d'habitat résidentiel, avec une présence moins marquée d'activités commerciales et d'équipements.
- Les opportunités d'emploi : La présence de centres d'affaires, d'industries, d'universités et de services publics à Constantine, Ali Mendjeli et El-Khroub génère des opportunités d'emploi qui attirent les migrants et contribuent à l'accroissement de la population.
- L'accès aux services et aux infrastructures : Les communes les plus denses bénéficient d'une meilleure accessibilité aux services et aux infrastructures, ce qui attire davantage de résidents.

### 3.1.2 Croissance urbaine de la wilaya de Constantine 1987-2020 : Un modèle de développement contrasté :

La carte de croissance urbaine a été élaborée en utilisant une approche combinant la télédétection et les SIG, elle s'est avérée plus performante pour aborder les variations spatio-temporelles de la wilaya de Constantine pendant la période 1987-2020.

Nous avons eu l'opportunité de croiser un panorama des recherches utilisant la télédétection pour aborder la problématique de l'étalement urbain qui a éclairé pour nous le cheminement à suivre ; il s'agit d'intégrer des sources multi dates dans un système d'information géographique (SIG), les traiter, les analyser de manière à obtenir une couche des mutations de l'urbanisation de Constantine, et après un traitement préliminaire, les utiliser pour la classification, la segmentation et l'analyse.

L'étude de l'évolution de l'occupation du sol a été menée en utilisant une approche diachronique combinant télédétection et Systèmes d'Information Géographique (SIG). Des images satellitaires multi-dates, issues des missions LANDSAT 5 (1987), LANDSAT 7 (1998 et 2008) et LANDSAT 8 (2013 et 2020), ont été acquises gratuitement via la plateforme Earth Explorer (NASA et USGS). Le traitement des images a été réalisé avec le logiciel ArcGIS 10.3, et a comporté les étapes suivantes :

1. **Prétraitement :** Correction radiométrique et géométrique des images afin d'assurer leur superposition précise.
2. **Classification Supervisée :** Utilisation d'une classification supervisée pour identifier les principales classes d'occupation du sol (zones bâties, espaces verts, eau, etc.).
3. **Segmentation :** Extraction des seules zones bâties par segmentation des images classifiées.
4. **Analyse des Changements :** Comparaison des cartes d'occupation du sol multi-temporelles, quantification des changements (taux de croissance, densité), et représentation cartographique des résultats.

Cette méthodologie a permis de quantifier l'évolution des zones bâties, et de produire une carte de l'étalement urbain sur la période 1987-2020. La carte finale a été réalisée de manière à communiquer de manière claire les changements.

L'analyse de la croissance urbaine de la wilaya de Constantine entre 1987 et 2020 révèle des dynamiques contrastées, avec une concentration de la croissance dans certains centres urbains et une stagnation dans d'autres communes. L'évolution de la surface bâtie des communes, illustrée dans le tableau 1, met en évidence des rythmes de développement distincts et souligne l'impact des politiques d'aménagement du territoire sur la répartition de la population. Notamment, une concentration de la croissance dans les centres urbains :

*Tableau 3.2 : Évolution de la surface bâtie des communes de la wilaya de Constantine (1987-2020); auteure 2021*

| COMMUNE | Bâti 1987 | Bâti 1998 | Bâti 2008 | Bâti 2020 |
|---|---|---|---|---|
| CONSTANTINE | 401,87 | 891,97 | 930,53 | 1073,07 |
| HAMMA BOUZIANE | 88,41 | 92,93 | 295,84 | 304,19 |
| AIN SMARA | 52,67 | 73,31 | 134,66 | 155,57 |
| EL KHROUB | 51 | 58,53 | 307,87 | 411,96 |
| DIDOUCHE MOURAD | 42,25 | 134,83 | 160,69 | 207,01 |
| IBN ZIAD | 14,72 | 18,35 | 78,92 | 108,31 |
| ZIGHOUD YOUCEF | 13,48 | 34,32 | 131,66 | 150,09 |
| MESAOUD BOUDJERIOU | 11,88 | 12,86 | 23,35 | 52,25 |
| OULED RAHMOUN | 2,3 | 16,36 | 117,63 | 161,83 |
| BENI HAMIDENE | 1,67 | 1,67 | 58 | 70,36 |
| BEN BADIS | 0 | 100,53 | 142,92 | 162,96 |
| AIN ABID | 0 | 61,77 | 184,64 | 177,96 |
| ALI MENDJELI | 0 | 12,86 | 131,29 | 405,8 |

L'analyse des communes de la wilaya de Constantine selon leur taux d'accroissement (1987-2020) met en lumière des dynamiques de croissance contrastées, avec des pôles d'expansion et des communes qui stagnent.

❖ *Pôles d'expansion :*

- **Ali Mendjeli :** Avec un taux d'accroissement de 21.95% pour la période 1998-2008 et de 9.10% pour la période 2008-2020, Ali Mendjeli se place en tête de liste, témoignant d'une urbanisation fulgurante. Cette croissance rapide est principalement due à la création de la ville nouvelle, qui a attiré une part importante de la population de la wilaya.

❖ *Croissance importante :*

- **Constantine** : La croissance spatiotemporelle de la commune de Constantine entre 1987 et 2020 dont la surface bâtie était de 401,87km² a dépassé le double soit

1073,07km² en 2020, elle se manifeste par une évolution en étoile, avec des extensions qui suivent les axes routiers et une discontinuité au niveau de l'axe- Sud.

- **El Khroub :** El Khroub, initialement un simple village agricole, s'est transformé en une ville de grande envergure en un temps relativement court, devenant une ville satellite de Constantine, située au Sud-est de Constantine, elle a connu une croissance urbaine rapide et continue, sa surface bâtie passa de 51km² en 1987 à 411,96km² en 2020, ce qui met en évidence une urbanisation fortement influencée par la proximité de Constantine et la présence de l'infrastructure (autoroute, RN3, …).
- **Didouche Mourad :** Didouche Mourad, initialement un petit bourg rural, s'est transformée progressivement en une ville satellite de Constantine.
- **Hamma Bouziane :** La croissance urbaine de Hamma Bouziane s'est caractérisée par une expansion modérée et contraignante, avec un rythme moins important que ses voisines. L'influence de la présence de terres agricoles protégées et la prolifération de l'habitat individuel informel ont contribué à la structure urbaine particulière de la ville. Malgré une croissance plus lente, Hamma Bouziane a néanmoins connu un développement notable, devenant une ville satellite de Constantine et un centre d'attraction pour la population.
- **Ain Smara :** La commune d'Ain Smara a connu une croissance urbaine progressive et marquée par des phases d'expansion et de densification. La présence de terres agricoles a probablement limité l'expansion de la ville vers le Nord et le Nord-ouest. Malgré sa croissance modérée, Ain Smara s'est affirmé comme une ville satellite de Constantine, contribuant au développement urbain de la région

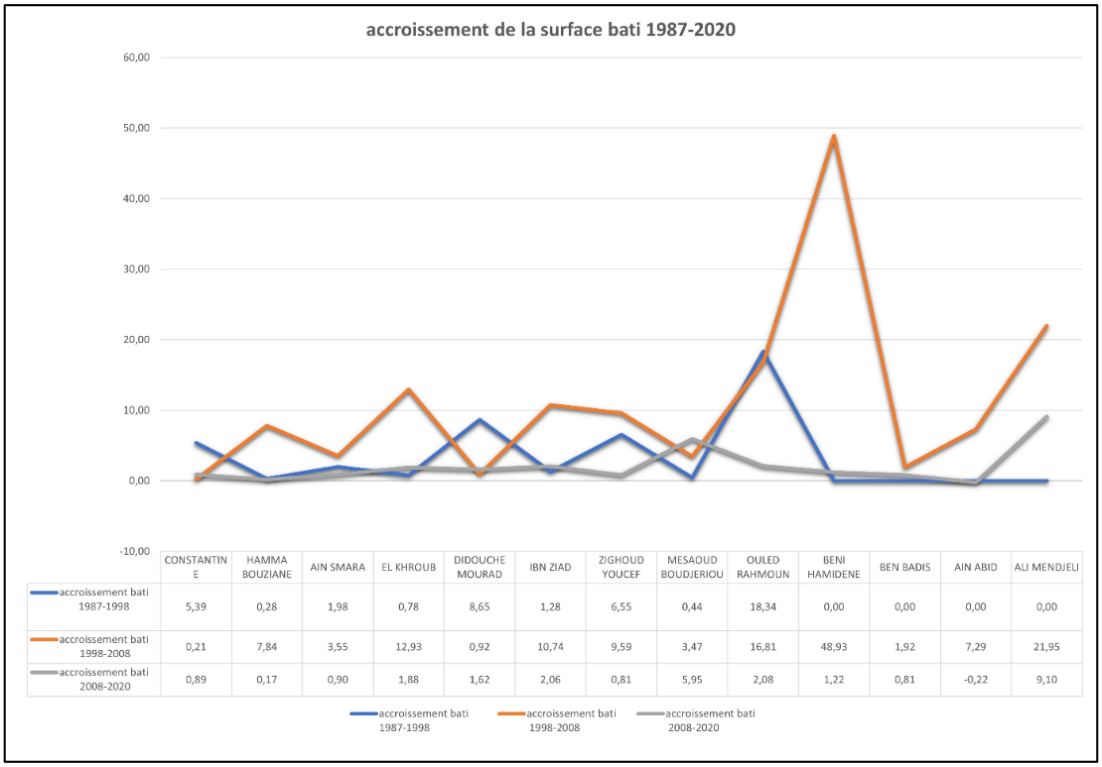
❖ *Croissance modérée :*

- **Zighoud Youcef, Ibn Ziad Ain Abid, Ben Badis, et Ouled Rahmoune :** Ces communes ont connu une croissance plus modérée, avec un taux d'accroissement inférieur à la moyenne de la wilaya. Ces communes peuvent être caractérisées par une attractivité moins importante ou une expansion plus lente.

❖ *Faible croissance :*

- **Beni Hamidene et Messaoud Boudjeriou :** Ces deux communes affichent les taux d'accroissement les plus faibles de la wilaya. La stagnation de leur population peut

être expliquée par une faible attractivité économique ou des limitations liées au développement urbain




| | CONSTANTINE | HAMMA BOUZIANE | AIN SMARA | EL KHROUB | DIDOUCHE MOURAD | IBN ZIAD | ZIGHOUD YOUCEF | MESAOUD BOUDJERIOU | OULED RAHMOUN | BENI HAMIDENE | BEN BADIS | AIN ABID | ALI MENDJELI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| accroissement bati 1987-1998 | 5,39 | 0,28 | 1,98 | 0,78 | 8,65 | 1,28 | 6,55 | 0,44 | 18,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| accroissement bati 1998-2008 | 0,21 | 7,84 | 3,55 | 12,93 | 0,92 | 10,74 | 9,59 | 3,47 | 16,81 | 48,93 | 1,92 | 7,29 | 21,95 |
| accroissement bati 2008-2020 | 0,89 | 0,17 | 0,90 | 1,88 | 1,62 | 2,06 | 0,81 | 5,95 | 2,08 | 1,22 | 0,81 | -0,22 | 9,10 |

*Figure 3.8 accroissement de la surface bâtie 1998-2020; auteure,2021*

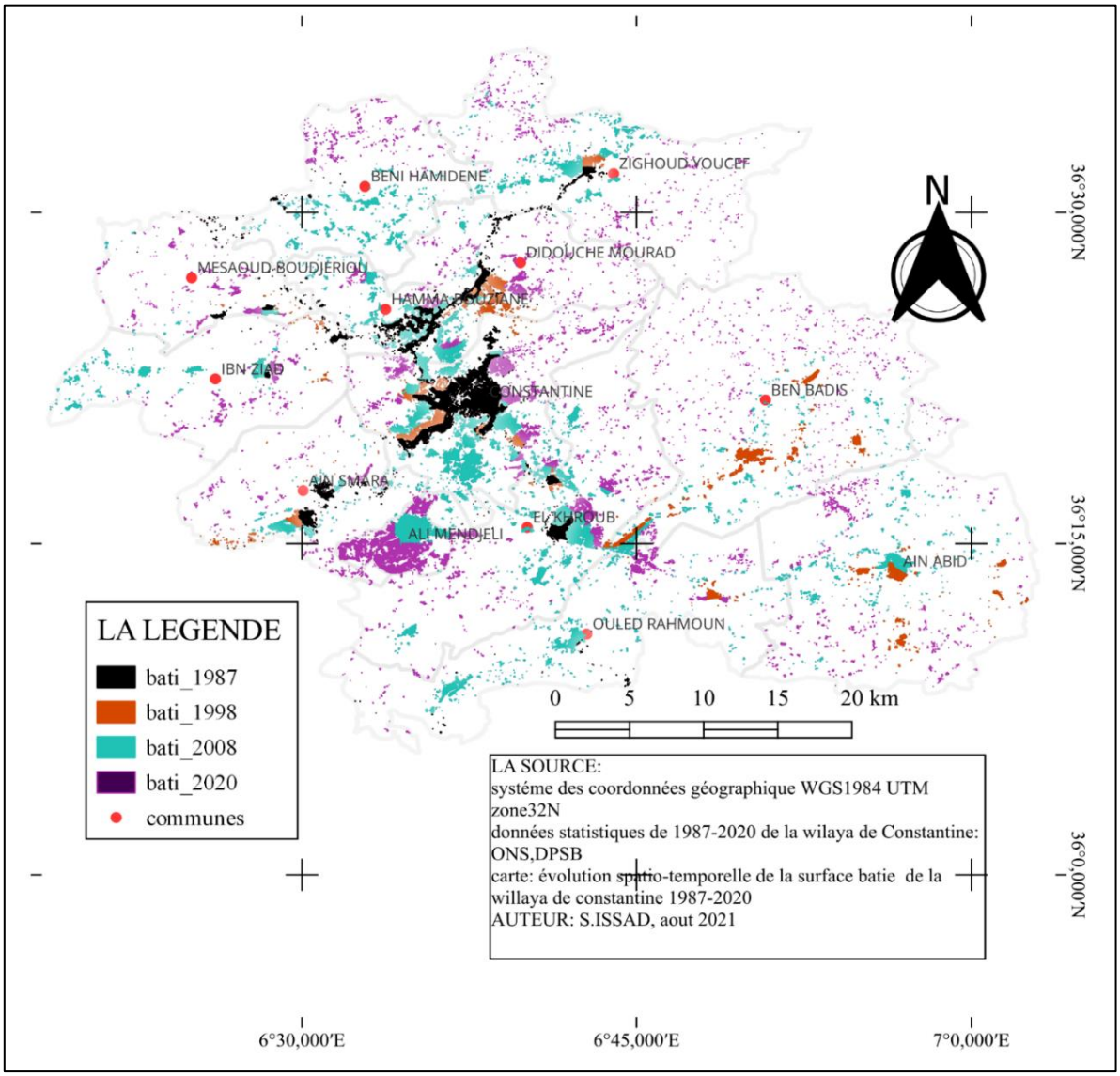



*Figure 3.9 évolution spatio-temporelle de la surface bâtie 1987-2020; auteure,2021*

### 3.1.3 Configuration et caractéristiques du réseau viaire de la wilaya de Constantine :

Nous avons effectué l'analyse du réseau à l'aide de la hiérarchie du réseau (commande du logiciel ArcGIS Pro). La hiérarchie classe des tronçons de réseau selon un nombre de niveaux donné. Dans notre cas d'étude, il existe cinq niveaux : Réseau ferroviaire, route nationale, chemin de wilaya, autoroute, et le réseau viaire urbain de chaque ville du Grand Constantine. (Voir la carte ci-dessous).

L'infrastructure de transport joue un rôle concluant dans le développement économique et social, en favorisant la circulation des personnes et des marchandises et en assurant une fluidité des déplacements. La position géographique stratégique de Constantine, située au

carrefour des axes de communication Nord/Sud et Est/Ouest, la positionne comme un centre névralgique pour l'Est algérien.

Le réseau routier de la wilaya de Constantine est particulièrement dense, contribuant à son statut de capitale régionale. Il se compose de :

- Sept routes nationales, assurant des connexions à longue distance et favorisant les échanges commerciaux et le transport de personnes entre Constantine et les autres régions du pays.
- Vingt et un chemins de wilaya, permettant une connectivité efficace avec les communes voisines et stimulant le développement économique local.
- Voies de contournement, optimisant la circulation et réduisant la congestion dans les zones urbaines.
- Chemins communaux et voies urbaines, desservant les zones rurales et les quartiers urbains, assurant une accessibilité optimale aux services et aux infrastructures.

Ce réseau routier complexe et étendu irrigue la wilaya de Constantine et contribue à son dynamisme économique et social. L'analyse de ses caractéristiques par type de route permet de mieux comprendre son impact sur le développement de la région et les possibilités d'optimisation future.

*Tableau 3.3 longueur du réseau routier par commun, Source : Direction des Travaux Publiques, 2020*

| Communes | Longueur des RN (Kms) | Longueur des Chemins de wilaya (Kms) | Longueur des Chemins Communaux (Kms) | Total réseau routier (Kms) |
|---|---|---|---|---|
| Constantine | 42,6 | 40,4 | 21,2 | 104,2 |
| El-Khroub | 24,5 | 50,2 | 27,4 | 102,1 |
| Ain-Smara | 12 | 24,8 | 32,8 | 69,6 |
| Ouled-Rahmoune | 55,3 | | 45,7 | 101 |
| Ain-Abid | 19,2 | | 33 | 52,2 |
| Ben-Badis | 7,8 | 11 | 43,6 | 62,4 |
| Zighoud-Youcef | 13,8 | 20 | 86 | 119,8 |
| Béni-Hamidene | 11 | 40 | 43,8 | 94,8 |
| Hamma-Bouziane | 19,8 | 44 | 99,7 | 163,5 |
| Didouche-Mourad | | 75 | 55,3 | 130,3 |
| Ibn-Ziad | 33,6 | 29 | 45,4 | 108 |
| Messaoud-Boudjeriou | | 37,6 | 31,1 | 68,7 |
| TOTAL | 239 | 372 | 565 | 1176 |

- *Réseau routier inter wilaya :*

Le réseau routier national de Constantine joue un rôle majeur dans l'influence de la ville sur les wilayas voisines, notamment celles des Hautes Plaines (Sétif, Oum El Bouaghi, Guelma, Batna, Souk Ahras) et du Nord (Mila, Skikda, Jijel, Annaba).

Ce réseau, s'étendant sur près de 220 km, connecte Constantine aux chefs-lieux des wilayas limitrophes et dessert dix communes ainsi que des agglomérations secondaires.

Les routes nationales principales, notamment la RN5, la RN3, la RN10, la RN20, la RN27 et la RN79, présentent des caractéristiques distinctes en termes de longueur, de capacité et de taux de saturation :

- La RN5 : relie Alger au Sud-ouest de Constantine, passant par Ain Smara et Sétif. Elle dispose d'une importante réserve de capacité, avec un taux de saturation inférieur à 50%.

- La RN3 : traverse la wilaya sur 58,4 km, reliant le Sud (Ouled Rahmoune, El Khroub) au Nord (Skikda) en passant par Constantine. Elle présente un taux de saturation élevé, dépassant 80% au niveau du 4ème km.
- Les RN10 et RN20 : en provenance de Tébessa et Guelma, elles traversent El Khroub et Ain Abid sur des longueurs respectives de 19,9 km et 44,4 km.
- La RN27 : relie Constantine au Nord-ouest, en passant par Hamma Bouziane. Elle offre une réserve de capacité de 34%.
- La RN79 : relie Constantine à la nouvelle ville Ali Mendjeli, à l'université et à l'aéroport, puis rejoint Mila en passant par Ibn Ziad et Messaoud Boudjeriou. Cette route de 81,2 km, avec une réserve de capacité de 46%, est susceptible d'être fortement sollicitée par le développement d'El Khroub.

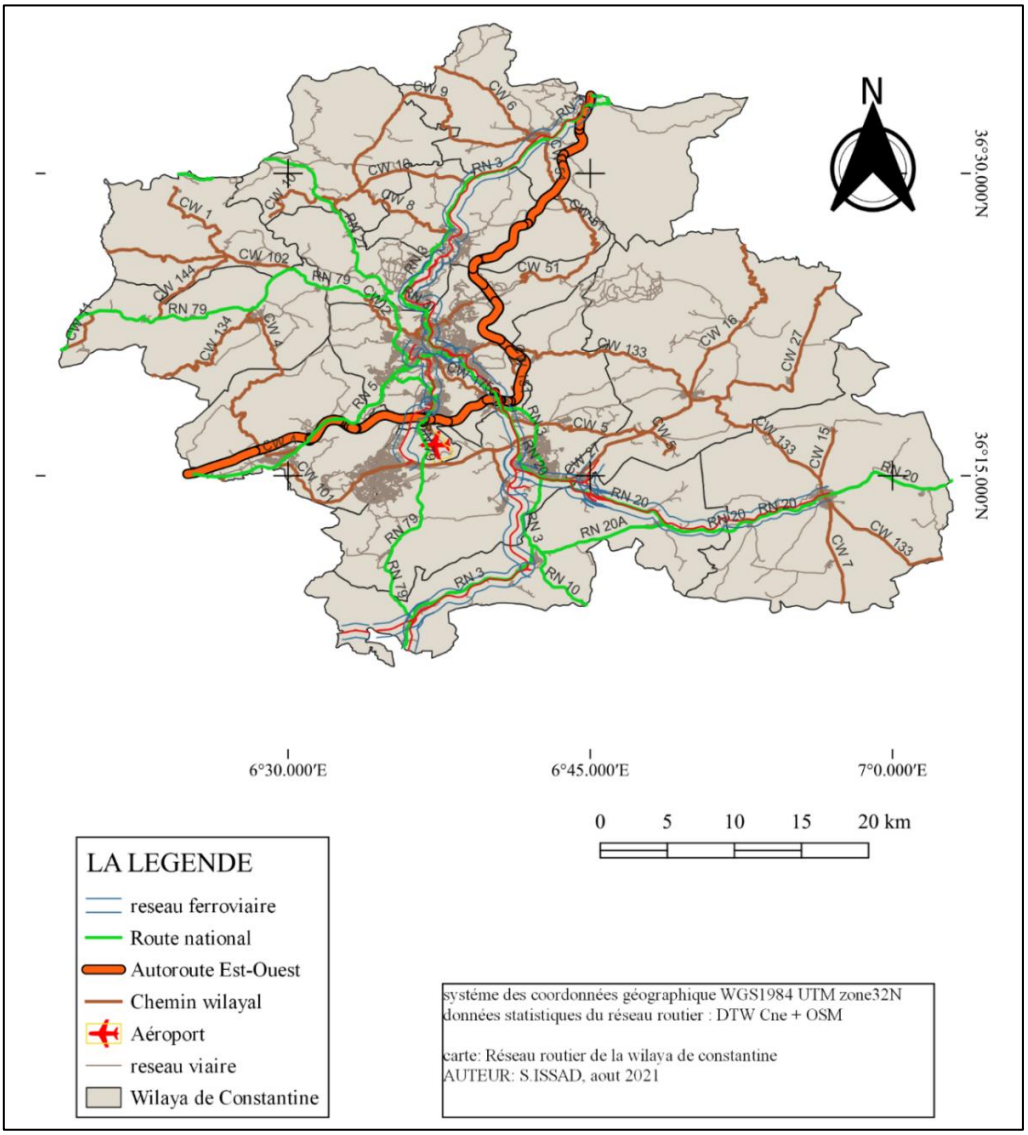



*Figure 3.10 le réseau routier de la wilaya de Constantine; auteure, 2021*

Il est important de noter que la plupart de ces routes convergent vers Constantine, assumant également un rôle d'axes urbains, supportant à la fois le trafic local et celui de transit, notamment les routes nationales N°03, N°05 et N°79. Cette convergence contribue à la centralisation des activités et renforce l'influence de Constantine sur les wilayas voisines.

*Tableau 3.4 Réseau routier inter wilaya, source DTW Constantine 2020*

| Désignation | Liaison | Longueur (Km) | Dont que double voie | Min-Max de Largeur | Etat | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Mauvais | Moyen | Bon |
| RN N°03 | Limite w skikda-limite W.OEB | 67,9 | 27 | 7-14m | / | | 67,9 |
| RN N°05 | Limite w Mila-Entrée palma | 26 | 11 | 7-14m | / | 5 | 20,9 |
| RN N°05A | Limite Wilaya Mila-RN79 | 4,4 | 0 | 7m | / | | 4,4 |
| RN N°10 | Carrefour O,Rahmoune - limite wilaya d'oum ElBOUGHI | 7,4 | 0 | 8m | / | 0 | 7,4 |
| RN N°20 | Limite wilaya de Guelma- khroub | 35,2 | 25 | 7-14m | / | 0 | 35,2 |
| RN N°20 A | Bounouara intersection RN N° 10 | 10 | 0 | 8m | / | 0 | 10 |
| RN N°27 | Limite wilaya de Mila- Constantine 05 Juillet | 27,4 | 8,1 | 7-14m | / | 0 | 27,4 |
| RN N°27 A | Intersection RN N°27-Intersection RN N°03 | 2,2 | 2,2 | 7m | / | 0 | 2,2 |
| RN 79 | Pont Drot-RN d'El Guettar | 29,4 | 12,6 | 7-14m | / | 0 | 29,4 |
| RN79 Ex CW02 | Limite Wilaya de Mila - Hamma Bouziane | 29,2 | 0 | 7m | / | 7 | 22,2 |
| TOTAL en RN | | 239 | 85,9 | / | / | 12 | 227 |

- *Réseau routier inter communal :*

Le réseau routier intercommunal de la wilaya de Constantine se compose de deux catégories de voies, toutes desservant les chefs-lieux de communes :

- Routes Nationales : Ces routes jouent un rôle double :
  - Liaison intercommunale : Elles connectent les communes situées sur leur tracé, favorisant ainsi les échanges et la circulation entre les différents centres urbains.
  - Trafic de transit inter-wilaya : Elles servent de voies principales pour le transport entre les différentes wilayas du pays, assurant ainsi un rôle éminent dans le dynamisme économique et social de la région.
- Chemins de wilaya : Ces routes jouent un rôle complémentaire, reliant les communes non desservies par les routes nationales. Elles servent de jonctions, assurant la connectivité entre les zones moins urbanisées et les axes routiers principaux.

L'état de ce réseau routier intercommunal est cependant hétérogène. Sur les 13 liaisons intercommunales effectuées par les chemins de wilaya, totalisant près de 190 km, 60% (soit six chemins) sont dans un état dégradé, nécessitant des travaux de rénovation. Seul le CW 102 est considéré en bon état, les autres étant jugés moyens.

*Tableau 3.5 Caractéristiques du réseau inter communal, source : direction des transports, 2020*

| **Commune Origine/ Destination** | **Liaison** | **Largeur Moyenne (en m)** | **Longueur (en Km)** | **Etat** |
|---|---|---|---|---|
| Constantine-Hamma | RN.3 | 6 à 7 | 10.1 | Acceptable |
| | RN79 | 6 à 7 | 10.5 | Acceptable |
| Constantine-Didouche | RN.3 | 7 à 8 | 13.3 | Acceptable |
| Constantine-El Khroub | RN.3 | 7 à 8 | 15.4 | Acceptable |
| Constantine-N.V.A.Mendjeli | RN79 | 7 à 12 | 13.2 | Acceptable |
| Constantine-Ain Smara | RN.5 | 7 à 14 | 16.1 | Acceptable |
| Constantine-Ibn Badis | CW.133 | 6 | 21.7 | Dégradé |
| El Khroub-Ain Abid | RN.20 | 7 | 26.2 | Acceptable |
| El Khroub-O.Rahmoune | RN.10 | 7 | 10.3 | Acceptable |
| El Khroub-Ain Smara | CW.101 | 6 | 21.6 | Acceptable |
| El Khroub-N.V. Ali Mendjeli | CW.101 | 6 | 8.2 | Acceptable |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| El Khroub-Ibn Badis | RN.20 | 7 | 5 | Acceptable |
| | CW.27 | 6.5 | 12.4 | Acceptable |
| N.V Ali Mendjali-Ain Smara | CW.101 | 6 | 13.4 | Acceptable |
| N.V Ali Mendjali-O.Rahmoune | RN.79 | 6 | 25.1 | Moyen |
| Ain Smara-Ibn Ziad | CW.4 | 5 | 19.3 | Dégradé |
| Hamma-Didouche | RN.3 | 7 à 8 | 7 | Acceptable |
| Hamma-Ibn Ziad | RN.79 | 6 | 14 | Acceptable |
| Hamma-Mess Boudjeriou | RN.79 | 6 | 12.3 | Acceptable |
| Hamma-Beni H'midene | RN.27 | 7 | 13.2 | Moyen |
| Didouche-Zighoud | RN.3 | 7 | 12.6 | Acceptable |
| Didouche-Beni H'midene | CW.8 | 5 | 11.4 | Dégradé |
| Zighoud-Beni h'midene | CW.9 | 5 | 21.4 | Dégradé |
| Mess.Boudjeriou-B.H midene | CW.10 | 5 | 17.8 | Dégradé |
| Ibn Ziad-Mess.Boudjeriou | RN.79 | 7 | 6.1 | Acceptable |
| | CW.102 | 5 | 2.9 | Moyen |
| Ain Abid-O .Rahmoune | RN.20 | 7 | 13.20 | Acceptable |
| | CW.13 | 5 | 9.7 | Acceptable |
| Ibn Badis-O.Rahmoune | RN.10 | 7 | 9.6 | Acceptable |
| | CW.27 | 5 | 12.4 | Acceptable |
| Ain Abid-Ibn Badis | CW.15 | 5 | 15.8 | Dégradé |

## 3.2 Présentation du Grand Constantine

### 3.2.1 Situation géographique du Grand Constantine

Le Grand Constantine, La ville de Constantine et les quatre communes qui l'entourent dans un rayon de 20 km, soit : Hamma Bouziane, Didouche Mourad, El Khroub, Ain Smara, forment le Grand Constantine. Il s'étend sur une surface de 769.82 km² 101, soit 34.29% de la superficie totale de la wilaya (2244.77km²).

Ce périmètre est créé en 2012 selon l'arrêté de Monsieur le Wali de la Wilaya de Constantine N°1695/2012 en date du 07/11/2012 afin de faciliter les études sur le transport carte ci-dessous.

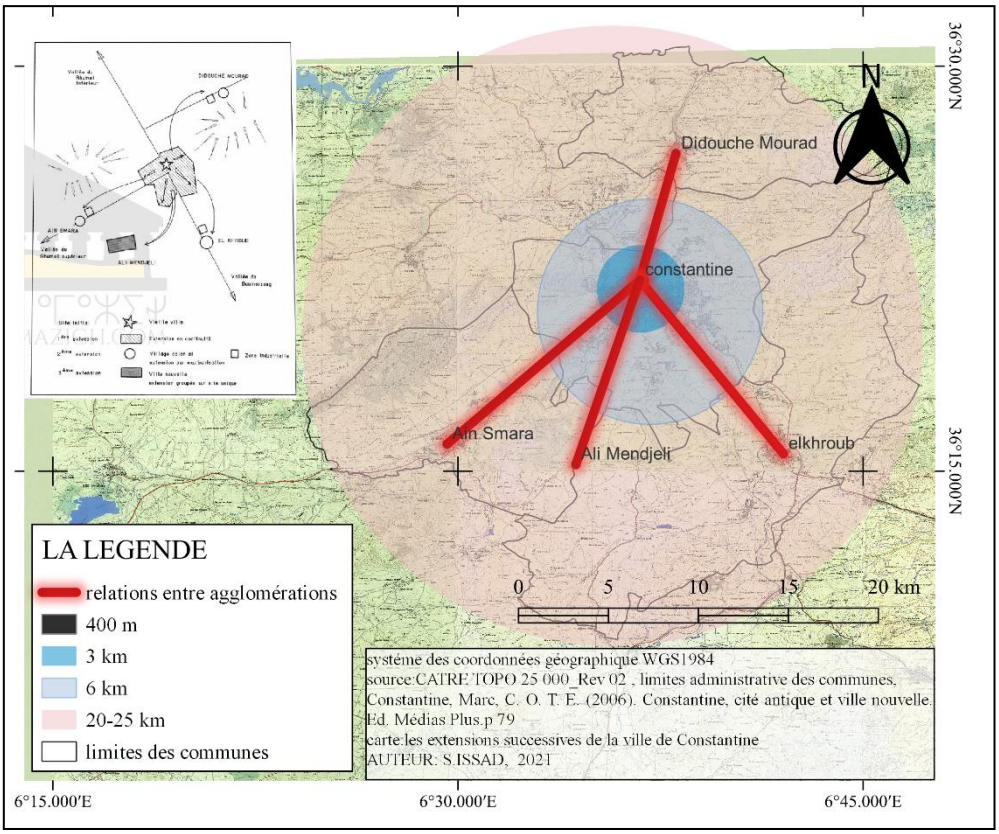



*Figure 3.11 carte des extensions successives de la ville de Constantine, auteure 2021*

Bien que le grand Constantine appartienne juridiquement à des communes séparées physiquement les unes des autres, ce territoire fonctionne comme un seul organisme, il comprend six noyaux urbains dans un rayon de 20 à 25 kms (Côte, 2006), dont les mouvements pendulaires sont effectués à des fins de travail, services, et études .

Dans ce sens, c'est à l'échelle du grand Constantine qu'on doit penser la planification et la gestion du transport en commun, notamment le tramway doit raccorder le noyau urbain avec des sites de haute potentialité (d'équipements, de population estudiantine, de mobilités quotidiennes.).

### 3.2.2 Le réseau viaire du Grand Constantine

Le Grand Constantine, constitué de cinq communes (Constantine, El Khroub, Ain Smara, Didouche Mourad et Hamma Bouziane), possède un réseau routier complexe et structuré autour de cinq types de voies : autoroutes, routes nationales, chemins de wilaya,

chemins communaux et chemin de fer. Ce réseau présente une configuration radiale avec la ville de Constantine comme point central, reflétant son rôle capital dans la région.

- Autoroute Est/Ouest : Cette autoroute traverse le Grand Constantine du Nord-est au Sud-ouest, contournant la ville de Constantine, offrant un itinéraire fluide et efficace pour les déplacements à longue distance.

La commune de Constantine concentre la plus grande partie du réseau autoroutier (27,07 km), suivie d'Ain Smara (16,97 km), tandis que Didouche Mourad et El Khroub possèdent des sections plus courtes.

L'autoroute joue un rôle important en désengorgeant la ville de Constantine en créant des liaisons périphérie-périphérie, ce qui contribue à améliorer la fluidité de la circulation et à réduire la congestion.

- Routes Nationales : Six routes nationales traversent le Grand Constantine, convergeant vers la ville de Constantine, la positionnant comme un carrefour important pour les liaisons vers le littoral (Skikda, Jijel), les Hautes Plaines (Sétif, Alger) et la Tunisie (via Guelma).

Constantine et El Khroub détiennent la plus grande partie des routes nationales (56,19 kms et 55,33 kms respectivement), tandis que les autres communes possèdent des sections plus petites. Ce réseau radial renforce le rôle stratégique du Grand Constantine en reliant les différentes régions du pays et en favorisant les échanges économiques et sociaux.

- Chemins de Wilaya : Seize chemins de wilaya complètent le réseau routier, assurant la connectivité entre les communes et les zones moins urbanisées.

Constantine et El Khroub dominent le réseau des chemins de wilaya (44,91 kms et 39,68 kms respectivement), tandis que les autres communes possèdent des sections plus restreintes. Ces chemins de wilaya servent souvent de voies urbaines importantes, contribuant à l'organisation et à l'accessibilité des zones urbaines.

- Chemins communaux CC : les communes avec les plus fortes concentrations de chemins communaux correspondent généralement aux zones les moins densément peuplées, reflétant un besoin fondamental de connecter les zones rurales isolées. Ainsi, Hamma Bouziane (57,30 km) et Didouche Mourad (49,70 km) présentent des

densités de chemins communaux plus élevées, traduisant un effort pour améliorer la connectivité dans ces zones rurales.

- Chemin de fer : Le réseau ferroviaire qui traverse le Grand Constantine du Nord vers le Sud-est, passant par la commune de Constantine, se caractérise par une configuration linéaire et une présence limitée à quelques communes. Constantine (42,70 kms) est dotée d'une importante longueur de voies ferrées, ce qui lui offre une connectivité significative au réseau national.

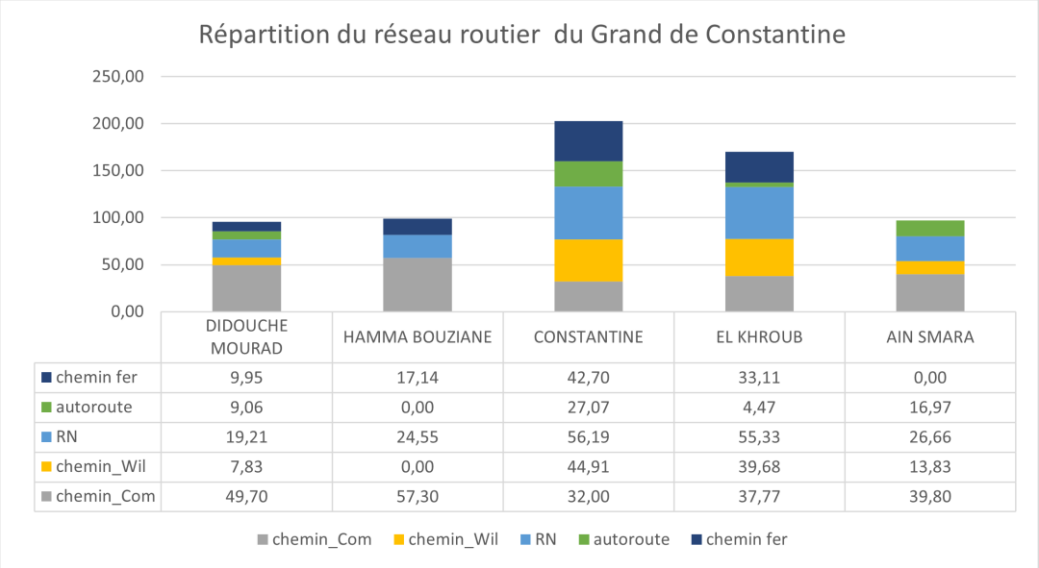
  Ainsi El Khroub (33,11 kms) présente une section plus importante, suggérant une meilleure intégration au réseau ferroviaire national et un potentiel plus grand pour le transport de marchandises et de voyageurs.

  Didouche Mourad (9,95 kms) et Hamma Bouziane (17,14 kms) sont les seules communes à bénéficier d'un réseau ferroviaire, avec une longueur relativement modeste. Cette section du réseau pourrait jouer un rôle local en connectant ces communes aux autres sections du réseau ferroviaire national.

Selon le graphe ci-dessous, on note :

- Constantine : La commune de Constantine possède une longueur importante de routes nationales (56,19 kms), chemins de wilaya (44,91 kms) et autoroutes (27,07 kms) et du chemin de fer (42,70 kms), ce qui met en évidence son rôle central dans le réseau routier du Grand Constantine. Cependant, elle est faiblement desservie par les chemins communaux (32,00 kms), ce qui peut limiter l'accès aux zones rurales et périphériques.
- El Khroub : Cette commune est bien desservie par les routes nationales (55,33 kms) et les chemins de wilaya (39,68 kms), mais sa longueur de chemins communaux (37,77 kms) reste modérée.
- Ain Smara : La commune d'Ain Smara présente une longueur importante d'autoroutes (16,97 kms) et de chemins communaux (39,80 kms), mais une faible longueur de routes nationales (26,66 kms) et de chemins de wilaya (13,87 kms), ce qui pourrait limiter son accès aux réseaux de transport à longue distance.
- Didouche Mourad : Cette commune dispose d'une longueur importante de chemins communaux (49,70 kms) et d'un réseau ferroviaire (9,95 kms), mais elle est faiblement desservie par les routes nationales (19,21 kms) et les chemins de wilaya (7,83 kms).

- Hamma Bouziane : La commune de Hamma Bouziane présente une longueur importante de chemins communaux (57,30 kms), mais elle est la seule à ne pas être desservie par des chemins de wilaya et possède une très faible longueur de routes nationales (1,94 kms).




| | DIDOUCHE MOURAD | HAMMA BOUZIANE | CONSTANTINE | EL KHROUB | AIN SMARA |
|---|---|---|---|---|---|
| chemin fer | 9,95 | 17,14 | 42,70 | 33,11 | 0,00 |
| autoroute | 9,06 | 0,00 | 27,07 | 4,47 | 16,97 |
| RN | 19,21 | 24,55 | 56,19 | 55,33 | 26,66 |
| chemin_Wil | 7,83 | 0,00 | 44,91 | 39,68 | 13,83 |
| chemin_Com | 49,70 | 57,30 | 32,00 | 37,77 | 39,80 |

*Figure 3.12 répartition du réseau routier dans le Grand Constantine; auteure 2021*

### 3.2.3 Le réseau de transport urbain dans le Grand Constantine

❖ *Le système d'exploitation du réseau de transport urbain dans le Grand Constantine*

***La répartition modale***

Le réseau de transport urbain au Grand Constantine représente 62% du parc total de la wilaya, soit 1130 véhicules, répartis comme suit :

#### a- Le bus

Le réseau de transport urbain par bus dans le Grand Constantine, bien qu'ayant un potentiel important en termes de capacité et de coût (un bus pouvant transporter un nombre significativement plus important de passagers à un coût moindre qu'une voiture particulière, tout en s'adaptant facilement à la voirie urbaine existante) présente un certain nombre de limitations.

Malgré la présence de soixante-deux (62) lignes urbaines et vingt-trois (23) lignes inter-urbaines (interconnexions entre les agglomérations urbaines du Grand Constantine) répertoriées par la Direction du transport de la wilaya en 2023. Ces lignes sont desservies par un parc de 1130 bus, et exploitée par 842 entreprises pour une capacité de 59189 places.

*Tableau 3.6 interconnexions entre agglomérations du Grand Constantine, réalisée par l'auteure 2024*

| Lignes | Constantine | El-Khroub | Ain Smara | Ali Mendjeli | Didouche Mourad | Hamma Bouziane | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Constantine | 40 | 3 | 3 | 4 | 2 | 1 | 53 |
| El-Khroub | 3 | 3 | 2 | 2 | 0 | 0 | 10 |
| Ain Smara | 3 | 2 | | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Ali Mendjeli | 4 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 10 |
| Didouche Mourad | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 4 |
| Hamma Bouziane | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Total | 53 | 10 | 6 | 10 | 4 | 1 | 85 |

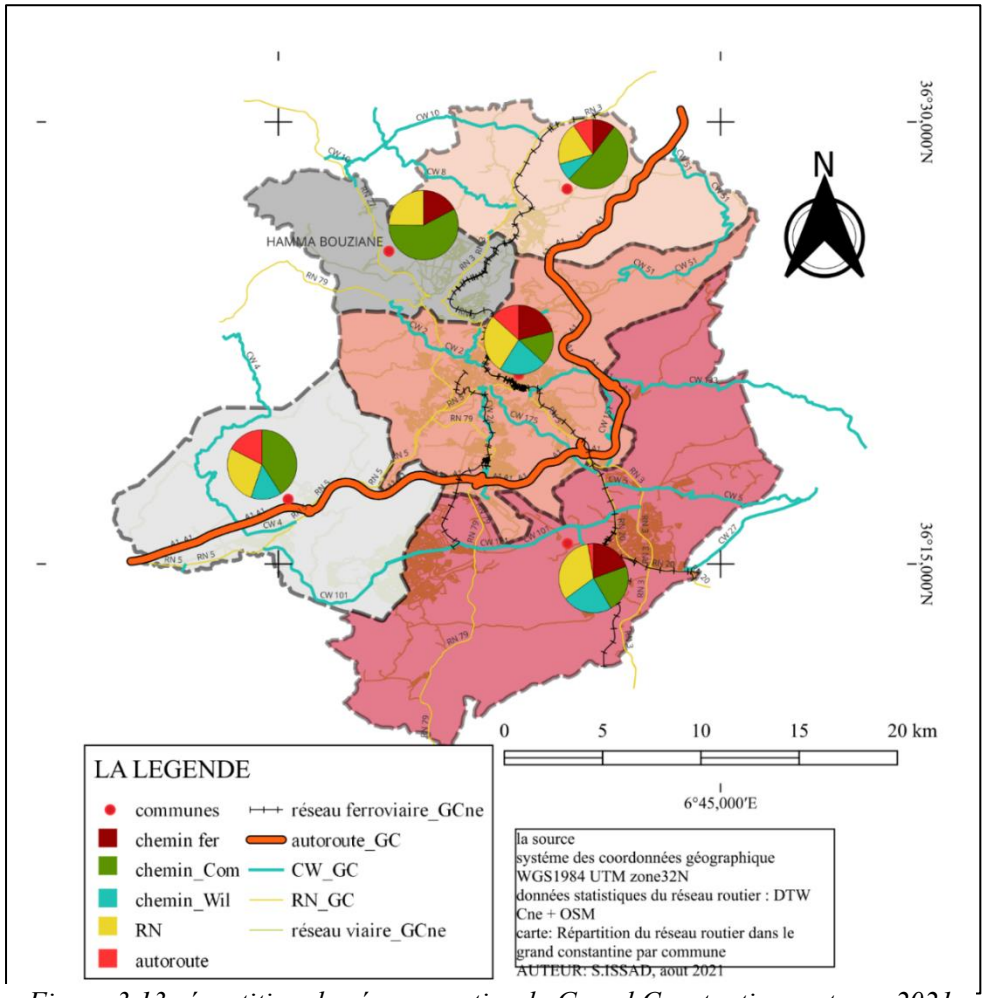



*Figure 3.13 répartition du réseau routier du Grand Constantine, auteure 2021*

Le tableau représente le nombre de lignes de transport en commun par bus reliant les différentes villes du Grand Constantine. Il montre que la ville de Constantine assure les liaisons internes par 40 lignes de bus concentré à l'intérieur.

Il confirme l'importance de la ville de Constantine comme centre névralgique de l'agglomération, car elle est reliée à toutes les autres villes et reflète son comme centre économique, social et administratif pour le groupement.

Nous observons une forte interaction entre Constantine et El Khroub, Constantine et Ain Smara, Constantine et Ali Mendjeli, témoignant d'une forte interdépendance entre ces villes, principalement due aux déplacements quotidiens des habitants. La mobilité quotidienne des habitants du Grand Constantine est fortement liée à l'accès aux opportunités d'études, d'emploi et aux services, renforçant la nécessité d'un réseau de transport performant et efficace capable de répondre aux besoins croissants de la population.

Les villes de Didouche Mourad et Hamma Bouziane sont moins intégrées au réseau de transport urbain du Grand Constantine

Le tableau laisse apparaitre la nécessité de développement de nouvelles lignes de transport pour améliorer la connectivité du Grand Constantine. L'objectif serait de créer un réseau plus équilibré et plus performant, offrant des liaisons plus directes et plus fréquentes entre toutes les villes.

### b- Le Tramway du Grand Constantine : Un Atout Majeur pour la Mobilité Urbaine.

Le tramway de Constantine, mis en service en 2013, marque une avancée majeure dans la modernisation du réseau de transport urbain de la ville de Constantine. Initialement, une ligne de 8,1 kilomètres, reliant le centre-ville à la cité Zouaghi Slimane et desservant dix (10) stations, transportait environ soixante milles (60 000) passagers par jour, ce nouveau mode de transport fonctionne tous les jours de 5 h 30 du matin à 22 h 00 en période hivernale, et de 5 h 30 du matin à 1 h 00 période estivale, avec une fréquence de trois minutes en heure de pointe et cinq minutes en heure-creuse. Des extensions ultérieures, à partir de 2019, ont étendu le service jusqu'à Ali Mendjeli, en incluant les universités Salah Boubnider Constantine 3 et Abdelhamid Mehri Constantine 2, portant la longueur totale du réseau à 18,4 kilomètres et le nombre de stations à vingt et une stations (21). (Direction du transport de Constantine, 2022)

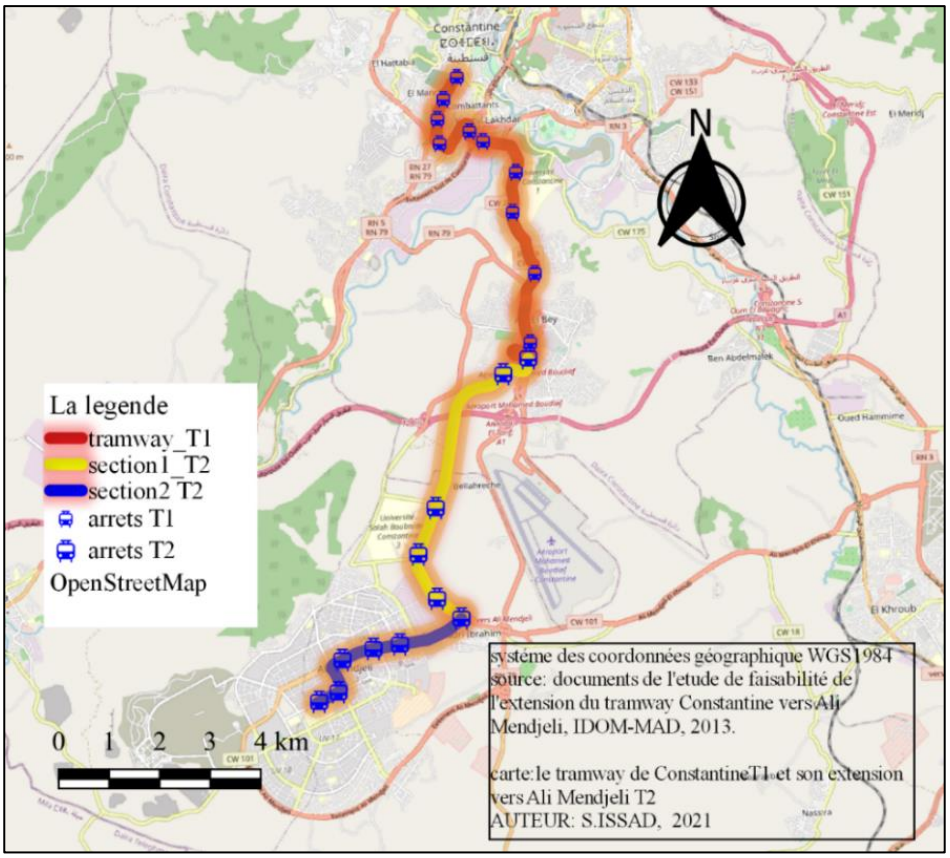
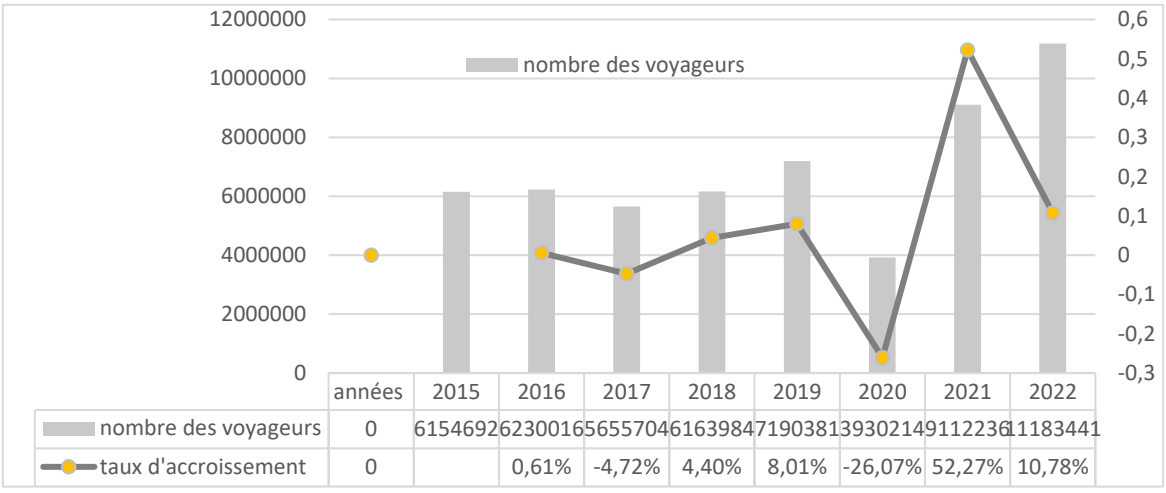



*Figure 3.15 le tramway du Grand Constantine ; auteure 2021*




| années | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| nombre des voyageurs | 0 | 6154692 | 6230016 | 5655704 | 6163984 | 7190381 | 3930214 | 9112236 | 11183441 |
| taux d'accroissement | 0 | | 0,61% | -4,72% | 4,40% | 8,01% | -26,07% | 52,27% | 10,78% |

*Figure 3.14 l'accroissement du nombre des voyageurs par tramway 2015-2022, auteure 2024*

Le graphique (figure 4-15) montre une augmentation spectaculaire du nombre de passagers, passant de 1,95 million en 2013 à plus de 13 millions en 2021, témoignant d'un impact positif sur la mobilité urbaine. Le taux de croissance annuel a cependant connu des fluctuations importantes, avec un pic de 52,27 % en 2021, suivi d'une baisse considérable (-26,07 %) en 2020, probablement due aux restrictions liées à la pandémie de COVID-19 ayant entraîné une suspension temporaire du service (Direction du transport de Constantine, 2022).

La mise en place d'un système de billetterie unifié (combinant les tarifs des bus et du tramway fin 2016) a également contribué à la tendance à la hausse.

L'implantation du tramway à Constantine a engendré des effets urbains multiformes, au-delà d'une augmentation de l'offre de transport (1.95 M voyageurs en 2013 à 13 M en 2021). Elle a impacté la demande, la qualité du service, la valeur immobilière, le développement commercial, l'emploi, les espaces publics, la sécurité, l'image de la ville et l'environnement (Glandus & Beltrando, 2013). Le tramway a modernisé la ville, en diminuant la pollution et en améliorant la connexion des quartiers (Bendali & Labii, 2016), remodelant le tissu urbain, réduisant l'espace automobile et favorisant les transports en commun (Stambouli, 2005).

### c- La télécabine : Le Téléphérique de Constantine : Un Projet Touristique et Urbain/ Contexte et Fonctionnement

Le téléphérique de Constantine, inauguré en 2008, est un système de transport par câble aérien conçu pour desservir des zones difficiles d'accès en raison de la topographie particulière de la ville. Implanté sur un site escarpé, traversant les profondes gorges de l'Oued Rhumel, le téléphérique offre une solution de mobilité originale et efficace pour relier des quartiers traditionnellement isolés du centre-ville. Son installation, fruit d'un investissement important, reflète la volonté des autorités locales de développer le tourisme tout en améliorant l'accessibilité de la ville. Initialement géré par l'ETUSC (Etablissement de Transport Urbain et Suburbain de Constantine), le téléphérique a été confié à l'ETAC (Entreprise des Transports Aériens par Câble) en 2016, ce changement étant motivé par des soucis de sécurité et de gestion.(Harkat, Amar, Benrachi, & Gattuso, 2022)

Le téléphérique de Constantine, réalisé par le leader mondial GARAVENTA, relie la place Belkacem Tatache (à l'Est de la ville) à la cité Emir Abdelkader (à l'Ouest de la ville) en passant par l'hôpital CHU Ben Badis. Le trajet, d'une longueur de 1,5 kilomètre, dure 7 minutes, avec une vitesse maximale de 22 km/h et une capacité de 2000 passagers par heure et par sens. Durant ses cinq premières années d'exploitation, le système a transporté quotidiennement 18 000 passagers, un chiffre significatif témoignant de son utilité. Les cabines, détachables et d'une capacité de 15 places (11 places assises), garantissent un niveau de sécurité élevé. La télécabine présentait un excellent bilan environnemental, ne générant pas de pollution atmosphérique ni de bruit notable (Direction du transport de Constantine, 2022).

Cependant, depuis 2016, la télécabine a subi des arrêts répétés pour des problèmes de gestion et d'entretien, aboutissant à une interruption du service depuis avril 2018. Des travaux étaient initialement prévus sur 16 mois, avec une reprise de service annoncée pour août 2019, mais ceux-ci restent à l'arrêt. Ceci est dû à des difficultés de gestion et de maintenance, illustrant les défis liés à la gestion de telles infrastructures dans un contexte de développement rapide.

Malgré son arrêt, le téléphérique de Constantine a démontré son utilité en tant que mode de transport efficace et sûr. Il répondait à un besoin spécifique : relier rapidement des quartiers difficiles d'accès, tout en offrant une alternative au réseau de transport routier souvent saturé. Son succès initial a été attribuable à plusieurs facteurs : un coût d'investissement relativement faible par rapport au tramway ou à des solutions routières alternatives (étant situé en moyenne entre les coûts d'un bus de haut niveau de service BHNS et d'un tramway), un excellent bilan environnemental, et un rôle important dans le développement touristique de la ville. Sa capacité à transporter efficacement un grand nombre de passagers dans un temps record, en particulier pour des habitants confrontés à des contraintes géographiques importantes, a été un atout indéniable.

L'arrêt de son fonctionnement met en évidence la nécessité d'une gestion et d'une maintenance optimales pour garantir la pérennité des projets d'infrastructures, aussi touristiques que 'urbaines. Le projet initial prévoyait deux nouvelles lignes d'une longueur de 2,7 km et 3,1 km, respectivement, pour étendre son service à une population estimée à 50 000 habitants, illustrant la volonté de développement du transport par câble au-delà de son aspect initialement touristique.

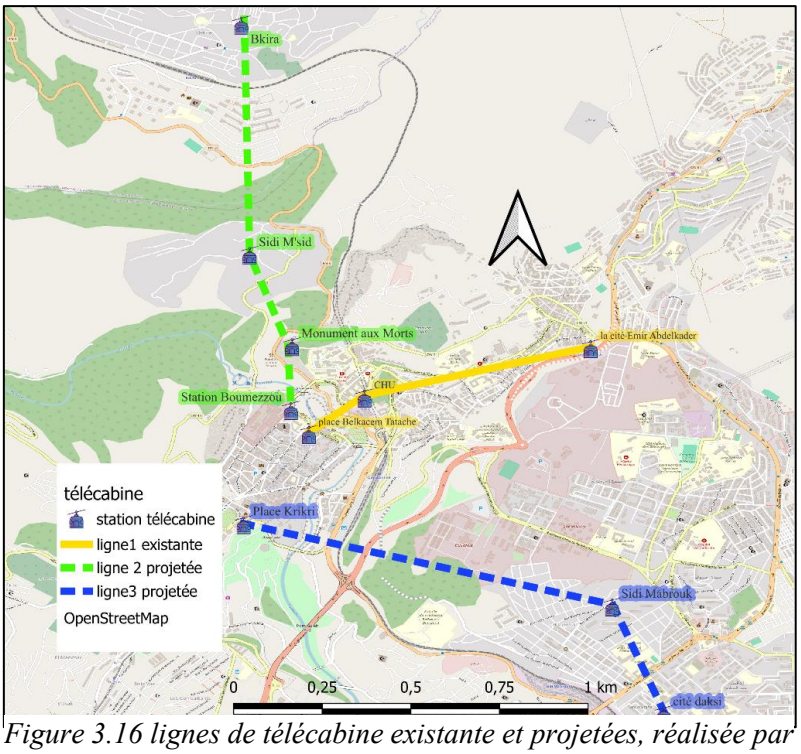



*Figure 3.16 lignes de télécabine existante et projetées, réalisée par l'auteure2024*

### d- Les taxis

Dans le Grand Constantine, les taxis jouent un rôle essentiel dans la mobilité quotidienne, notamment dans les zones mal desservies par les transports en commun. La concentration de taxis est significativement plus élevée à Constantine, El Khroub et Ali Mendjeli (tableau ci-dessous), reflétant la demande plus forte dans ces centres urbains. Le parc de taxis est diversifié, comprenant des taxis collectifs, individuels, clandestins et électroniques (transport à la demande) comme (Yassir), leur nombre étant régulé en fonction de la demande et des besoins de desserte optimale par rapport aux autres modes de transport.

L'analyse révèle un déficit de couverture des transports collectifs dans les quartiers faiblement fréquentés, où les taxis se concentrent près des pôles générateurs de déplacements des centres urbains. Des variations significatives existent entre les différents types de taxis quant au temps de trajet, au prix et au confort, ainsi qu'à la disponibilité immédiate.

Bien que le taxi soit un mode de transport complémentaire aux autres modes collectifs (et dans certains cas, le seul moyen disponible), sa contribution à combler le manque de transport par autobus reste limitée. L'analyse montre que le Grand Constantine détient la plus grande part du parc de taxis de la wilaya (3546 taxis, soit 94,98%), et Constantine même en concentre une majorité (3221 taxis, soit 91,11% du total). Ceci

démontre la forte dépendance à ce mode de transport dans la région, notamment dans les zones les moins desservies par les transports en commun.

*Tableau 3.7 capacité de transport routier de voyageurs par taxis et leurs stations par commune dans le Grand Constantine, source : DTW Constantine 2022.*

| Commune | Nombre total de licences attribuées | Nombre total de licences exploitées | Nombre des stations taxi |
|---|---|---|---|
| Constantine | 3840 | 3221 | 49 |
| El-Khroub | 175 | 147 | 18 |
| Ain Smara | 38 | 36 | 2 |
| Hamma Bouziane | 90 | 82 | 2 |
| Didouche Mourad | 67 | 60 | 2 |
| Total | 4210 | 3546 | 73 |

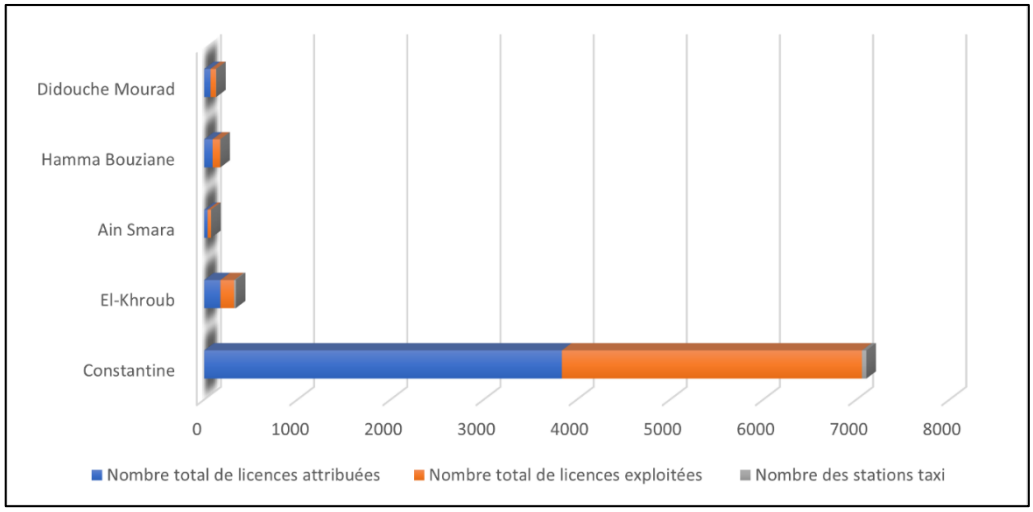



*Figure 3.17 capacité de transport routier de voyageurs par taxis et leurs stations par commune dans le Grand Constantine, DTW, traitée par l'auteure 2021*

### 3.2.4 Les infrastructures d'accueil et prise en charge des voyageurs :

#### a- Les gares routières et pôle d'échange :

L'implantation des gares routières et des pôles d'échange au sein du Grand Constantine répond à une logique d'adaptation à la densité de population et au niveau d'activité urbaine de chaque commune. Les gares de type A et B, desservant les communes les plus dynamiques, illustrent cette priorisation.

La gare routière Est, Sahraoui Tahar, à Constantine, joue un rôle central dans les déplacements inter-wilayas. Sa rénovation, achevée en 2018, a impliqué le déplacement de certaines lignes de bus et de taxis vers le pôle d'échange de la zone industrielle Palma, dans le cadre du Programme Communal de Développement (PCD).

De même, la nouvelle gare routière d'Ali Mendjeli, conçue comme un pôle multimodal, se trouve au terminus de la deuxième extension de la ligne de tramway. Intégrée au Programme Sectoriel Décentralisé (PSD), cette gare améliore la connectivité régionale. La gare routière d'El Khroub, également incluse dans le PSD, renforce cette connectivité.

Le pôle d'échange de la zone industrielle Palma, bien que remplaçant d'anciennes gares routières, se distingue par son intégration stratégique et son aménagement. Il assure la multimodalité entre bus, taxis et tramway, et il a joué un rôle clé dans le développement du tramway de Constantine (Direction du transport de Constantine, 2022).

La gare routière Ouest de Constantine a été fermée le 21/01/2018 pour entreprendre des travaux de rénovation et de réaménagement. Un contrat de concession a été attribué à SOGRAL (Société d'Exploitation des Gares Routières d'Algérie) pour la gestion et l'équipement de la gare. SOGRAL a entamé les procédures administratives nécessaires pour prendre possession des lieux et mettre en place les ressources humaines (personnel de sécurité et d'administration) requises pour la remise en service de l'installation, prévue avant fin 2024. Ceci marque une étape importante dans la modernisation des infrastructures de transport de la ville.

L'organisation des gares routières et des pôles d'échange du Grand Constantine démontre une volonté d'améliorer la connectivité interurbaine et intrer-wilayas. L'évolution et la consolidation du réseau sont étroitement liées à la dynamique urbaine et à l'offre de transport multimodal. Cependant, le degré d'intégration et d'efficacité varie selon les phases de développement et les modes de transport impliqués.

*Tableau 3.8 les gares routières et pole d'échange dans le grand Constantine, source DTW Constantine 2022*

| La gare routière | Catégorie | Surface | Nombre de voyageurs /jour | Nombre de voyageurs /année | Nombre des lignes | Nombre des bus | Nombre des taxis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| La gare routière Est Sahraoui Tahar | A | 20000 | 410 | 6000000 | 33 | 393 | 615 |
| Pôle d'échange zone industrielle Palma | Pôle d'échange | 21028 | 270 | 2800000 | 20 | 276 | 148 |
| La gare routière Ali Mendjeli | B | 23000 | 93 | 2500000 | 38 | 550 | 60 |
| La gare routière El-Khroub | B | 36000 | 94 | 2300000 | 15 | 355 | 60 |
| La gare routière Ouest | A été fermé le 21/01/2018 pour cause de réaménagement et de restauration | | | | | | |

L'état des lieux du transport urbain dans le Grand Constantine révèle un système multimodal (bus, tramway, télécabine, taxis, train) sous-optimal malgré des améliorations récentes. Sur les soixante-sept (67) lignes prévues, soixante-deux (62) sont effectivement exploitées par huit cent quarante-trois (843) opérateurs (dont un seul, l'ETUSC, est public), gérant un parc de mille cent trente (1130) véhicules (seulement 4.95% appartenant à l'ETUSC). Le réseau dispose de cinq (05) gares routières et 13 stations urbaines, ainsi qu'une

ligne de tramway (8.1 kms, 10 stations) avec une extension de 10.5 kms vers Ali Mendjeli et une étude en cours pour une extension de 9.2 kms vers El Khroub. Une télécabine (1.5 km, reliant Centre-Ville, CHU et Cité Emir Abdelkader) est également existante en maintenance avec deux nouvelles lignes projetées (Centre-Ville - Bekira et Centre-Ville - Cité Daksi).

Malgré ces développements, la qualité du service est jugée insatisfaisante : manque de propreté, manque de professionnalisme, non-respect des réglementations, irrégularités (départs selon la charge, arrêts imprévus), et une couverture inéquitable tant spatialement (manque de desserte en périphérie et arrêt des services après 19h00) qu'en termes d'offre (1 bus pour 157 voyageurs ou 786 habitants, 1 taxi pour 27 voyageurs ou 267 habitants, des ratios largement supérieurs à la moyenne). L'absence d'intermodalité, causée par la multiplicité des opérateurs et le manque de coordination, est un problème majeur.

La création d'une Autorité Organisatrice des Transports Urbains (AOTU), conformément au décret exécutif n°12-109 du 6 mars 2012 (fixant l'organisation, le fonctionnement et les missions de l'AOTU), est essentielle pour remédier à cette situation. L'AOTU a pour mission d'organiser et de développer les transports publics de voyageurs, et ses prérogatives couvrent la définition de la politique de développement des transports collectifs (à court, moyen et long termes), la planification des projets de développement du réseau et de l'offre de transport, la définition des modalités de financement (tarification, contributions institutionnelles), la gestion des relations avec les opérateurs (contrats d'exploitation, concessions, maintenance), et la mise en œuvre de réglementations relatives à la sécurité, à la concurrence et aux conditions de circulation. Ses fonctions englobent l'organisation et la coordination du transport, la modernisation du service, l'animation du secteur via le partenariat et la communication, ainsi que la planification prospective du développement des transports. L'existence d'une AOTU permettrait d'introduire de la cohérence, de coordonner les interventions des différents acteurs et d'optimiser l'utilisation des ressources, permettant aux lignes bénéficiaires de subventionner celles déficitaires. En définitive, seule une AOTU peut garantir un véritable service public de transport au Grand Constantine.

**Conclusion du chapitre :**

L'état du transport urbain dans le Grand Constantine, marqué par des lacunes en matière d'intermodalité et de couverture du territoire, met en lumière la nécessité d'outils

performants d'aide à la décision pour la planification des réseaux de transport. Le chapitre suivant, consacré à la ville nouvelle d'Ali Mendjeli, explore cette question à l'aide des SIG, en modélisant l'accessibilité par le transport en commun. Cette approche quantitative permettra de simuler l'efficacité de différentes stratégies d'aménagement et de desserte et d'identifier les meilleurs compromis entre offre, demande, et impact sur l'environnement. Ces résultats fourniront des éléments clés pour améliorer la performance et l'équité du système de transport dans le Grand Constantine.

# CHAPITRE IV : ALI MENDJELI : UNE VILLE EN MUTATION, UN LABORATOIRE D'ETUDE DE L'ACCESSIBILITE URBAINE

## Introduction :

Ce chapitre analyse l'accessibilité urbaine à Ali Mendjeli, nous nous concentrons sur les hétérogénéités spatiales et les inégalités d'accès aux services, en intégrant les données quantitatives, la cartographie, et les indicateurs de dispersion. Ali Mendjeli offre un cas d'étude pertinent en raison de sa croissance démographique rapide, de l'intégration récente d'une ligne de tramway impactant le réseau de bus existant, et des disparités spatiales significatives. Un manque de données précises sur l'accessibilité justifie cette recherche (Une lacune que nous voulons justement combler).

L'analyse s'appuie sur une approche chronologique (Marc Côte) distinguant plusieurs phases de développement urbain de cette ville. L'autocorrélation spatiale des usages du sol et des équipements, combinée à des indicateurs de distribution géographique (centre moyen, distance standard, direction de distribution), décrit multi dimensionnellement les patterns spatiaux.

L'évolution de l'accessibilité, avant et après le tramway, est étudiée en considérant les offres de transport public et privé, ainsi que le transport informel. Ce chapitre pose les bases pour la modélisation de l'accessibilité présentée dans le chapitre suivant, utilisant l'approche combinée PTAL et isochrones.

## 4.1 Justification du choix de la ville Ali Mendjeli :

La ville nouvelle d'Ali Mendjeli, représente un cas d'étude pertinent et original pour l'analyse de l'accessibilité urbaine par les transports en commun. Ce choix se justifie par plusieurs facteurs qui convergent pour en faire un sujet d'intérêt majeur et un terrain d'investigation unique pour la recherche sur la modélisation de l'accessibilité urbaine par les transports en commun à la ville d'Ali Mendjeli.

### 4.1.1 Croissance urbaine rapide et défis de mobilité :

La croissance rapide d'Ali Mendjeli, de 1500 ha (300 000 habitants) en 1993 à 2441 ha (415 000 habitants) en 2022, a accru la demande en transport, mettant à l'épreuve son système et impactant l'accès aux services. Cette situation est un cas d'étude pertinent pour les villes en développement.

### 4.1.2 Intégration du tramway et adaptation du réseau de bus existant :

L'extension du tramway à Ali Mendjeli a induit une réorganisation du réseau de bus. Analyser cette transformation permet d'évaluer l'impact du tramway sur l'accessibilité, d'identifier les forces et faiblesses du réseau et de comprendre l'interaction des modes de transport. Le tramway offre une opportunité d'étudier l'impact des technologies sur la mobilité urbaine.

### 4.1.3 Disparités spatiales et inégalités d'accès :

Ali Mendjeli présente des disparités spatiales (densité, aménagement, services). Le PTAL et les isochrones éclaireront les inégalités d'accès aux transports entre les unités de voisinage, identifiant les zones prioritaires. Cette analyse est essentielle pour évaluer l'équité et formuler des recommandations visant à améliorer l'accessibilité aux services et opportunités.

### 4.1.4 Absence de données précises sur l'accessibilité :

L'absence de données précises sur l'accessibilité aux transports en commun à Ali Mendjeli sera comblée par la digitalisation du réseau et la collecte de données temporelles. Cette étude permettra de créer une base solide pour l'analyse et la planification, et sera particulièrement pertinente pour d'autres villes en développement.

## 4.2 Conditions de création de la ville Ali Mendjeli : une analyse du processus décisionnel et des enjeux d'urbanisme

La création de la ville nouvelle d'Ali Mendjeli, constitue un cas d'étude fascinant pour comprendre les dynamiques complexes de l'urbanisme et du développement en Algérie. Ce projet, loin d'être une simple initiative de planification urbaine, révèle un processus décisionnel marqué par des enjeux politiques, socio-économiques et fonciers, ainsi que par une appropriation du concept de « ville nouvelle » qui s'éloigne des modèles classiques. Cette étude se propose d'analyser les conditions de création d'Ali Mendjeli, en s'appuyant sur les résultats d'une recherche approfondie et la littérature scientifique pertinente, en intégrant notamment les "temps" de la genèse de la ville tels que définis par Marc Côte (M. Côte, 2006)

### 4.2.1 Genèse et Processus Décisionnel du Projet d'Ali Mendjeli :

La création d'Ali Mendjeli s'inscrit dans un processus décisionnel complexe et long, marqué par des changements de paradigmes et par la superposition de différentes stratégies

d'aménagement. Marc Côte identifie plusieurs périodes clés dans la genèse de la ville, permettant de mieux comprendre les dynamiques à l'œuvre :

- *Le Temps des Géographes (1980-1990):*

L'idée d'une ville nouvelle à Constantine émerge en 1974, mais se concrétise en 1982 avec le PUD confié au CNERU. Cette vision, issue de la réflexion de géographes de l'Université de Constantine (BENMECHICHE & CHERRAD, 2018), visait à répondre à la croissance démographique et à l'étalement urbain. Cette première phase, marquée par l'engagement universitaire, a permis d'identifier les enjeux de l'aménagement du territoire et de proposer des solutions innovantes. Le plan initial des années 1980 reflète cette vision avec une petite ZHUN et des zones industrielles à l'est.

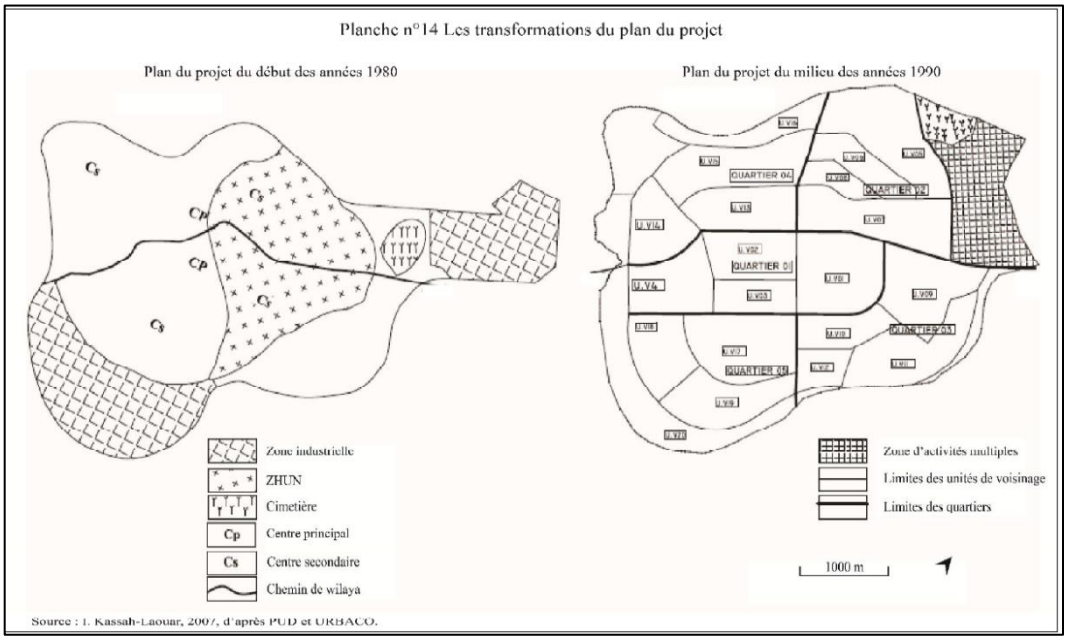



*Figure 4.1 les transformations du plan du projet,source:PUD URABACO*

- *Le Temps des Architectes (1990-2000):*

La loi 90-29 sur l'urbanisme a relancé le projet d'Ali Mendjeli, confirmé par une étude de faisabilité d'URBACO. Le plan des années 1990, fruit de choix architecturaux et urbanistiques, transforme la ZHUN en un maillage d'UV et remplace les zones industrielles par une ZAM, reposant sur des principes de gestion urbaine efficace. La mise en œuvre effective de ces principes demeure un défi pour cette expérience d'urbanisme. La période voit le lancement des travaux de construction (UV 06) et l'émergence d'une architecture distincte, en opposition aux "villes-dortoirs".

- *Le Temps des Politiques (2000-2010) :*

La phase politique (2000-2010) est marquée par l'approbation du PDAU (1998) et la visite présidentielle (2000), officialisant le nom d'Ali Mendjeli. Face à la crise socio-économique, un relogement rapide de populations fragilisées (1999-2006) transforme Ali Mendjeli. Ce choix politique a engendré une urbanisation rapide et peu planifiée, complexifiant les défis sociaux et économiques de la ville. La phase politique (2000-2010) est marquée par l'approbation du PDAU (1998) et la visite présidentielle (2000), officialisant le nom d'Ali Mendjeli. Face à la crise socio-économique, un relogement rapide de populations fragilisées (1999-2006) transforme Ali Mendjeli. Ce choix politique a engendré une urbanisation rapide et peu planifiée, complexifiant les défis sociaux et économiques de la ville.

- *Le Temps des Habitants (Après 2010) :*

Depuis 2010, Ali Mendjeli est devenue une ville vivante, habitée et appropriée par ses habitants. La ville a commencé à se transformer et à s'adapter à une population jeune et dynamique qui cherche à créer son propre cadre de vie moderne, intégrant les tendances numériques (M. J. M. R. g. d. p. m. J. o. M. g. Côte, 2011). La présence de deux universités, de centres commerciaux et de commerces modernes, notamment dans le domaine de l'informatique, de la mode et de la restauration, témoigne de cette évolution. L'implication des habitants dans la vie de la ville a permis de développer une identité locale et une culture urbaine propre à Ali Mendjeli.

- *Le Temps des Chercheurs : Trente Ans Après*

Trente ans après sa création, Ali Mendjeli n'est plus une ville nouvelle. Elle est entrée dans une phase nouvelle, celle du temps des chercheurs. La mission de ces chercheurs

consiste à comprendre les défis et les opportunités que représente cette ville en devenir, à problématiser le présent et à prospecter l'avenir. Les chercheurs doivent analyser les détails de l'urbanisme d'Ali Mendjeli, en s'intéressant notamment aux aspects sociaux, économiques et environnementaux de la ville, et aux liens entre l'urbanisme et le développement durable.

Ali Mendjeli est une ville qui est en train de créer sa propre identité, une ville ouverte et apte à accepter et à intégrer les nouvelles technologies dans tous ses domaines : mobilité, accessibilité, commerces, restauration, etc. les chercheurs doivent réfléchir comment réajuster le cadre urbain aux aspirations présentes et anticiper sur l'avenir.(DOCTORAT | VILLES ET PROJETS, SAVOIRS ET ACTIONS 2018)

### 4.2.2 Analyse critique du processus décisionnel et des enjeux d'urbanisme :

La création d'Ali Mendjeli, bien qu'elle s'écarte du SNAT, illustre l'autonomie locale en aménagement en Algérie. Ce projet, marqué par des enjeux multidimensionnels, révèle un processus décisionnel complexe et l'absence d'une équipe pluridisciplinaire, qui a engendré des faiblesses .(BALLOUT)

- *Contexte Socio-économique et Urbain du Grand Constantine :*

La wilaya de Constantine a connu une forte croissance démographique (ONS, 1998), exerçant une pression sur les infrastructures et engendrant une urbanisation désorganisée. Cette expansion, caractérisée par des quartiers informels et un manque de planification, exacerbe les problèmes de mobilité, de congestion et de pollution. Malgré l'introduction du tramway en 2013, le réseau de transport public reste sous-dimensionné et peu accessible en périphérie, limitant l'accès aux services et soulignant la nécessité d'investissements ciblés et d'une planification urbaine intégrée.

- *Analyse Critique du Processus Décisionnel - L'Absence d'une Équipe Pluridisciplinaire :*

L'analyse du processus décisionnel de la ville d'Ali Mendjeli révèle des forces et des faiblesses, soulevant des interrogations sur la pertinence du modèle de ville nouvelle en Algérie. Un point faible majeur réside dans l'absence d'une équipe pluridisciplinaire et interdisciplinaire lors de la conception et de la prise de décisions. Ce manque de diversité des compétences a limité la créativité et l'exhaustivité de la planification.

Les conséquences de cette absence de pluridisciplinarité sont multiples :

- **Intégration urbaine limitée :** L'intégration de la ville au tissu urbain existant de Constantine a été difficile, conduisant à une fragmentation spatiale.
- **Priorité au foncier :** La recherche de vastes espaces fonciers à bas coût a dominé, reléguant au second plan les aspects sociaux, environnementaux et économiques.
- **Défis en transport et infrastructures :** Le manque de planification des transports a entraîné congestion et pollution, conséquence de l'absence de concertation entre experts.
- **Sous-estimation des enjeux sociaux et environnementaux :** L'absence de sociologues et de spécialistes de l'environnement a mené à la sous-estimation de ces impacts.
- **Difficulté à construire une identité urbaine :** Un manque de concertation a retardé le développement d'une identité urbaine forte, la ville peinant à répondre aux aspirations de ses habitants.

L'absence de participation citoyenne a accentué ces faiblesses, conduisant à des projets ne répondant pas aux besoins réels des habitants et à un manque d'appropriation du projet. Cette situation a engendré des difficultés d'intégration sociale, soulignant l'importance d'une approche plus inclusive de la planification urbaine.

### 4.3 Evolution spatio-temporelle de la ville Ali Mendjeli :

La ville d'Ali Mendjeli a été créée dans un contexte de forte pression urbaine et de manque de terrains urbanisables à Constantine. Elle a été créée en 1993, disposa d'un site de 1 500 ha relevant territorialement des deux communes du Khroub et d'Ain Smara. Elle devrait accueillir 300 000 habitants dans 50 000 logements. Sa construction a débuté au niveau de l'unité de voisinage 06.

En 2008 la population de la ville nouvelle Ali Mendjeli a atteint 64120 habitants (ONS 2008), Elle a été organisée en cinq quartiers et chacun d'eux réunit quatre unités de voisinage, Ajoutant le sixième quartier : Kadri Brahim (les 4 chemins). Cette ancienne agglomération secondaire lui a été rajouté au début des années 2000.

En 2022, la ville Ali Mendjeli après trente ans de sa création, elle abrite 415 250 habitants, sur une assiette foncière de 2441 ha, y compris, les extensions Sud et Ouest et le

pôle universitaire Salah Boubnider. Elle a été organisée en cinq quartiers et chacun d'eux réunit quatre unités de voisinage.

-Le quartier 1 : UV N°01-02-03-04

-Le quartier 2 : UV N°05-06-07-08

-Le quartier 3 : UV N°09-10-11-12

-Le quartier 4 : UV N°13-14-15-16

-Le quartier 5 : UV N°17-18-19-20

-Le quartier 6 : Kadri Brahim (les 4 chemins). Cette ancienne agglomération secondaire a été rajoutée à l'ensemble au début des années 2000.

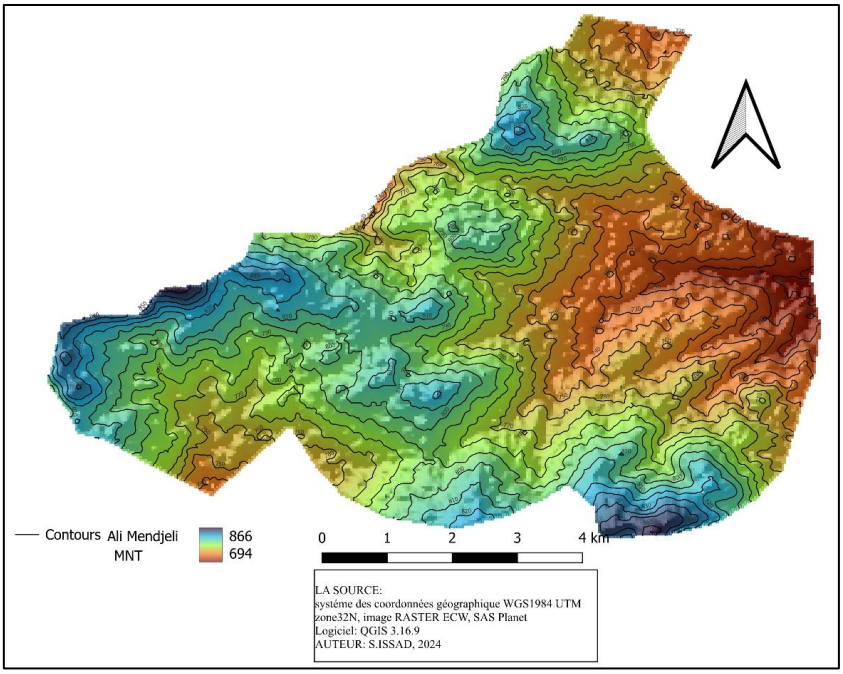



*Figure 4.2 relief de la ville Ali Mendjeli; auteure 2024*

Afin d'étudier l'évolution spatio-temporelle de la ville Ali Mendjeli selon des dates différentes 2002,2013 et 2022, nous avons croisé deux méthodes :

- La classification multi-dates : déjà utilisée pour la cartographisation de la croissance urbaine de la wilaya de Constantine. (Voir Croissance urbaine de la wilaya de Constantine 1987-2020 : Un modèle de développement contrasté)
- L'estimation de la direction gradient (GD) : L'évaluation GD est une méthode à micro-échelle ascendante qui permet de résumer des phénomènes des schémas spatio-temporels des évolutions de la tache urbaine,(Shikary & Rudra, 2021).

Au préalable, cette méthode consiste à dessiner plusieurs anneaux, en commençant par le centre de la ville à un certain intervalle, dans le cas de la ville Ali Mendjeli nous avons commencé par le centroïde du site d'étude, après nous avons pris 1000 m comme intervalle entre 5 anneaux dont le dernier couvre toute la ville.

Deuxièmement, 16 directions ont été tracées en étendant les rayons à partir du centre urbain à un intervalle de 5 km. Les anneaux concentrés croisés avec ces lignes ont créé une série de zones de segments. Enfin, chaque zone de segment a été représentée par une surface bâtie pour l'identification des variations directionnelles.

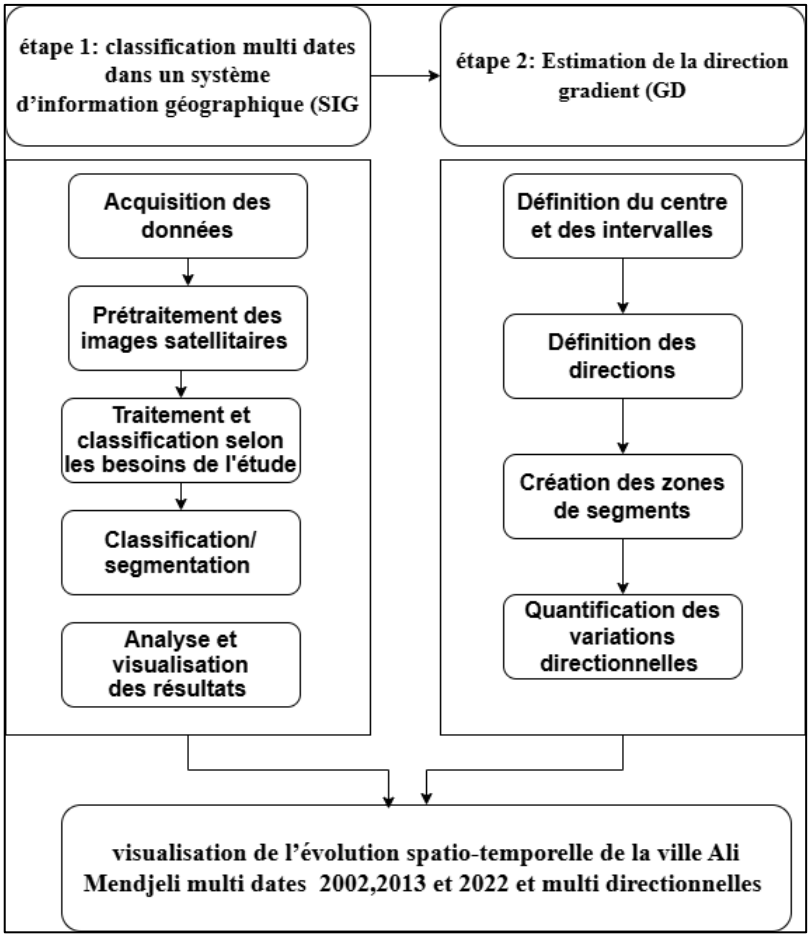



*Figure 4.3 les étapes du model de la visualisation de l'évolution spatio-temporelle de la ville Ali Mendjeli multi dates 2002,2013 et 2022 et multi directionnelles ; auteure 2024*

En 1993, la surface bâtie d'Ali Mendjeli était limitée à 10,06 ha, correspondant à l'ancienne agglomération de Kadri Brahim ("les 4 chemins") et à quelques exploitations agricoles.

- **1993-2002 :** La superficie a connu une augmentation notable, passant à 97,42 ha. Cette expansion est due au développement de l'agglomération des "4 chemins" et à l'urbanisation des unités de voisinage 5, 6, 7, 8, ainsi qu'à une partie des unités 1, 9, 11 et à l'extension Sud.
- **2002-2013 :** Une forte augmentation de la surface bâtie a été observée, atteignant 264,389 ha, avec un taux de croissance annuel de 224 %. Cette période correspond à une phase d'urbanisation généralisée, avec la réalisation simultanée de différents programmes de logements et d'équipements dans la plupart des unités de voisinage.
- **2013-2022 :** La surface bâtie a atteint 358,368 ha, avec un taux de croissance annuel de 6 %. Cette période est caractérisée par le développement de l'extension Ouest, planifiée sur 384 ha et destinée à accueillir 26 000 logements.

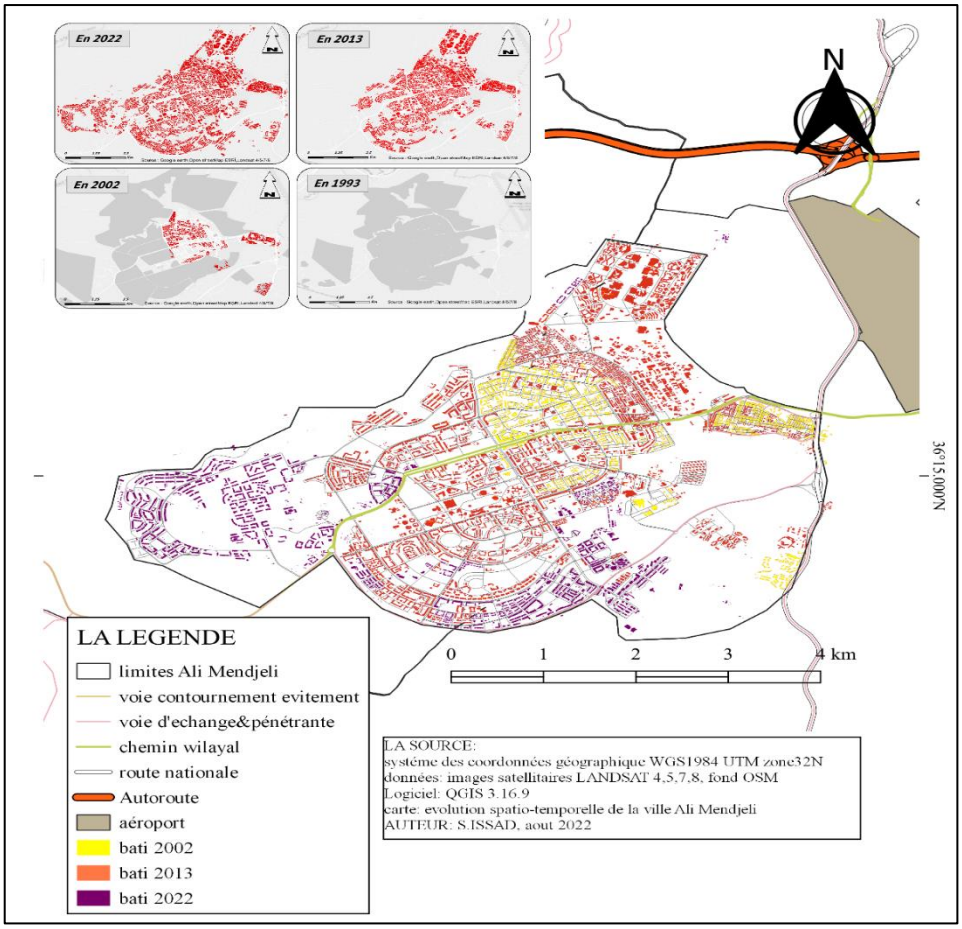



*Figure 4.4 : évolution spatio-temporelle de la ville Ali Mendjeli 1993-2022, réalisation : auteure 2022*

### 4.3.1 Période 1993-2002 :

Le graphe ci-dessous montre le pourcentage des surfaces bâties pendant la période 1993-2002. L'analyse des surfaces bâties entre 1993 et 2002 révèle une urbanisation initiale concentrée sur les UV6 et UV8, et l'agglomération préexistante de Kadri Brahim. Le lancement de programmes de logements (PEC, CNEP et logements sociaux) est le principal moteur de cette première phase d'urbanisation, le projet étant alors identifié comme l'agglomération d'Aïn El Bey. L'année 2000 marque un tournant avec la visite présidentielle, l'adoption du nom Ali Mendjeli et la promulgation de la loi 02-08 sur les villes nouvelles (2002), ouvrant la voie à des programmes d'envergure (UV1, UV9, université et hôpital militaire).

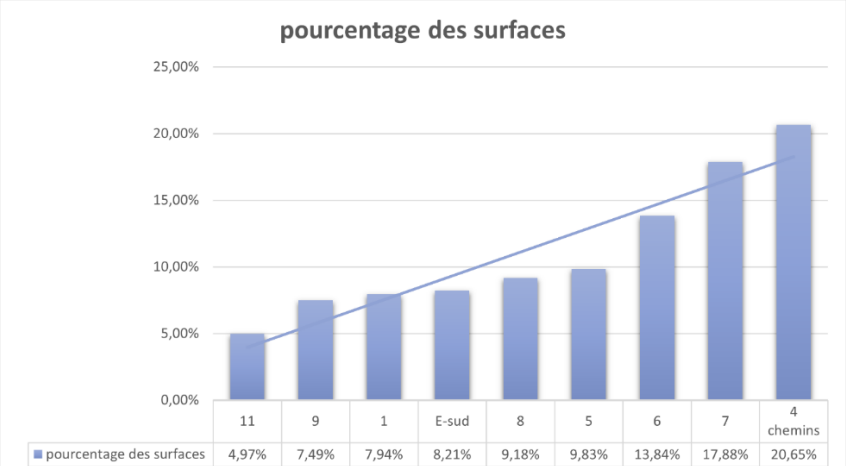



*Figure 4.5 pourcentage des surfaces par UV en 2002, réalisation : AUTEURE 2024*

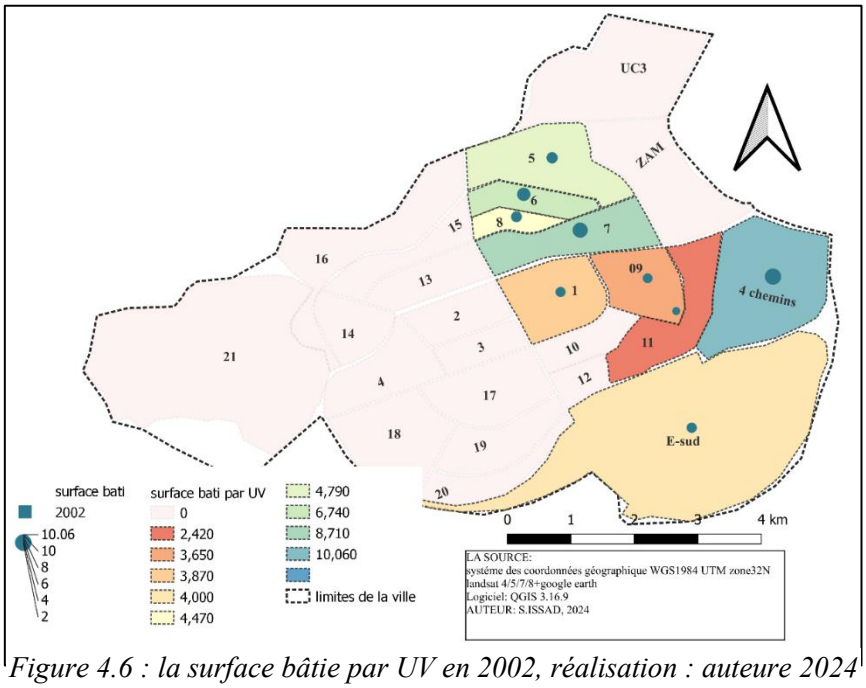



*Figure 4.6 : la surface bâtie par UV en 2002, réalisation : auteure 2024*

L'étude directionnelle du changement de la tache urbaine (la carte ci-dessous), montre le début d'urbanisation de la ville a commencé du Nord vers l'Est (le graphe radar figure ci-dessous), la ville a commencé de se développer vers le Sud-Est.

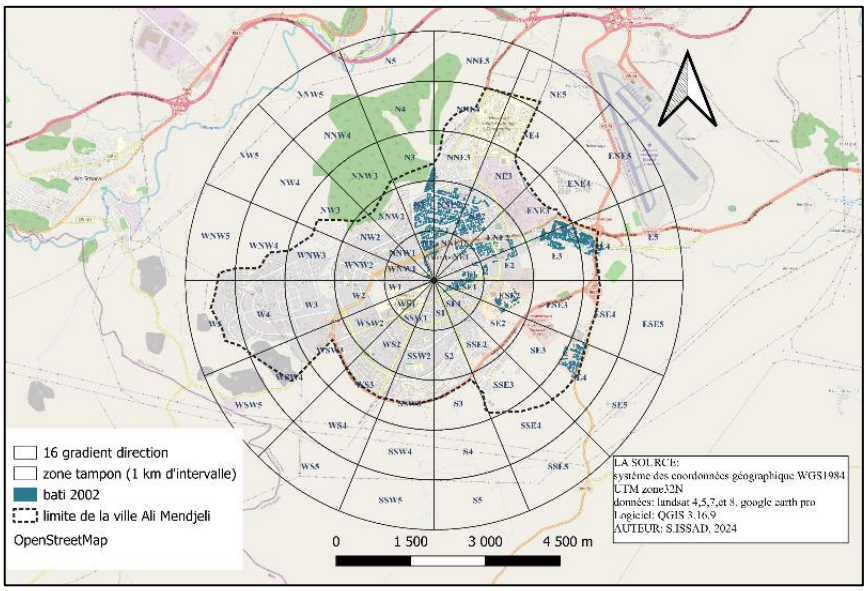



*Figure 4.7 : carte de l'étude directionnelle de l'urbanisation à Ali Mendjeli en 2002, réalisation : auteure 2024*

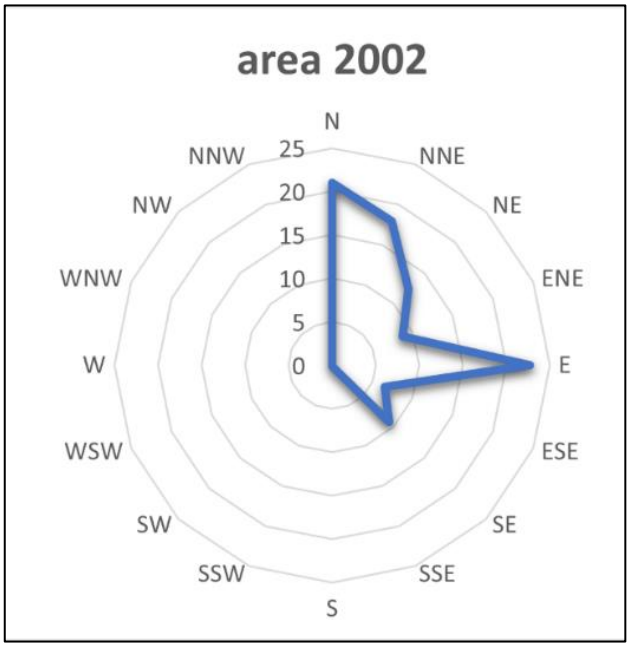



*Figure 4.8 : surface bâtie par direction en 2002, réalisation : auteure 2024*

### 4.3.2 Période 2002-2013 :

Entre 2002 et 2013, l'expansion urbaine d'Ali Mendjeli se caractérise par une croissance multidirectionnelle, avec une prédominance des axes Nord/Nord-Est et Est. Cette tendance est corrélée au développement de pôles universitaires, commerciaux et récréatifs, notamment l'UC3 (14,40% de la surface bâtie) et la ZAM (7,49%), alimentant la demande de logements et d'infrastructures. L'expansion dans la direction Ouest (UV21) reste quasi-inexistante. Cette situation est illustrée dans le graphique et la carte, où la proportion de

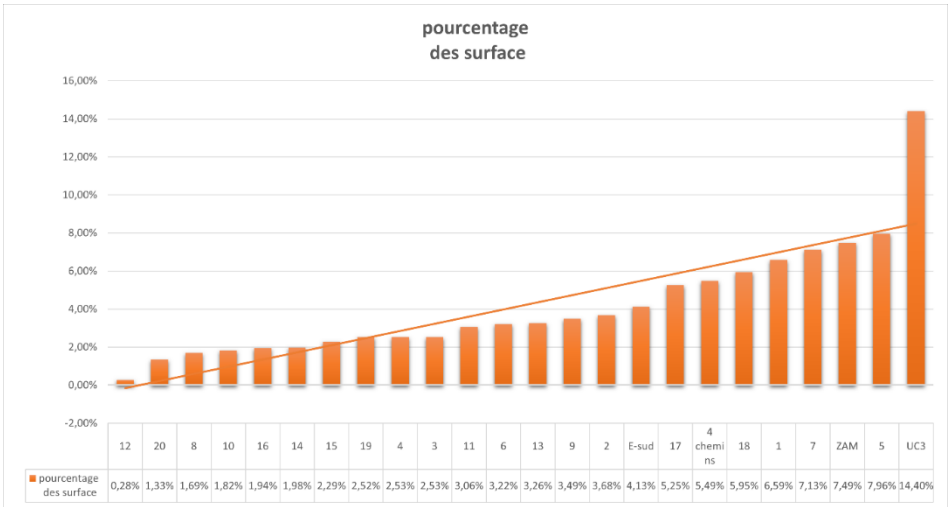



*Figure 4.10 pourcentages des surfaces par UV en 2013, réalisation : AUTEURE 2024*

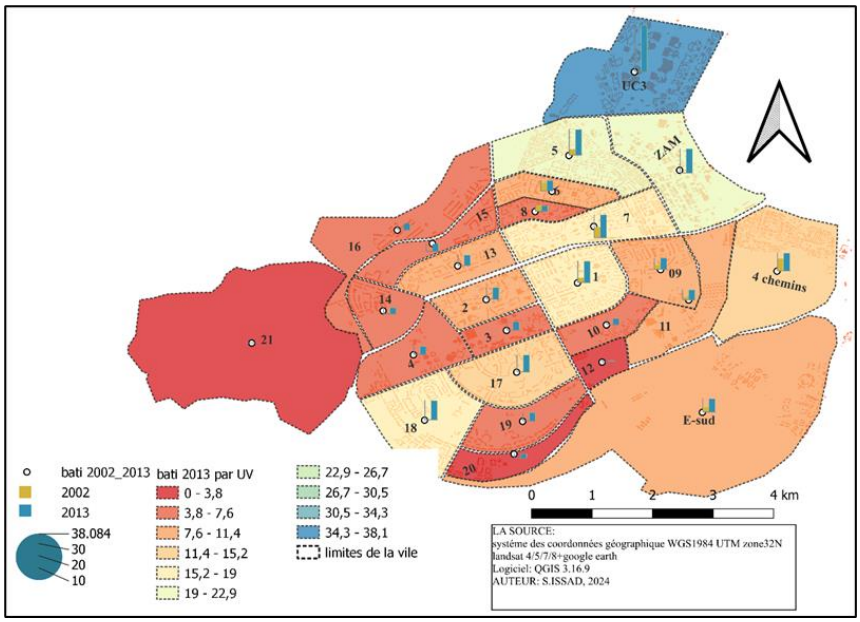



*Figure 4.9 la surface bâtie par UV en 2013, réalisation : auteure 2024*

surface bâtie dans cette direction est nulle. La ville s'est étendue dans les différentes directions surtout vers le Nord, Est

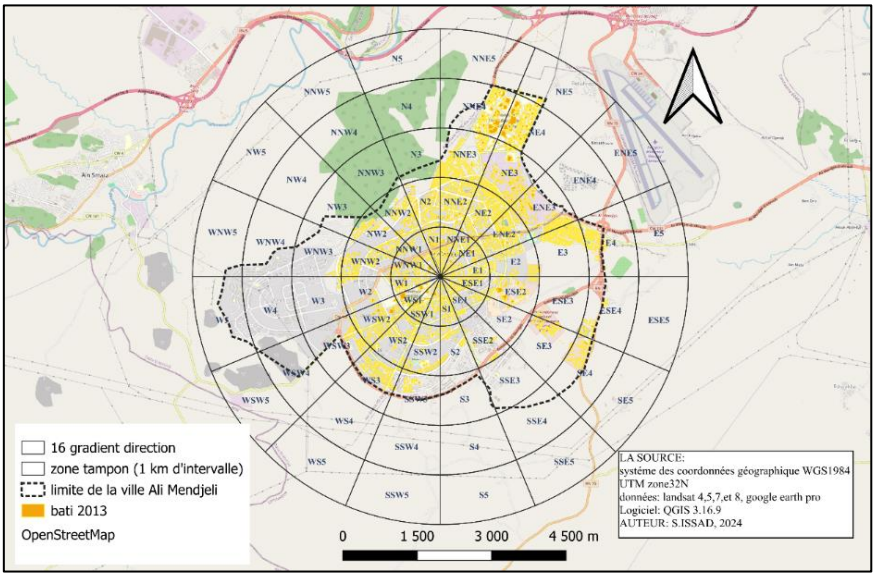



*Figure 4.11 carte de l'étude directionnelle de l'urbanisation à Ali Mendjeli en 2013, auteure 2024*

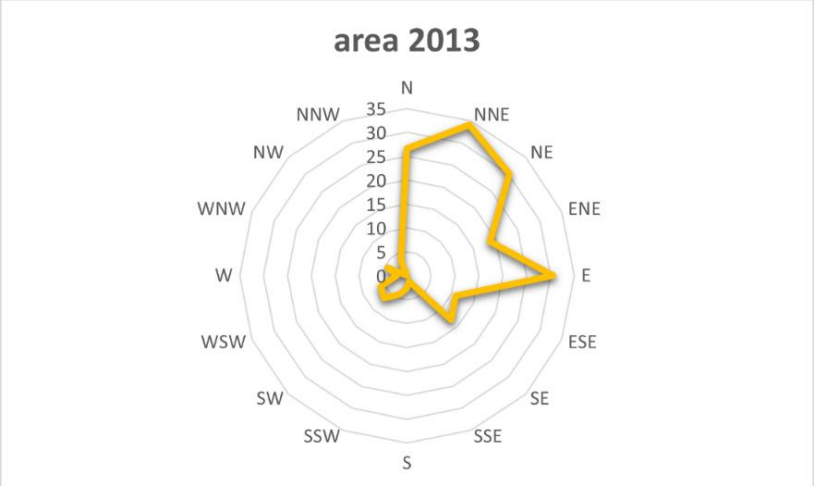



*Figure 4.12 surface bâtie par direction en 2013, réalisation : auteure 2024*

### 4.3.3 Période 2013-2022 :

La ville d'Ali Mendjeli connaît une croissance rapide et multidimensionnelle pendant la période 2013-2022 (voir la carte ci-dessous), reflétée par une expansion urbaine visible dans toutes les directions. Cette dynamique est alimentée par plusieurs facteurs clés :

- Expansion résidentielle : La ville a vu émerger des résidences de haut standing, témoignant d'une demande importante pour des logements modernes. Cette

expansion se traduit par un taux de surface bâtie en constante augmentation, passant de 0% en 2013 à 12,40% en 2022 de la surface bâtie totale pour l'extension ouest (UV21), ainsi que dans les différentes unités de voisinage ont connu une densification.

- Développement commercial : L'implantation de grandes surfaces commerciales ainsi que de nombreux commerces et supérettes a transformé Ali Mendjeli en un centre d'attraction pour les consommateurs de Constantine et des wilayas voisines (arrivée des commerçants de Ain Fekroun, Tadjnanet). La Zone d'Activités Mixtes (ZAM), qui représente 5,52% de la surface bâtie, et l'essor du commerce électronique contribuent à cette dynamique.
- Pôles universitaires : Les deux grandes universités présentent dans la ville, dont l'Université de Constantine 3 (UC3), qui représente 14,40% de la surface bâtie, et l'université de Constantine 2 (UC2), qui représente 1,83% de la surface bâtie, attirèrent une population jeune et dynamique, contribuant au développement de la vie culturelle, sociale et nocturne de la ville.
- Expansion multidirectionnelle : Le graphique montre une augmentation constante de la surface bâtie dans toutes les directions de la ville, reflétant un développement équilibré. Les extensions les plus significatives se situent dans les unités de voisinage suivantes (UV1, UV5, UV7, UV18, et l'extension sud) 4,86% à 9,71% de la surface bâtie, témoignant d'une croissance organique et non concentrée dans une seule direction. (voir le graphe ci-dessous).

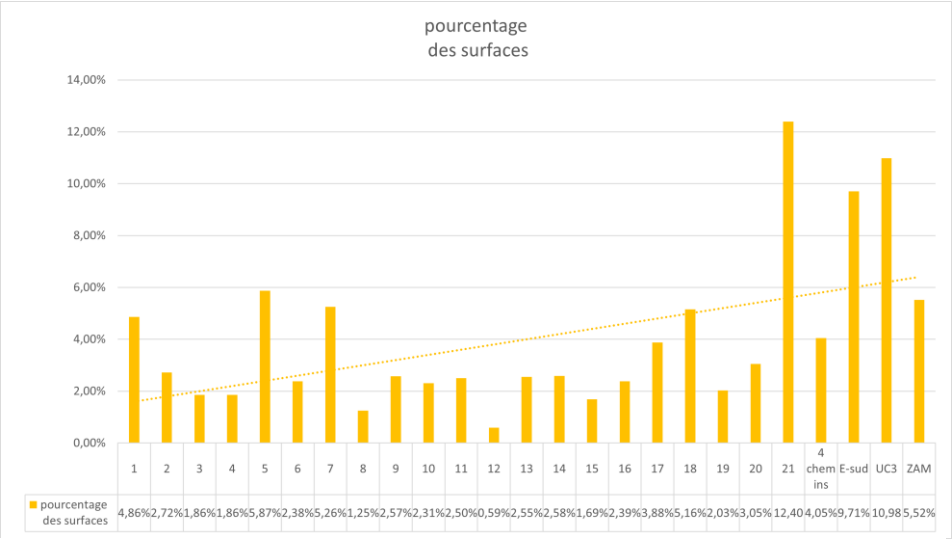



*Figure 4.13 pourcentage des surfaces par UV en 2022, réalisation : AUTEURE 2024*

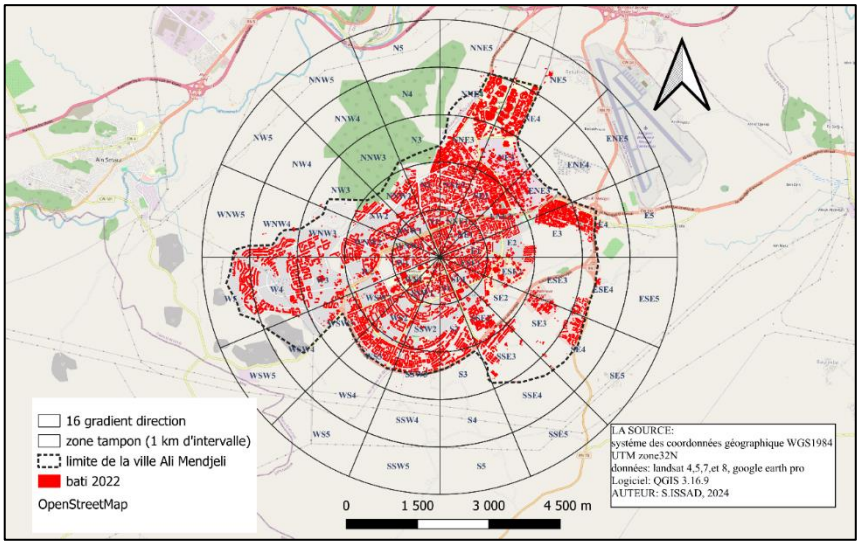



*Figure 4.14 carte de l'étude directionnelle de l'urbanisation à Ali Mendjeli en 2022, auteure 2024*

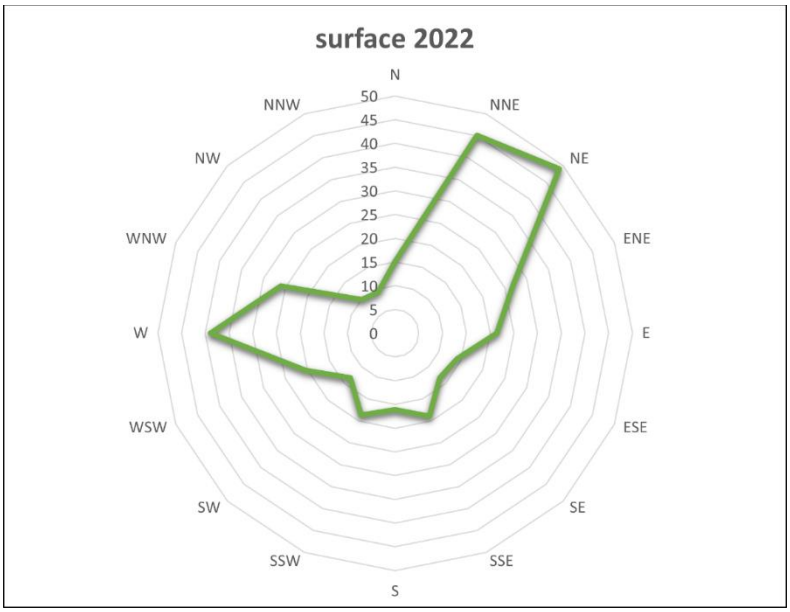



*Figure 4.15 : surface bâtie par direction 2022, réalisation : auteure 2024*

En résumé, la ville d'Ali Mendjeli se positionne comme un centre commercial, universitaire, scientifique et technologique en plein essor. Son expansion multidirectionnelle, alimentée par un marché immobilier dynamique, la présence de centres commerciaux et l'arrivée d'une population jeune, donne à la ville une dynamique urbaine fulgurante et contribue à un changement profond de son identité.

## 4.4 Usage des sols à Ali Mendjeli :

La diversification des usages du sol (résidentiel, commercial, etc.) influence la mobilité et l'utilisation des transports en commun. Des zones à forte mixité fonctionnelle favorisent des déplacements plus courts et diversifiés, incitant à l'usage de modes durables (Newman & Kenworthy, 1999). La proximité des services et la densité réduisent la dépendance automobile. De plus, la diversification crée des pôles d'attractivité qui concentrent les flux et optimisent l'utilisation des transports en commun. Une analyse spatiale, basée sur des données géospatiales et des enquêtes, a été menée à Ali Mendjeli pour étudier l'influence de la répartition des usages du sol sur les déplacements, analysée par le biais de l'autocorrélation spatiale.

### 4.4.1 Analyse de la distribution spatiale des usages du sol à Ali Mendjeli :

L'analyse révèle une structure spatiale hétérogène et contrastée des usages du sol à Ali Mendjeli. La forte dominance de l'habitation dans plusieurs UV suggère une priorité donnée au logement dans la planification urbaine, tout en illustrant les effets de la concentration des équipements dans des zones spécifiques. La présence de terrains vides indique des phases de développement contrastées, soulignant la nature dynamique et évolutive de la ville.

*Tableau 4.1 répartition des surfaces des usages des sols par UV, auteure 2024*

| Unité de voisinage | Surface UV en Ha | Surface équipement | Surface habitation | Surface loisir | Surface vide |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 83,641 | 11,897 | 55,476 | 4,003 | 5,42 |
| 2 | 50,634 | 13,338 | 28,271 | 1,145 | 3,851 |
| 3 | 34,966 | 34,972 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 73,911 | 20,671 | 21,889 | 11,166 | 26,552 |
| 5 | 107,816 | 4,465 | 62,03 | 0,664 | 34,47 |
| 6 | 40,758 | 4,164 | 25,664 | 1,687 | 4,571 |
| 7 | 85,587 | 10,977 | 52,852 | 4,531 | 21,221 |
| 8 | 22,525 | 1,627 | 16,448 | 0,217 | 2,46 |
| 9 | 66,544 | 7,448 | 30,023 | 0,32 | 23,342 |
| 10 | 41,092 | 5,362 | 22,764 | 0,402 | 10,384 |
| 11 | 85,718 | 43,248 | 13,061 | 4,119 | 25,193 |
| 12 | 25,44 | 0 | 8,365 | 0,53 | 15,694 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 13 | 55,971 | 6,226 | 30,77 | 3,039 | 14,351 |
| 14 | 49,39 | 3,712 | 21,86 | 0 | 21,162 |
| 15 | 52,338 | 3,232 | 27,632 | 0 | 20,735 |
| 16 | 130,779 | 5,238 | 28,762 | 35,495 | 56,801 |
| 17 | 84,73 | 8,644 | 47,933 | 4,393 | 19,689 |
| 18 | 108,207 | 9,77 | 57,022 | 0 | 35,976 |
| 19 | 64,062 | 5,475 | 24,189 | 6,986 | 24,835 |
| 20 | 46,233 | 3,227 | 30,705 | 0 | 10,341 |
| 21 | 408,005 | 6,293 | 181,125 | 0 | 162,264 |
| 4 chemins | 165,832 | 1,535 | 51,32 | 0,762 | 109,251 |
| ext-sud | 473,502 | 43,185 | 86,966 | 9,356 | 294,533 |
| UC3 | 172,063 | 130,424 | 6,024 | 0 | 32,979 |
| ZAM | 130,619 | 107,181 | 0 | 0 | 22,503 |

Ce tableau présente la répartition des surfaces dédiées à quatre catégories d'usage de sol (équipements, habitation, terrains vides, loisirs) dans chaque unité de voisinage (UV) de la ville nouvelle d'Ali Mendjeli. L'analyse de ces données permet de caractériser la structure spatiale de la ville et d'identifier des tendances dans l'aménagement urbain. Plusieurs observations scientifiques peuvent être formulées :

- Hétérogénéité spatiale : La carte ci-dessous met en évidence une grande hétérogénéité dans la répartition des usages du sol entre les différentes unités de voisinage. Certaines UV présentent une forte dominance d'un type d'usage (par exemple, une forte proportion de logements dans certaines unités), tandis que d'autres affichent une répartition plus équilibrée. Cette hétérogénéité spatiale peut être due à plusieurs facteurs, notamment la planification urbaine, les politiques d'aménagement, la demande du marché immobilier, les contraintes physiques, etc.
- Concentration de l'habitation et des équipements : selon le tableau on observe une tendance à la concentration de l'habitation et des équipements dans certaines unités de voisinage (V1, UV2, UV5, UV6, UV7, UV9, UV13, UV14, UV16, UV17, UV18, UV19, UV20, UV21, et l'extension sud). Cette concentration pourrait refléter la présence de pôles générateurs des flux (universités, hôpitaux, centres commerciaux et mall, …), ce qui implique des flux de déplacement plus importants vers ces zones.

- Présence de terrains vides : La présence significative de terrains vides dans plusieurs UV ((UV 21, UV8, UV18, extension sud, …) peut témoigner de différentes phases de construction ou de projets d'aménagement en cours ou à venir. L'analyse de la localisation et de la proportion de ces terrains vides permet d'émettre des hypothèses sur la dynamique d'évolution urbaine de la ville.
- Distribution des espaces de loisirs : La répartition des espaces de loisirs, qui peut être plus ou moins répartie entre les unités de voisinage, reflète les choix politiques d'aménagement et la demande sociale en matière d'espaces verts et de loisirs.

La répartition spatiale des usages du sol (habitation, équipements, terrains vides, loisirs) est directement corrélée à la mobilité quotidienne des mendjelois et à la planification du transport en commun, le tout étant intrinsèquement lié à l'urbanisation continue de la ville.

La concentration d'habitations et d'équipements dans certaines zones génère d'importants déplacements domicile-travail et domicile-études, créant une forte demande de transport en commun, surtout aux heures de pointe.

Inversement, la dispersion de l'habitat en périphérie nécessite un réseau de transport étendu pour assurer une desserte adéquate, impliquant des trajets plus longs et plus complexes.

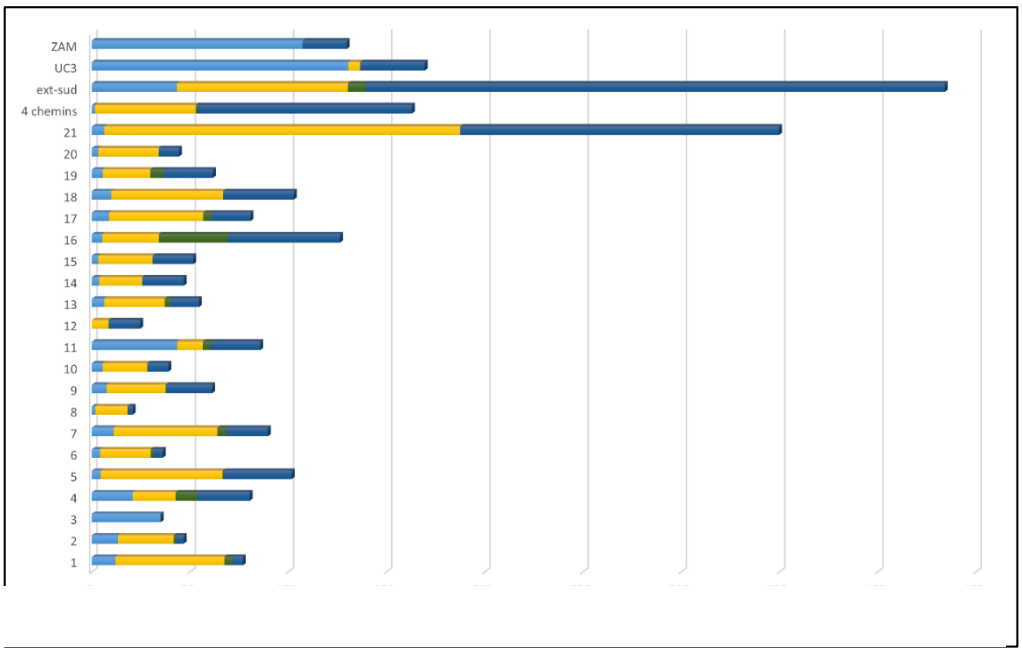



*Figure 4.16 répartition des surfaces des usages des sols par UV, réalisé par l'auteure 2024*

La présence de terrains vides, reflétant des phases de développement urbain, influence la demande future en transport. Ainsi, une planification efficace du transport en commun doit impérativement tenir compte de cette répartition spatiale des usages du sol pour optimiser son efficacité, son équité et sa durabilité face à l'urbanisation continue de la ville.

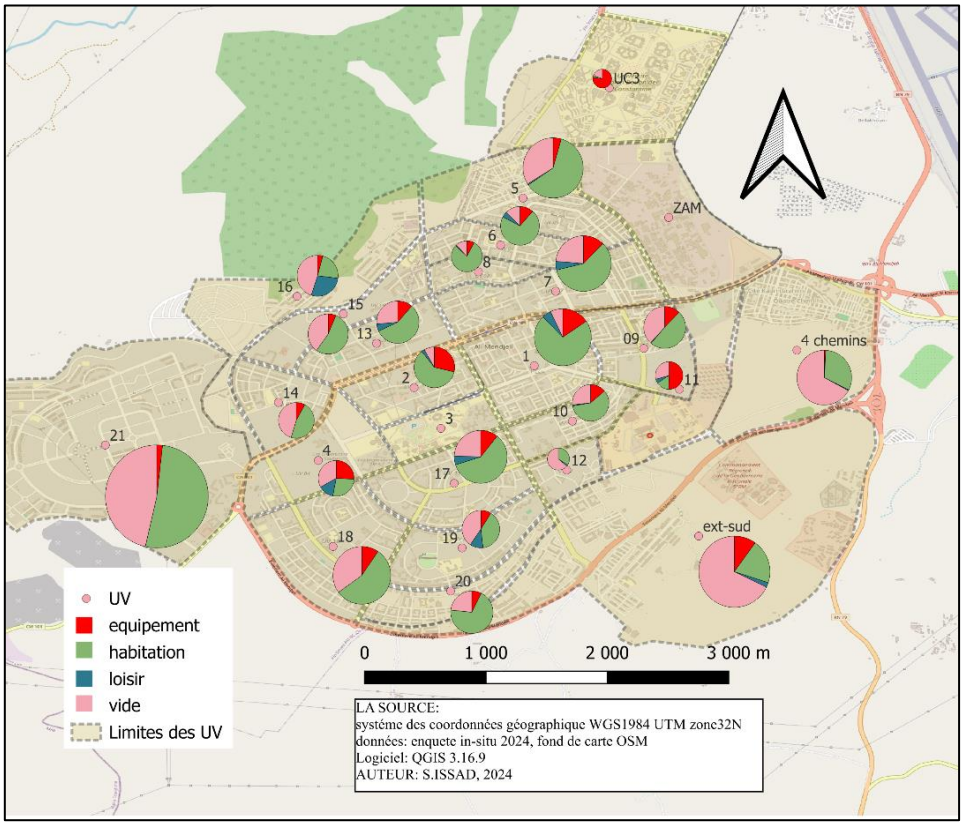



*Figure 4.17 les proportions des usages du sol dans la ville Ali Mendjeli, auteure 2024*

### 4.4.2 L'analyse de l'autocorrélation spatiale des Usages du Sol à Ali Mendjeli :

L'autocorrélation spatiale est un concept statistique fondamental en géostatistique et en analyse spatiale qui mesure la dépendance statistique entre des observations géographiques proches. Elle exprime le degré de similarité entre des valeurs d'un attribut (par exemple, la densité de population, la valeur foncière, le nombre d'équipements) à des emplacements voisins. Contrairement à l'analyse statistique classique qui suppose l'indépendance des observations, l'autocorrélation spatiale reconnaît l'existence de structures spatiales et de relations de voisinage qui influencent les valeurs des observations.(Feuillet et al., 2019b)

Notre analyse s'appuie sur l'indice de Moran pour évaluer l'autocorrélation spatiale globale, ainsi que sur des analyses complémentaires :

- Calcul de l'Indice de Moran : L'indice de Moran quantifie la corrélation spatiale entre les valeurs d'un attribut (ici, les catégories d'usage du sol) dans des unités spatiales voisines. Une valeur positive indique une autocorrélation positive (agrégation spatiale), une valeur négative une autocorrélation négative (dispersion spatiale), et une valeur proche de zéro une répartition aléatoire.
- Calcul du Centre moyen : Le centre moyen calcule le centre de gravité des usages du sol. Il fournit une indication générale de la localisation centrale de chaque type d'usage.
- Analyse Spatiale de la Distance Standard : Cette analyse quantifie la distance entre les différentes catégories d'usage du sol. Des valeurs élevées indiquent une séparation spatiale marquée, tandis que de faibles valeurs indiquent une proximité spatiale. Elle permet de quantifier le degré d'interrelation spatiale des différentes catégories et de comprendre les liens entre les zones.
- Analyse de la Direction de Distribution : Cette étape vise à identifier les directions privilégiées de la répartition des usages du sol, par rapport au centre de la ville. Elle permet de déterminer si la croissance urbaine est orientée selon des directions spécifiques.

Ces analyses, combinées à la visualisation cartographique, permettent d'identifier les patrons spatiaux de la distribution des quatre catégories d'usage du sol et d'évaluer leur influence sur les déplacements des habitants. L'objectif est de comprendre les relations entre la configuration spatiale des usages du sol et la mobilité urbaine à Ali Mendjeli.

a- Calcul de l'Indice de Moran :

L'indice de Moran révèle une forte autocorrélation spatiale des usages du sol à Ali Mendjeli ($I=0.254$, $z=15.97$, $p<0.001$), rejetant l'hypothèse d'une distribution aléatoire. La forte agrégation indique une organisation non aléatoire résultant de la planification, des décisions d'aménagement et des dynamiques socio-économiques. Cette organisation spatiale en zones homogènes peut optimiser l'accessibilité et les fonctions, mais elle risque d'engendrer des inégalités spatiales, en créant des zones mal desservies.

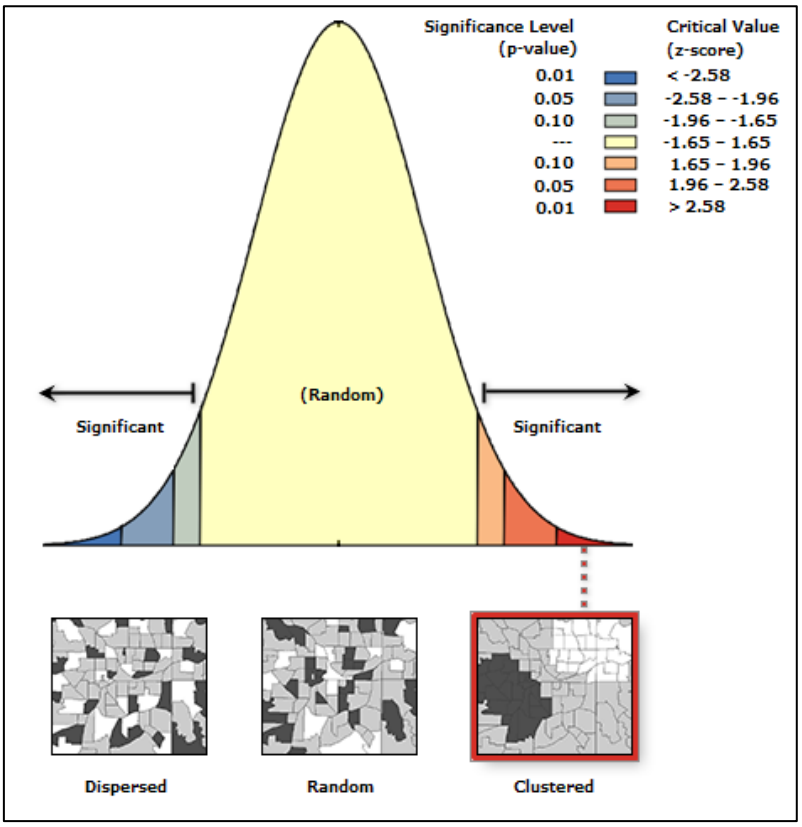



*Figure 4.18 rapport de l'autocorrélation spatiale des usages de sol à Ali Mendjeli, source : auteure 2024*

b- La mesure des distributions géographiques : Centre moyen, Distance Standard et Direction de Distribution

L'analyse de la distribution spatiale des usages du sol à Ali Mendjeli, au-delà de l'autocorrélation, a été approfondie en utilisant des mesures descriptives classiques de la géographie quantitative : le centre moyen, la distance standard et la direction de distribution.

Le calcul du centre moyen, analogue à la moyenne arithmétique en statistique classique, identifie le centre de gravité de la distribution des usages du sol, localisé ici dans l'unité de voisinage UV01. Cette localisation, loin d'être anecdotique, indique une concentration initiale des usages du sol autour de ce point central, suggérant potentiellement un développement urbain initialement dense autour d'un noyau central d'activités. Cependant, le centre moyen, bien qu'utile pour situer la distribution globalement, ne renseigne pas sur la dispersion ou la forme de cette distribution.

Pour appréhender la dispersion spatiale, la distance standard a été calculée. Représentant l'équivalent spatial de l'écart type, elle définit un cercle autour du centre

moyen, englobant 494 des 848 centroïdes des usages du sol (soit environ 58%). Ce cercle, de rayon égal à la distance standard, matérialise la zone de concentration majeure des usages du sol. La proportion significative d'usages du sol inclus dans ce cercle (58%) confirme un modèle de répartition clustérisée et hétérogène, où la majorité des usages sont concentrés autour du centre moyen, suggérant une certaine densification et une possible absence d'une planification équilibrée sur l'ensemble de la ville. L'étendue de la zone couverte par la distance standard, englobant une grande partie de la ville (UV 01, UV02, UV03, UV06, UV07, UV08, UV10, UV11, UV12, UV13, UV17,…), indique une dispersion relative malgré la forte concentration autour du centre. La non-coïncidence parfaite entre le cercle et l'étendue totale de la ville suggère une croissance urbaine discrète ou des zones périphériques faiblement occupées.

En définitive, l'analyse de la direction de distribution, à travers une ellipse standard, complète la description de la distribution spatiale. La forme et l'orientation de l'ellipse révèlent la tendance directionnelle de la dispersion des usages du sol. L'orientation Nord-Est/Sud-Ouest de l'ellipse à Ali Mendjeli et l'inclusion de 515 centroïdes sur 848 au sein de cette forme géométrique, confirment le caractère non isotrope de la distribution, la propagation se concentrant le long d'un axe préférentiel. Ce schéma directionnel pourrait être lié à des contraintes géographiques (topographie, voies d'accès), à des choix de planification urbaine (axes routiers majeurs, développement sectoriel) ou à des facteurs socio-économiques (développement économique, les grands équipements, …). Les 333 centroïdes restants en dehors de l'ellipse représentent des usages du sol plus dispersés, voire périphériques, signalant potentiellement des zones de développement plus récentes ou des secteurs moins intégrés à la trame urbaine principale.

L'analyse combinée du centre moyen, de la distance standard et de la direction de distribution fournit une image multidimensionnelle de la distribution spatiale des usages du sol à Ali Mendjeli, ouvrant des perspectives d'analyse plus poussées sur l'évolution, la planification et la gestion urbaine de cette ville nouvelle. (voir la carte ci-dessous)

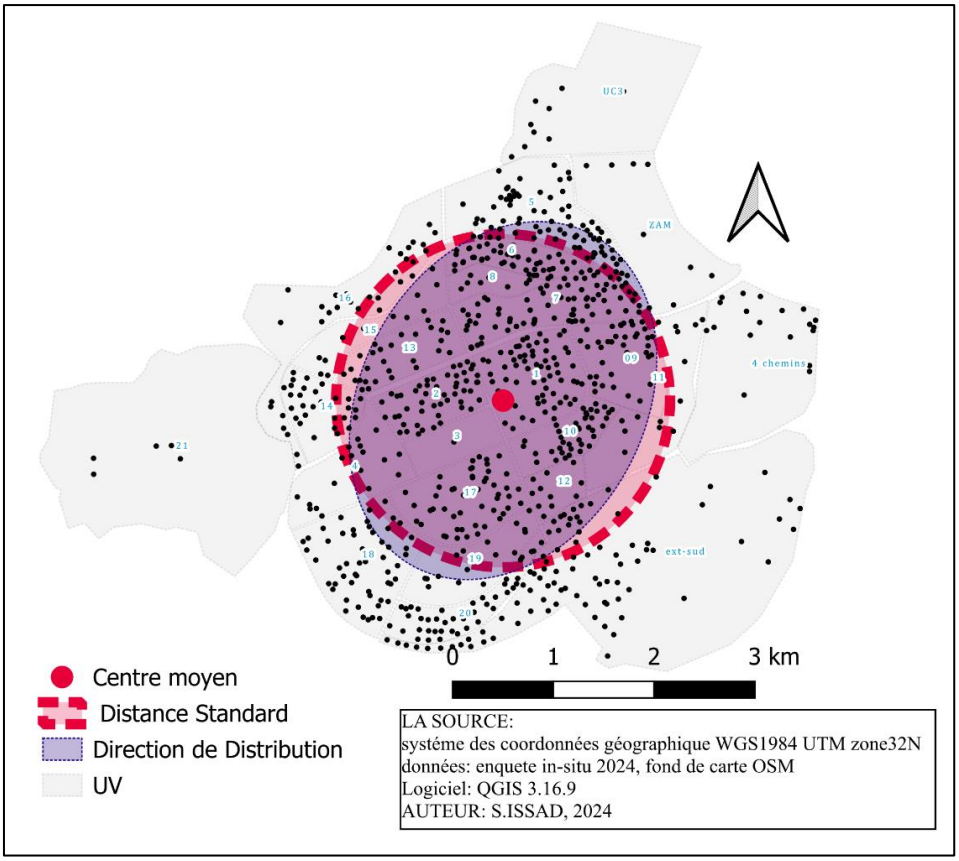



*Figure 4.19 la mesure des distributions géographiques : Centre moyen, Distance Standard et Direction de Distribution des usages des sols à Ali Mendjeli, source : auteure 2024*

### 4.4.3 Analyse de la distribution spatiale des équipements à Ali Mendjeli :

L'analyse de la distribution spatiale des équipements à Ali Mendjeli, basée sur les données quantitatives (tableau), la représentation cartographique (figure 21) et la synthèse graphique (figure 22), révèle une forte hétérogénéité spatiale et des inégalités d'accès aux services. Les données quantitatives montrent des disparités considérables entre les unités de voisinage (UV), certaines étant suréquipées tandis que d'autres sont fortement sous-équipées. L'utilisation d'indicateurs de dispersion (étendue, variance et écart type) permet de quantifier précisément l'inégalité de la distribution des équipements entre les unités de voisinage (UV). L'objectif est d'identifier les tendances, les déséquilibres, et d'évaluer les implications pour l'accessibilité et l'équité territoriale.

*Tableau 4.2 classification des équipements par UV, auteure 2024*

| Unité de voisinage | Équipement administratif | Équipement éducatif | Équipement commercial | Équipement culturel | Équipement sanitaire | Équipement touristique | Équipement édilitaire | Total | Pourcentage |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| UV 1 | 12 | 8 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 24 | 11,27% |
| UV 2 | 6 | 7 | 5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 21 | 9,86% |
| UV 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,47% |
| UV 4 | 1 | 6 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 10 | 4,69% |
| UV 5 | 2 | 12 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 16 | 7,51% |
| UV 6 | 4 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 4,23% |
| UV 7 | 13 | 6 | 4 | 1 | 2 | 3 | 0 | 29 | 13,62% |
| UV 8 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 4 | 1,88% |
| UV 9 | 4 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 10 | 4,69% |
| UV 10 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 6 | 2,82% |
| UV 11 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 2,35% |
| UV 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00% |
| UV 13 | 2 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 8 | 3,76% |
| UV 14 | 1 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 6 | 2,82% |
| UV 15 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1,88% |
| UV 16 | 1 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 3,29% |
| UV 17 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 9 | 4,23% |
| UV 18 | 2 | 8 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 13 | 6,10% |
| UV 19 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 2,35% |
| UV 20 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 2,35% |
| UV 21 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,47% |
| EXT-SUD | 3 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 14 | 6,57% |
| ZAM | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,41% |
| UC3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,41% |
| TOTAL | 59 | 98 | 14 | 18 | 8 | 6 | 10 | 213 | 100,00% |

L'étendue (égale à 29), calculée à partir du nombre total d'équipements par UV, souligne l'ampleur de ces inégalités. Cela suggère une concentration importante dans certaines zones et une forte pénurie dans d'autres. Le graphique en barres renforce cette observation, illustrant des différences marquées entre les UV en termes de nombre total d'équipements.

Variance (53,33) : La valeur élevée de la variance confirme la grande dispersion des données autour de la moyenne. Plus la variance est importante, plus les données sont dispersées et hétérogènes. Ceci souligne l'absence d'une répartition équilibrée des équipements.

Écart type (7,30) : L'écart type, représentant la déviation moyenne par rapport à la moyenne, de 7,3 équipements, renforce l'observation d'une distribution inégale. Un écart type important suggère une grande variabilité du nombre d'équipements d'une UV à l'autre.

Le tableau fournit le nombre d'équipements par type pour chaque UV. Sur la base du nombre total d'équipements par UV, nous pouvons établir une classification en trois catégories :

- Unités de Voisinage Suréquipées : les unités de voisinage ayant un nombre d'équipements supérieur à 15 (supérieur à la moyenne + 5). Ceci représente les pôles d'activité majeurs. Dans ce cas, ce sont les UV1 (24), UV2 (21), UV5 (16), UV7 (29), UV17 (9), UV18 (13). Ces unités concentrent une part importante des équipements de la ville. S'y ajoute l'UV 03 qui couvre en totalité l'université de Constantine2, l'UC3 couvrant l'université de Constantine 3, et la ZAM qui est une zone d'activité.
- Unités de Voisinage Moyennement équipées : Les unités de voisinage ayant un nombre d'équipements compris entre 5 et 15. Ce sont les UV ayant un niveau de service acceptable. Dans ce cas, il s'agit des UV suivantes : UV4 (10), UV6 (09), UV9 (10), UV13 (8), UV14 (6), UV16 (7), UV19 (5), UV20 (5), EXT-SUD (14). Ces unités bénéficient d'un niveau de service intermédiaire.
- Unités de Voisinage Sous-équipées : Ce sont les UV ayant un nombre d'équipements inférieur à 5. Ces UV souffrent d'un manque significatif d'équipements et de services, soulignant une inégalité d'accès aux services. Ce sont : UV8 (4), UV10 (6), UV11 (5), UV15 (4), UV21 (1). Ces unités nécessitent une attention particulière en termes de planification urbaine.

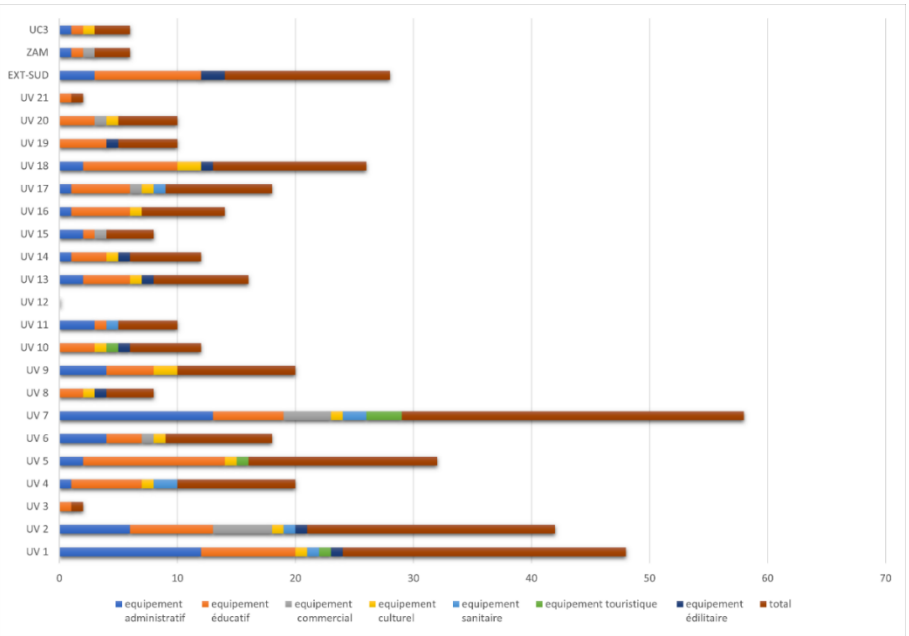



*Figure 4.20 classification des équipements par UV, auteure 2024*

La cartographie confirme la classification des UV, révélant une distribution non aléatoire des équipements, avec une agrégation (clusters) et des carences. Cette configuration suggère l'influence de facteurs structurants (planification, foncier, socio-économie). Les UV suréquipées seraient des zones anciennement urbanisées, tandis que les UV sous-équipées correspondraient à des zones en développement.

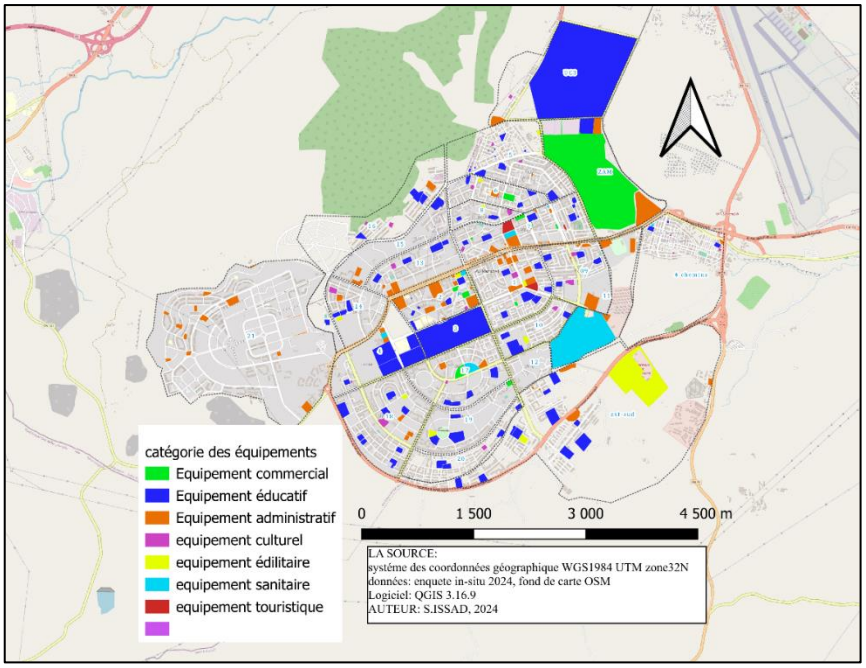



*Figure 4.21 répartition des surfaces des types d'équipements par UV, auteure 2024*

### 4.4.4 L’analyse de l'autocorrélation spatiale des équipements à Ali Mendjeli :

a- Calcul de l'Indice de Moran :

L'application de l'indice de Moran à la distribution spatiale des équipements à Ali Mendjeli révèle une autocorrélation spatiale positive significative, mais de magnitude modérée ($I = 0.069942$, $z = 2.279$, $p = 0.023$). Contrairement à une analyse précédente sur les usages du sol qui montrait une forte agrégation ($p < 0.001$), cette analyse indique une agrégation spatiale des équipements moins prononcée, bien que statistiquement significative à un seuil de 5%. Cette différence souligne la nécessité d’analyses spécifiques à chaque variable étudiée.

L'analyse suggère la présence de processus spatiaux structurants, mais avec un impact moins déterminant que ce qui avait été initialement estimé pour les usages du sol. Des outils de planification urbaine, des décisions d'aménagement, et des dynamiques socio-économiques contribuent probablement à la distribution observée, mais leur influence est moins forte que prévu. La similarité spatiale entre équipements adjacents est confirmée, mais l'amplitude de cette similarité est moins importante que dans le cas des usages du sol.

Malgré cette autocorrélation spatiale modérée, la significativité statistique ($p < 0.05$) réfute l'hypothèse d'une distribution aléatoire des équipements. Une organisation spatiale fonctionnelle, optimisant potentiellement l'accessibilité et la fonctionnalité des infrastructures, reste envisageable, mais cette optimisation est moins marquée. Il est utile de noter que cette agrégation, même modérée, pourrait engendrer des inégalités spatiales, nécessitant une attention particulière.

Une analyse complémentaire, intégrant des indicateurs de distribution géographique (centre moyen, distance standard, direction de distribution) et une analyse détaillée par unité de voisinage, sont indispensables pour une compréhension complète de la distribution spatiale des équipements à Ali Mendjeli, des implications de cette distribution pour l'équité territoriale et pour une planification urbaine plus efficiente et inclusive.

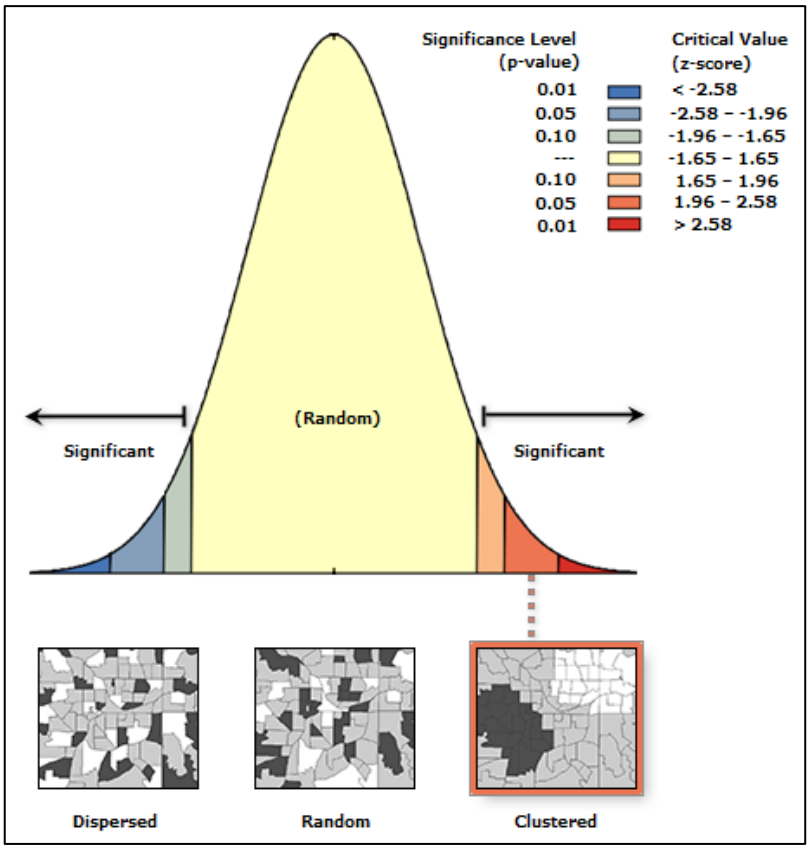



*Figure 4.22 : rapport de l'autocorrélation spatiale des équipements à Ali Mendjeli, auteure 2024*

b- La mesure des distributions géographiques : Centre moyen, Distance Standard et Direction de Distribution

La caractérisation spatiale de la distribution des équipements à Ali Mendjeli a été enrichie par le calcul du centre moyen, de la distance standard, et de la direction de distribution.

Le centre moyen, équivalent spatial de la moyenne arithmétique, localisé dans l'UV01, indique une concentration initiale des équipements autour d'un noyau central, suggérant un développement urbain initialement dense. Cependant, cette mesure ne renseigne pas sur la dispersion spatiale.

La distance standard, analogue à l'écart type en statistique descriptive, définit un cercle autour du centre moyen englobant 136 des 225 centroïdes (environ 60%), délimitant ainsi la zone de concentration principale des équipements. Cette proportion significative, combinée à la couverture d'une large partie de la ville (UV 01, UV02, UV03, UV06, UV07, UV08, UV10, UV11, UV12, UV13, UV17, etc.), indique une distribution spatialement

hétérogène, à la fois concentrée autour du centre et dispersée sur une zone plus étendue. La présence de zones périphériques faiblement équipées est suggérée par la non-coïncidence entre le cercle de la distance standard et l'étendue totale de la ville, potentiellement traduisant une croissance urbaine inégale.

L'ellipse standard, définissant la direction de distribution, révèle une anisotropie[1] spatiale, avec une orientation Nord-Est/Sud-Ouest. Cette orientation préférentielle, englobant 137 centroïdes sur 225, pourrait s'expliquer par des contraintes géographiques (topographie, voies d'accès), des choix de planification urbaine (axes routiers, développement sectoriel), ou des dynamiques socio-économiques (concentration d'activités économiques ou d'équipements majeurs). Les 88 centroïdes restants en dehors de l'ellipse représentent une dispersion plus périphérique des équipements, potentialisant des zones de développement plus récentes ou moins intégrées à la trame urbaine principale.

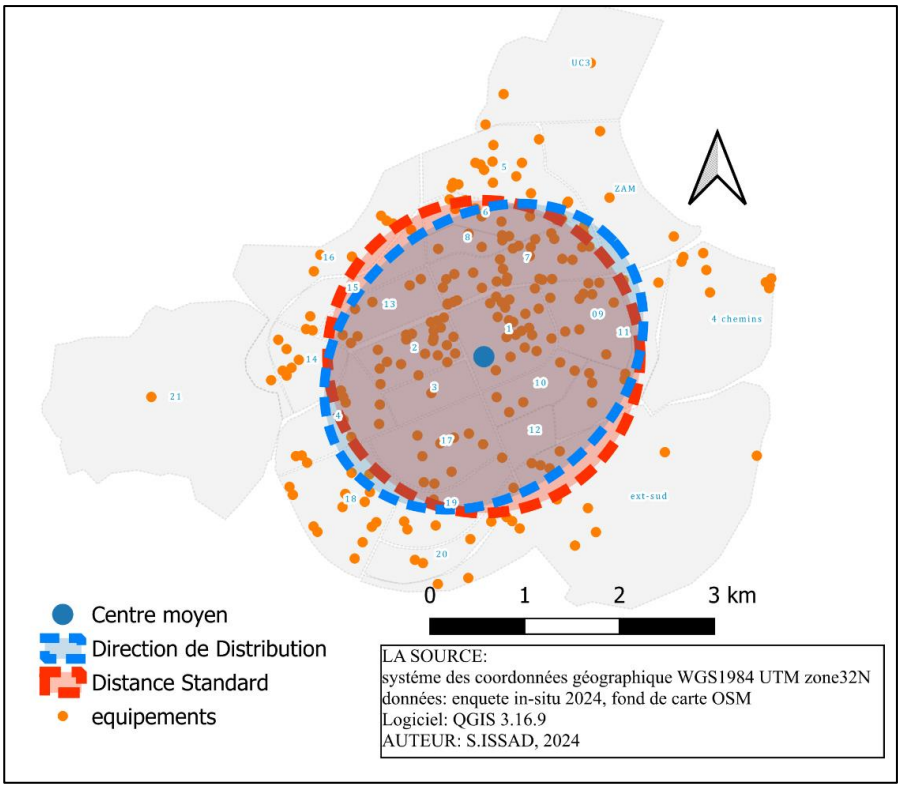



*Figure 4.23 la mesure des distributions géographiques : Centre moyen, Distance Standard et Direction de Distribution des équipements à Ali Mendjeli, auteure 2024*

[1] Propriété d'un espace où les phénomènes et les processus ne s'expriment pas de la même façon dans toutes les directions, l'espace est ainsi non homogène et non isotrope (identique dans toutes les directions), il manifeste des orientations privilégiées non alatoires.

## 4.5 Diagnostic de l'offre de transport en commun actuel à Ali Mendjeli :

La politique de transport en commun à Ali Mendjeli actuelle favorise la coexistence d'opérateurs privés et publics, mais l'absence d'une stratégie globale et de coordination a engendré plusieurs dysfonctionnements.

### *4.5.1* L'offre privée de bus (collective) :

À Ali Mendjeli, le transport en bus est principalement assuré par un réseau dense de 186 opérateurs privés, fonctionnant sur le modèle « propriétaire-chauffeur ». Ce système, qui s'est développé depuis la mise en place de la première ligne en 2003, reliant le centre-ville de Constantine au rond-point où était érigée la statue de feu Ali Mendjeli, comprend aujourd'hui 10 lignes : deux lignes intra-urbaines desservant la ville et huit lignes extra-urbaines reliant Ali Mendjeli aux communes voisines (Constantine, el-Khroub, Ain Smara, et Rahmounia). Bien que la capacité théorique des minibus soit de 25 passagers, les opérateurs transportent souvent des passagers debout, augmentant ainsi la capacité à 40 personnes. Ce secteur génère un total de 372 emplois, soit en moyenne deux emplois par véhicule.

L'offre des bus privés se distingue par sa flexibilité et son adaptation à la demande. Contrairement au transport public, les opérateurs ne sont pas soumis aux mêmes contraintes horaires et de durée de travail, ce qui leur permet d'ajuster leurs rotations en fonction des besoins. Le service s'étend de 6h à 19h en hiver et de 5h à 20h ou 21h en été, offrant ainsi une couverture plus large que le transport public. Pendant le mois sacré du Ramadan, l'horaire est prolongé jusqu'à 2h du matin, selon un chauffeur propriétaire de minibus rencontré lors d'une enquête.

La fréquence des rotations est également plus élevée, particulièrement les jours de semaine et les jours ouvrables (de samedi à jeudi), tandis que le service est moins fréquent le vendredi, jour de repos hebdomadaire en Algérie. Les lignes extra-urbaines, caractérisées par des distances plus longues, présentent une fréquence de rotation moins importante, variant entre 04 et 06 rotations par jour, avec un temps de trajet pouvant atteindre une heure en période de pointe. La ligne desservant Ain Smara, étant plus courte et comprenant moins d'arrêts, est plus fréquente que les autres lignes.

Les lignes intra-urbaines présentent une fréquence plus élevée, avec un temps de remplissage du bus à la première station estimé à 15 minutes, et un départ toutes les 15 minutes.

Cette flexibilité est motivée par la volonté des opérateurs, souvent propriétaires de leur véhicule, de maximiser leurs profits. Ils ne sont pas soumis à des limitations de durée de travail, contrairement aux employés du secteur public. Ils adaptent leurs horaires et leurs rotations en fonction de la demande, ce qui leur permet de travailler plus longtemps et d'effectuer plus de courses.

*Tableau 4.3 les lignes des opérateurs privés, source : enquête in situ actualisée par l'auteure, 2024*

| Lignes | Type de ligne | Nombre de minibus | Capacité | Heures de service | Durée de trajet | Fréquences de rotation par jour |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Djbel el-wahch – Gare multimodale Ali Mendjeli | Extra-urbaine | 48 | 1200-1920 | 6h-19h<br>5h-21h | 45 minutes | 4-6 |
| El-Khroub – Gare multimodale Ali Mendjeli | Extra-urbaine | 23 | 575-920 | 6h-19h<br>5h-21h | 50- 65 minutes | 4-6 |
| Ain Smara – Gare multimodale Ali Mendjeli | Extra-urbaine | 22 | 550-880 | 6h-19h<br>5h-21h | 50- 65 minutes | 6-10 |
| Khmisti – Gare multimodale Ali Mendjeli | Extra-urbaine | 3 | 75-120 | 6h-19h<br>5h-21h | 45-60 minutes | 4-6 |
| Boussouf – Gare multimodale Ali Mendjeli | Extra-urbaine | 25 | 625-1000 | 6h-19h<br>5h-21h | 50-65 minutes | 4-6 |
| Bab-El-Kantara - Gare multimodale Ali Mendjeli - extension sud | Extra-urbaine | 6 | 150-240 | 6h-19h<br>5h-21h | 50-65 minutes | 4-6 |
| Rahmounia - Gare multimodale Ali Mendjeli | Extra-urbaine | 1 | 25-40 | 6h-19h<br>5h-21h | Non relevée | Non relevée |
| Dharih - Gare multimodale Ali Mendjeli | Extra-urbaine | 4 | 100-160 | 6h-19h<br>5h-21h | Non relevée | Non relevée |
| Lfirma – UV 21 | Intra-urbaine | 30 | 750-1200 | 6h-19h<br>5h-21h | 25-40 minutes | 10-12 |
| LFIRMA- UV20 | Intra-urbaine | 30 | 750-1200 | 6h-19h<br>5h-21h | 25-40 minutes | 10-12 |

Le transport en minibus à Ali Mendjeli est caractérisé par une approche plus flexible et axée sur la rentabilité par rapport au transport public. Les opérateurs privés, souvent

propriétaires de leurs véhicules, adaptent leurs horaires et leurs rotations en fonction de la demande, offrant ainsi un service plus fréquent et plus étendu, notamment pendant les heures de pointe et les jours de semaine. Ils ne sont pas soumis aux mêmes contraintes de durée de travail que les employés du secteur public et peuvent donc travailler plus longtemps pour maximiser leurs profits.

Initialement, la tarification des bus était alignée sur celle du transport public (20 DA par trajet) pour le réseau intra-urbain et (30da par trajet) pour le réseau extra urbain. Toutefois, les opérateurs privés, jugeant ce tarif insuffisant pour leurs opérations, ont décidé d'augmenter le prix à 25 DA et 35 DA . Cette décision, bien que non officiellement sanctionnée, a été tacitement acceptée par les autorités.

Le réseau de bus privés à Ali Mendjeli s'organise en étoile, avec des lignes directes reliant les unités de voisinage périphériques (UV20) et les nouvelles extensions urbaines (extension sud et l'extension ouest UV21). Ce modèle, efficace et rentable pour desservir les zones urbaines denses, permet une optimisation des trajets et des rotations, réduisant ainsi les coûts d'exploitation.

Afin de garantir une meilleure communication avec les autorités locales et de représenter leurs intérêts, les opérateurs de transport en bus privés d'Ali Mendjeli ont désigné un représentant au sein du syndicat des transporteurs et auprès de la direction du transport. Cette initiative témoigne d'une volonté d'améliorer les relations avec les institutions locales et de répondre aux besoins et aux préoccupations des usagers, mettant en avant un engagement à la fois envers la qualité du service et la collaboration avec les autorités.

### *4.5.2* L'offre publique d'autobus (collective) :

À Ali Mendjeli, le transport en commun public est assuré par un opérateur public l'Établissement de Transport Urbain et Suburbain de Constantine (ETUSC), créé en 2005.

Cet opérateur exploite six lignes de bus, dont trois extra-urbaine et trois intra-urbaines (voir le tableau ci-dessous) desservies par un parc de trente-quatre bus à Ali Mendjeli, d'une capacité de 100 places maximum.

Le service de bus à Ali Mendjeli offre une fréquence de rotation fixe, avec un arrêt de 10 minutes au terminus, permettant une moyenne de six rotations par jour pour le réseau extra-urbain, et douze rotations pour le réseau intra-urbain.

*Tableau 4.4 les lignes de l'opérateur public, source : enquête in situ actualisée par l'auteure, 2024*

| Lignes | Type de ligne | Nombre de minibus | Capacité | Heures de service | Durée de trajet | Fréquences de rotation par jour |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Khmisti – Gare multimodale Ali Mendjeli | Extra-urbaine | 6 | 600 | 6h-19h | 45-60 minutes | 6 |
| Boussouf – Gare multimodale Ali Mendjeli | Extra-urbaine | 3 | 3 | 6h-19h | 50-65 minutes | 6 |
| Bab-El-Kantara - Gare multimodale Ali Mendjeli - extension sud | Extra-urbaine | 4 | 400 | 6h-19h | 50-65 minutes | 6 |
| Station Kadri – UV 21 | Intra-urbaine | 10 | 1000 | 6h-19h | 35-45 minutes | 10-12 |
| Station Kadri - UV20 | Intra-urbaine | 10 | 1000 | 6h-19h | 35-45 minutes | 10-12 |
| LFIRMA-hôpital militaire | Intra-urbaine | 1 | 100 | - | - | - |

La tarification appliquée est de 20 DA par trajet sur le réseau intra-urbain, et 30 DA par trajet pour le réseau extra-urbain.

Le réseau de bus public à Ali Mendjeli est conçu pour desservir les zones urbaines moins bien couvertes par le réseau de minibus privés comme la ligne « lfirma – hôpital » militaire, en particulier les quartiers périphériques. Le réseau est composé de plusieurs lignes qui se croisent en différents points, offrant ainsi des liaisons avec la ligne du tramway. L'objectif est de garantir un service public équitable et accessible à tous, même si les fréquences de passage restent faibles, ce qui peut affecter l'efficacité et l'attractivité du service.

### *4.5.3* L’offre de transport en taxi et l'essor du transport informel :

À Ali Mendjeli, le transport en taxi est principalement assuré par un réseau d'opérateurs privés, présents dans la ville depuis 2002. Ces chauffeurs, souvent propriétaires de leur véhicule, sont regroupés en six points d'arrêt stratégiques en centre-ville : Terminus UV8, Sans Visa, Cosider, UC3, Ritaj mall et Kadri. Chaque station compte entre 10 et 15 taxis, offrant un service flexible, s'adaptant à la demande et couvrant les trajets intra-urbains et extra-urbains.

La tarification est variable et souvent négociée. Les trajets vers El-Khroub, Ain Smara et Constantine sont tarifés respectivement à 200 DA, 150/200 DA et 200 DA par personne. Pour les déplacements intra-urbains, le prix varie entre 150 DA et 300 DA.

L'absence de services de transport en commun fiables et fréquents, notamment en soirée, a engendré le développement du transport informel à Ali Mendjeli. Ce système, souvent qualifié de « fraude »", est assuré par des véhicules non officiels et sans licence, opérant en dehors des structures réglementées.

Ces transporteurs informels, présents depuis des années, couvrent toutes les destinations intra-urbaines et extra-urbaines, avec une tarification flexible, fonctionnant en dehors du système réglementé. Ils occupent de manière aléatoire plusieurs points stratégiques souvent situés face aux grands générateurs de flux, tels que les centres commerciaux, les universités, les administrations, les nouvelles extensions urbaines non couvertes par le transport en commun ou les stations du tramway. Parmi les points d'arrêt les plus fréquents, on peut citer: Terminus UV8, Cosider, Sans Visa, Rital 1, Ritaj mall, Kadri, Extension sud, UV17, UV18, UV19, yas mall, UC3, et UC2.

*Tableau 4.5 Ali Mendjeli : Offre de Transport en Taxi et Fraude (Enquête 2024)*

| Origine | Nature de service | Destination | Tarification | Date de mise en service |
|---|---|---|---|---|
| Terminus UV8 | Taxi | Toute destination intra-urbaine et extra-urbaine | Dépend du déplacement | 2002 |
| Sans visa | Taxi | El-Khroub<br>Centre-ville<br>Constantine | 200da/personne | 2008 |
| Cosider | Taxi | Ain Smara<br>Constantine | 150da/personne<br>200da/personne | 2017 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| UC3 | Taxi | Toute destination intra-urbaine et extra-urbaine | Dépend du déplacement | 2013 |
| Ritaj mall | Taxi | Toute destination intra-urbaine et extra-urbaine | Dépend du déplacement | 2016 |
| Kadri | Taxi | Toute destination intra-urbaine et extra-urbaine | Dépend du déplacement | 2021 |
| UV8 | Fraude | Toute destination intra-urbaine et extra-urbaine | Dépend du déplacement | / |
| Cosider | Fraude | Toute destination intra-urbaine et extra-urbaine | Dépend du déplacement | / |
| Sans visa | Fraude | Toute destination intra-urbaine et extra-urbaine | Dépend du déplacement | / |
| Rital 1 | Fraude | Toute destination intra-urbaine et extra-urbaine | Dépend du déplacement | / |
| Ritaj mall | Fraude | Toute destination intra-urbaine et extra-urbaine | Dépend du déplacement | / |
| Kadri | Fraude | Toute destination intra-urbaine et extra-urbaine | Dépend du déplacement | / |
| Extension sud | Fraude | Toute destination intra-urbaine et extra-urbaine | Dépend du déplacement | / |
| UV17, UV18, UV19 | Fraude | Toute destination intra-urbaine et extra-urbaine | Dépend du déplacement | / |
| UC3 | Fraude | Toute destination intra-urbaine et extra-urbaine | Dépend du déplacement | / |

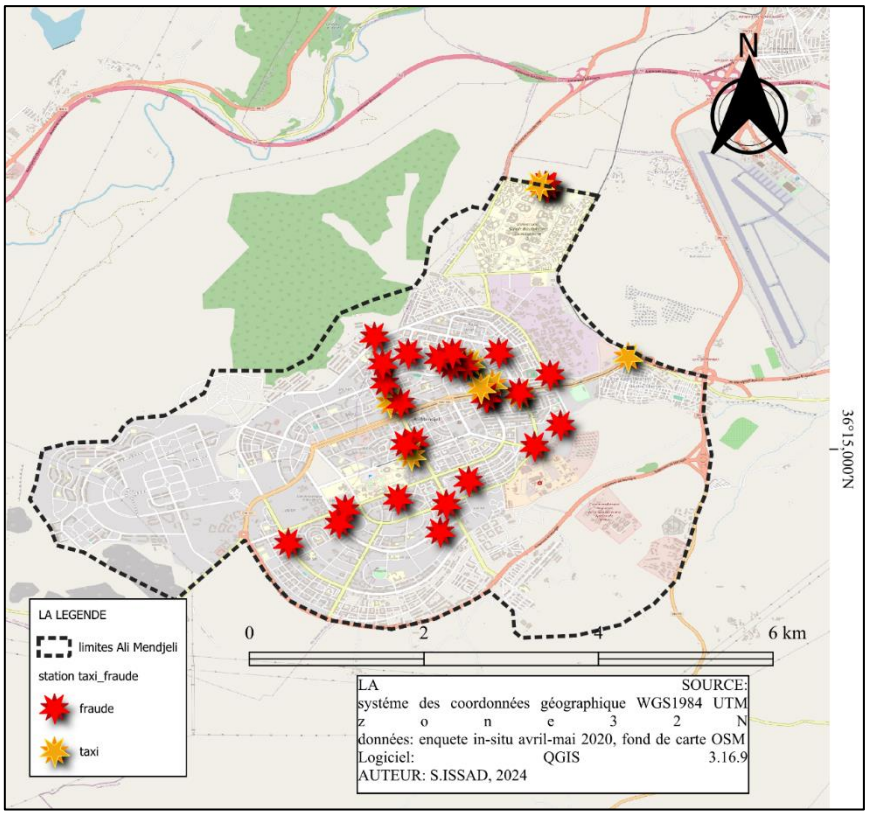



*Figure 4.24 : distribution des stations taxi-fraude à Ali Mendjeli, auteure 2024*

**Conclusion du chapitre :**

Cette étude multiscalaire de la distribution spatiale des équipements et de l'accessibilité à Ali Mendjeli met en évidence des inégalités territoriales significatives, reflétant les complexités du développement urbain dans la ville Ali Mendjeli. L'analyse, combinant méthodes quantitatives et spatiales, a révélé une structure urbaine hétérogène, avec des clusters d'équipements contrastant avec des zones fortement dépourvues. Ces disparités ne résultent pas uniquement des choix de planification antérieurs mais aussi des dynamiques socio-économiques et des contraintes d'accessibilité.

L'arrivée du tramway a amélioré l'accessibilité, mais des inégalités persistent. L'étude suggère que l'approche de planification future doit privilégier une approche plus intégrée et équitable, favorisant la mixité fonctionnelle et une meilleure connectivité territoriale.

Une planification prospective, combinant des modélisations de mobilité quotidienne et une participation citoyenne active, seront nécessaire pour un développement urbain plus inclusif et durable. Le prochain chapitre, en modélisant l'accessibilité via les approches

PTAL et isochrones, permettra de quantifier précisément ces inégalités et de proposer des recommandations concrètes pour une meilleure desserte des zones défavorisées.

# CHAPITRES V : METHODES & OUTILS : UN ARSENAL TECHNOLOGIQUE POUR MODELISER L'ACCESSIBILITE.

## Introduction :

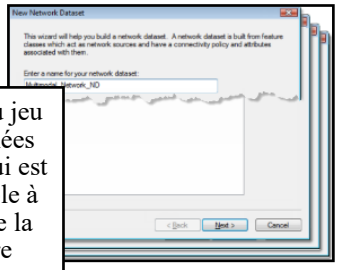
Nous allons explorer les méthodes et outils qui serviront de base à la réalisation de notre thèse de doctorat. Ce choix, pensé avec soin, vise à garantir la robustesse, la fiabilité et la précision des analyses tout en permettant de mener à bien les opérations de visualisation des résultats. La nature complexe des données spatiales relatives au réseau de transport d'Ali Mendjeli, les analyses de réseau, la génération d'isochrones et les analyses statistiques impliquées dans l'étude exigent l'utilisation d'outils performants pour une analyse et une communication efficace des résultats de la recherche.

## 5.1 Collecte des données

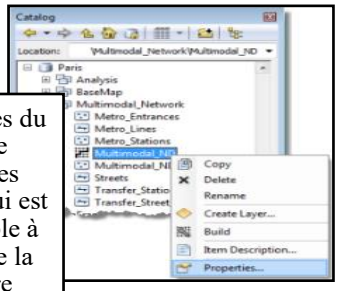
La modélisation de l'accessibilité nécessite la collecte de données spatiales et temporelles. Afin de garantir la précision et la fiabilité de ces données, une digitalisation du réseau de transport a été effectuée entre 2020 et 2022 à travers des enquêtes in situ :

### 5.1.1 Données spatiales :

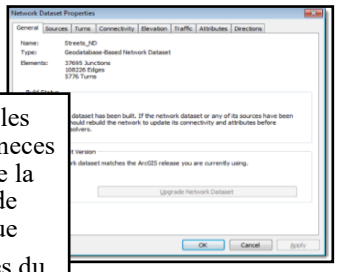
- **Réseau routier :** Obtenu à partir d'OpenStreetMap et mis à jour grâce aux enquêtes de terrain.



Nouveau jeu de données réseau qui est accessible à partir de la fenêtre Catalogue

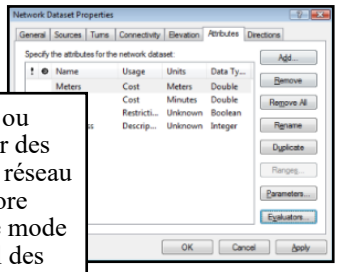


Propriétés du jeu de données réseau qui est accessible à partir de la fenêtre

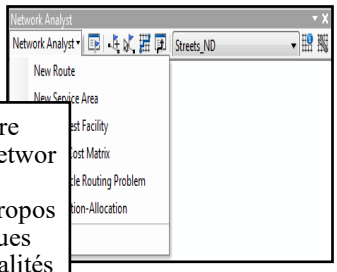


ajouter les Attributs neces saires de la boîte de dialogue

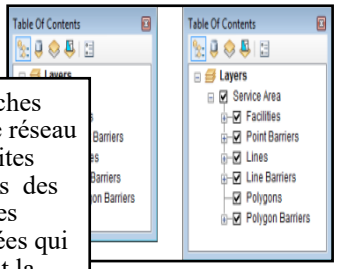
Propriétés du



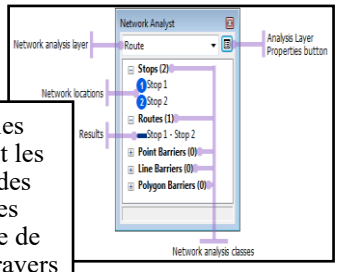
ajouter ou supprimer des attributs de réseau ou encore modifier le mode de calcul des valeurs d'attributs



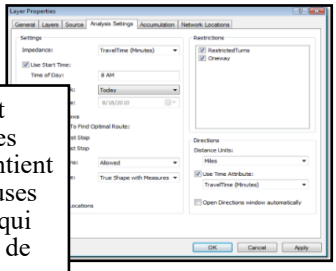
La barre d'outils Networ k Analyst propos e quelques fonctionnalités



Des couches d'analyse de réseau composites constituées des couches subordonnées qui facilitent la résolutions des



gérer les entrées et les sorties des couches d'analyse de réseau à travers



L'onglet Paramètres d'analyse contient de nombreuses propriétés qui permettent de définir un

- ***<u>Cartographie du réseau :</u>*** Pour l'analyse de réseau, l'importation simple de données OpenStreetMap dans ArcMap est insuffisante. La connectivité du réseau étant essentielle, il est nécessaire de créer un jeu de données réseau dans ArcCatalog à partir des entités de rues, permettant à ArcGIS Network Analyst d'analyser les itinéraires, les zones de desserte et l'allocation de ressources. L'extension ArcGIS Network Analyst a donc été utilisée pour modéliser le réseau de transport.

Quelques applications de l'analyse du réseau :

- Le chemin le plus court/ le chemin le plus rapide : La détermination du meilleur itinéraire, subjectif, dépend des préférences de l'utilisateur (rapidité, distance, coût). L'itinéraire optimal minimise l'impédance, définie par l'utilisateur. Pour ce faire, on utilise un attribut de coût du réseau (temps, distance, prix, contraintes de circulation) comme impédance. Ainsi, le trajet le plus rapide privilégiera le temps, tandis que le plus court minimisera la distance.

  Exemple : le trajet entre la gare multimodale et le centre commercial Sans Visa à Ali Mendjeli.

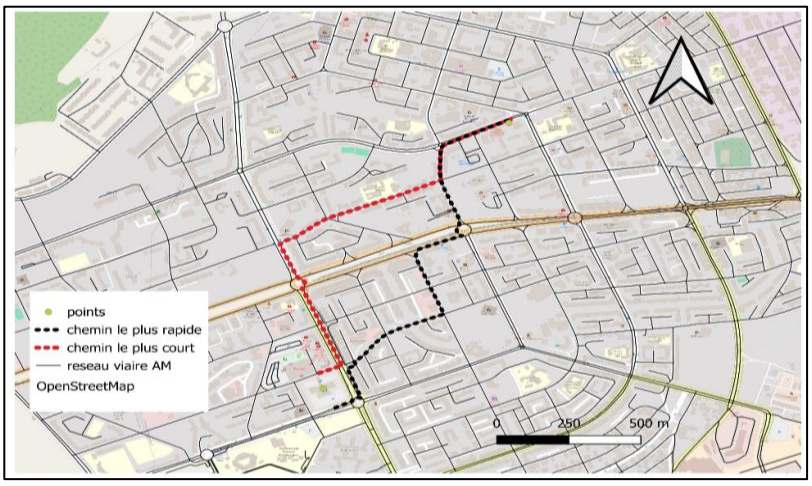



*Figure 5.1 le trajet entre la gare multimodale et le centre commercial Sans Visa à Ali Mendjeli, auteure 2024*

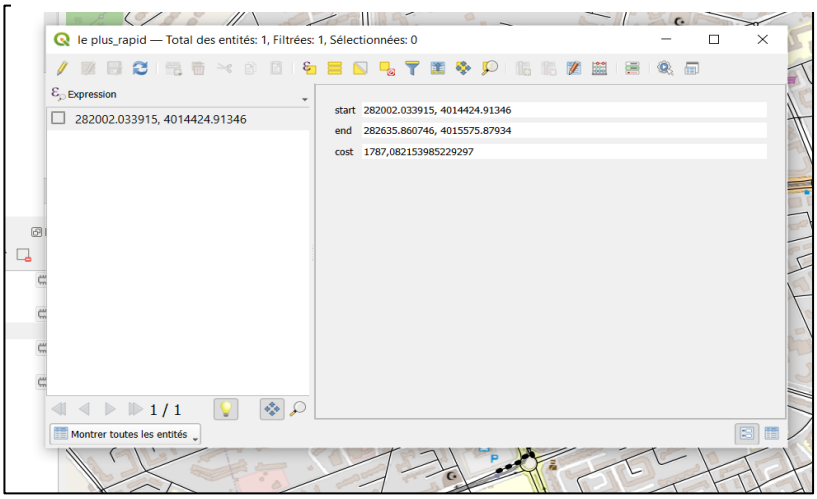



*Figure 5.2 Le trajet le plus rapide entre la gare multimodale et le centre commercial Sans Visa à Ali Mendjeli, auteure 2024*

Le trajet le plus rapide en se basant sur l'attribut de vitesse pour choisir le chemin le plus rapide, il se trouve qu'on doit traverser 1787 m avec une vitesse moyenne de 50 km/h, choisissant les voies qui assurent ce déplacement.

Le trajet le plus court on prend l'attribut de direction des voies qui assure un déplacement sur le chemin le plus court 1696 m.

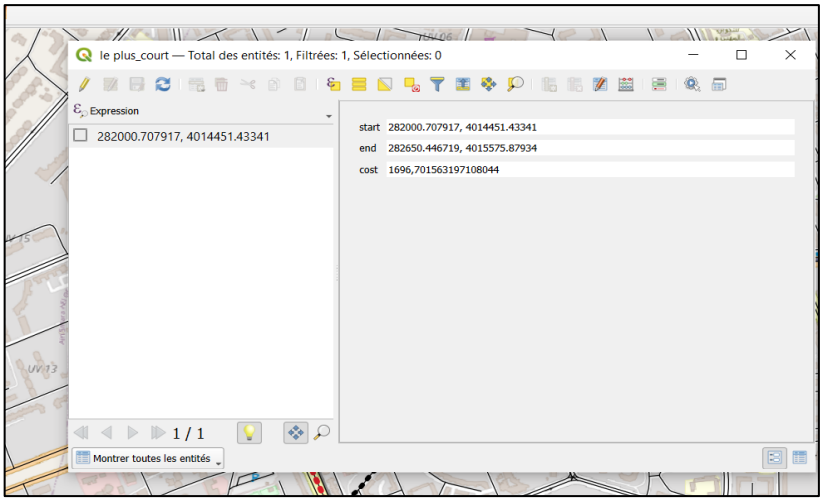



*Figure 5.3 : Le trajet le plus court entre la gare multimodale et le centre commercial Sans Visa à Ali Mendjeli auteure 2024*

- Evaluer l'accessibilité : Une façon simple d'estimer l'accessibilité d'un lieu est de mesurer la distance à laquelle il est accessible, en traçant un cercle autour de ce lieu. Par exemple, on pourrait déterminer le nombre de clients résidant à moins de 5 kilomètres du lieu en question. Cependant, cette méthode ne prend pas en compte la réalité du déplacement en voiture. L'outil Network Analyst permet de pallier cette limitation en tenant compte des routes accessibles par la voiture, et non pas simplement d'une distance en ligne droite. Ainsi, Network Analyst permet de créer des zones d'influence en fonction du réseau routier, et non du simple rayon autour d'un point. Ces zones d'influence permettent d'identifier, par exemple, les entreprises concurrentes qui se trouvent à moins de 5 minutes de route du lieu en question.

  Exemple : les équipements éducatifs accessible à 900 m autour d'un arrêt de transport en commun

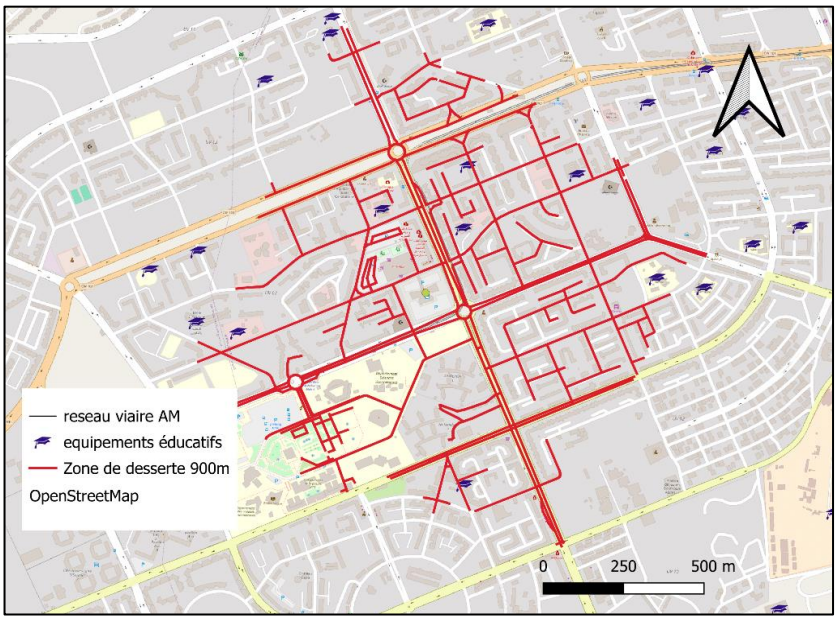



*Figure 5.4 les équipements éducatifs accessible à 900 m autour de la gare multimodale, auteure 2024*

❖ ***Configuration du réseau de voirie à l'échelle de la ville Ali Mendjeli :***

Selon la carte ci-dessous, le réseau de voirie au niveau de la ville Ali Mendjeli est classé comme suit :

- **Un réseau de contournement** : Ce réseau contourne le centre-ville, à travers des grandes voiries de liaison avec l'extérieur, et entre les principaux secteurs de la ville, l'objectif étant de contourner les contraintes naturelles. Il se compose de la RN N° 79 qui relie Constantine avec Batna et CW N° 101 qui traverse le boulevard de la ville Ali Mendjeli.
- **Un réseau de voies d'échanges ou les pénétrantes :** Le réseau viaire d'Ali Mendjeli se structure autour d'un système hiérarchisé : un boulevard principal de 3 km, axe central de la vie urbaine, doté d'une esplanade et d'une voie de service; un boulevard secondaire (2345 m), connectant le nord et le sud et desservant des équipements clés; et des voies primaires (30 m), à double chaussée, assurant la distribution entre les quartiers.
- **Un réseau de voies collectrices également appelées voies secondaires** : constituent un réseau de ramifications desservant les îlots résidentiels. Elles présentent une largeur variable, entre 8 et 12 mètres, et permettent de relier les îlots résidentiels au réseau routier principal.
- **Un réseau de voies tertiaires appelées aussi voies de dessertes** : assure la circulation au sein des îlots résidentiels.

- **Les carrefours** : Le réseau routier de la ville nouvelle d'Ali Mendjeli est traversé par un nombre important de carrefours, points névralgiques de la circulation urbaine. Cependant, l'absence de systèmes de gestion adéquats, notamment de feux tricolores synchronisés, entraîne des problèmes de congestion et d'inefficacité. La plupart des carrefours, y compris les ronds-points, sont mal gérés, conduisant à des situations de saturation et des goulots d'étranglement.

❖ ***Les accès de la ville Ali Mendjeli et leur connectivité avec le réseau extra-urbain***

Ali Mendjeli est connectée à son environnement par quatre points d'accès stratégiques qui influencent le trafic : deux vers l'est via la RN79 (vers l'autoroute et El Khroub), un vers l'ouest via le CW101 (vers Ain Smara) et un vers le nord-est à travers l'autoroute (accès à l'université). Cette configuration a un impact majeur sur la gestion du trafic et la connectivité régionale de la ville..

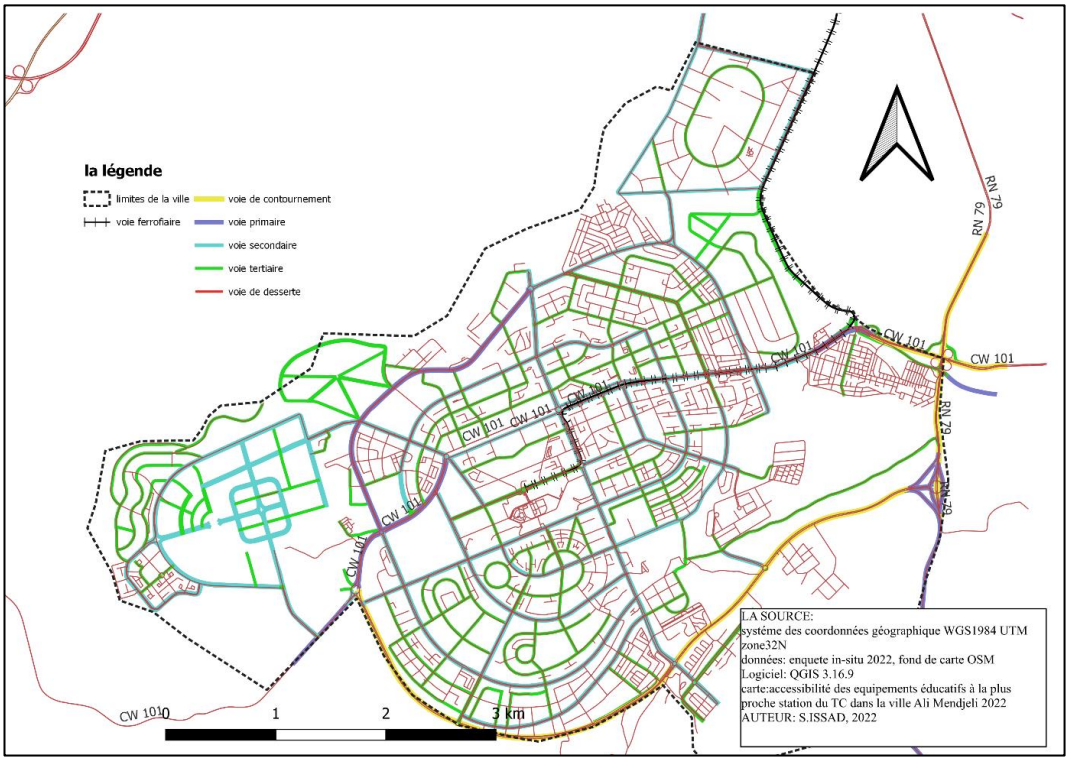



*Figure 5.5 Configuration du réseau de voirie à l'échelle de la ville Ali Mendjeli, auteure 2024*

**a/ Arrêts de bus- tramway** :

Une localisation précise des arrêts de bus élaborée via des relevés GPS lors des enquêtes de terrain a été une information qui nous a permis de compléter et corriger les données OpenStreetMap existantes.

*Tableau 5.1 les lignes du transport en commun et leurs fréquences, source : enquête 2024*

| Ligne | Direction | Fréquence |
|---|---|---|
| Tramway | Centre-ville Constantine- Gare bimodale Ali Mendjeli | 08 |
| Ligne 1 | Gare bimodale Ali Mendjeli – UV 21 | 15 |
| Ligne 2 | Station Kadri - UV21 | 18 |
| Ligne 3 | Station Kadri - UV20 | 18 |
| Ligne 4 | Gare bimodale Ali Mendjeli - Station Kadri | 18 |

**b/ Lignes de transport en commun :** Tracés des lignes de bus et données sur la fréquence et les horaires des passages obtenus par des enquêtes effectuées in situ. Ces données tiennent compte des modifications apportées au réseau de bus par suite de l'extension de la ligne de tramway.

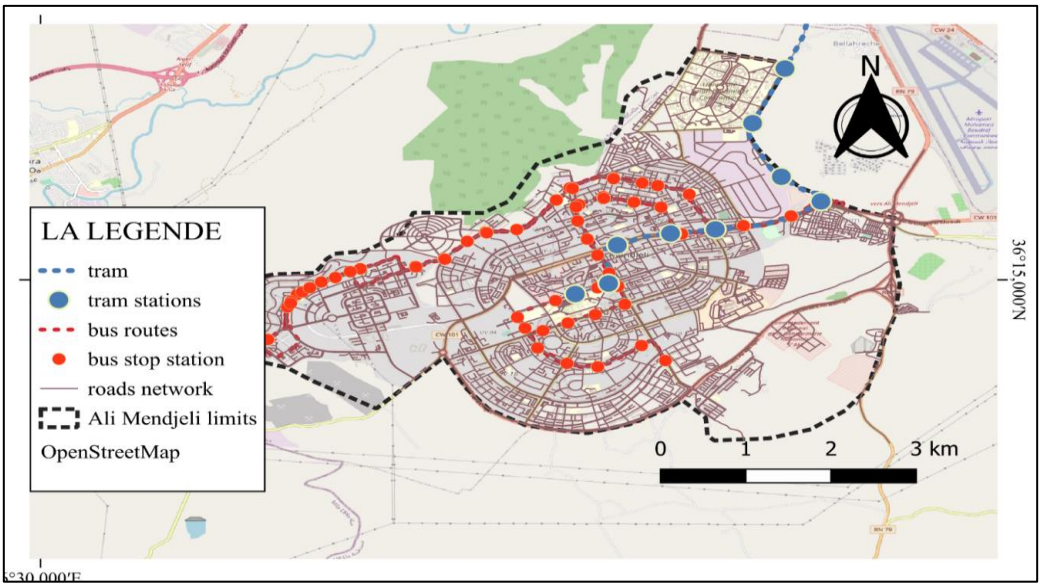



*Figure 5.6 les arrêts de bus et tramway dans la ville Ali Mendjeli, auteure 2024*

### 5.1.2 Données démographiques :

Ali Mendjeli, avec 415 250 habitants (2022) répartis sur 2441 hectares (21 UV, 4 Chemins, Ext-Sud), présente une répartition de population inégale. L'UV21 (15.5% - 70120 habitants) est la plus peuplée, suivie par l'UV5 (13.4% - 60555 habitants) et l'Ext-Sud (8.83% - 39870 habitants). L'UV12 est la moins peuplée (0.46% - 2100 habitants) en raison de la dominance de l'habitat individuel. L'UV04 (0.77% - 3500 habitants) est peu peuplée du fait de sa composition en équipements, tandis que les UV03, UV11 et ZAM sont exclusivement dédiées aux équipements.

Cette concentration de la population se traduit par une forte polarisation et une pression accrue sur certaines unités de voisinage, et s'explique par l'affectation des sols. L'université, la zone industrielle, les zones d'habitation et les zones d'équipements influencent la distribution de la population et la surface de chaque unité de voisinage.

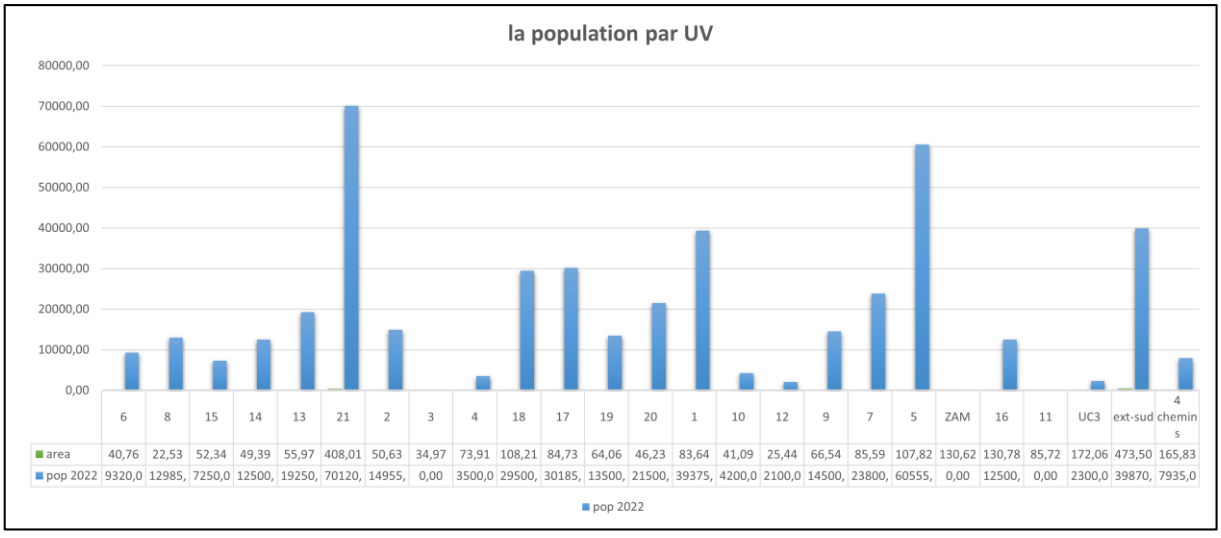



*Figure 5.7 population par unité de voisinage à Ali Mendjeli en 2022, source des données: EVANAM 2024 traitée par l'auteure*

La ville nouvelle d'Ali Mendjeli présente une distribution inégale de la population, caractérisée par une forte hétérogénéité de la densité, mesurée en nombre d'habitants par hectare. Cette disparité, comparable à la notion de masse volumique, met en évidence l'absence d'une gestion urbaine cohérente et planifiée.

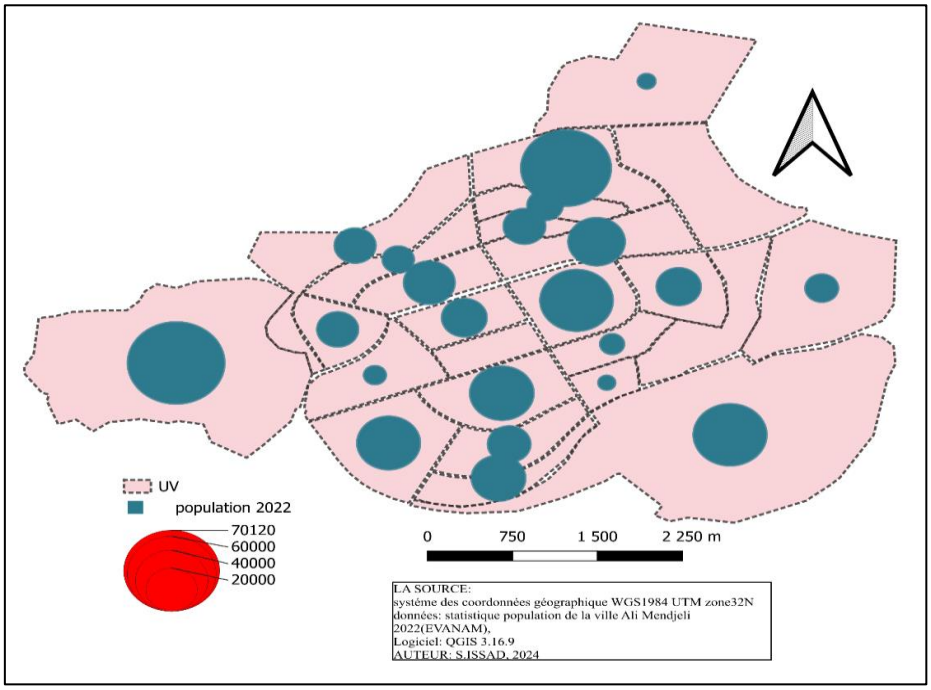



*Figure 5.8 la carte de la population par unité de voisinage à Ali Mendjeli en 2022, auteure 2024*

L'analyse de la densité révèle trois catégories distinctes :

- Forte densité (plus de 420 hab/ha) : Quatre unités de voisinage (UV01, UV05, UV08, UV20) affichent une concentration de population importante, l'UV08 se distinguant par la densité la plus élevée.
- Densité moyenne (entre 210 et 420 hab/ha) : Neuf unités de voisinage (UV02, UV06, UV07, UV09, UV13, UV14, UV17, UV18, UV19) présentent une densité moyenne.
- Faible densité (moins de 210 hab/ha): Les douze unités de voisinage restantes présentent une faible densité de population.

Cette disparité de densité est attribuable à plusieurs facteurs, notamment le type d'habitat, avec une concentration de logements collectifs et de tours dans certaines zones, tandis que d'autres sont dominées par des habitats individuels. De plus, la présence d'équipements et de services dans certaines unités de voisinage influe sur la densité de population, créant des zones moins habitées.

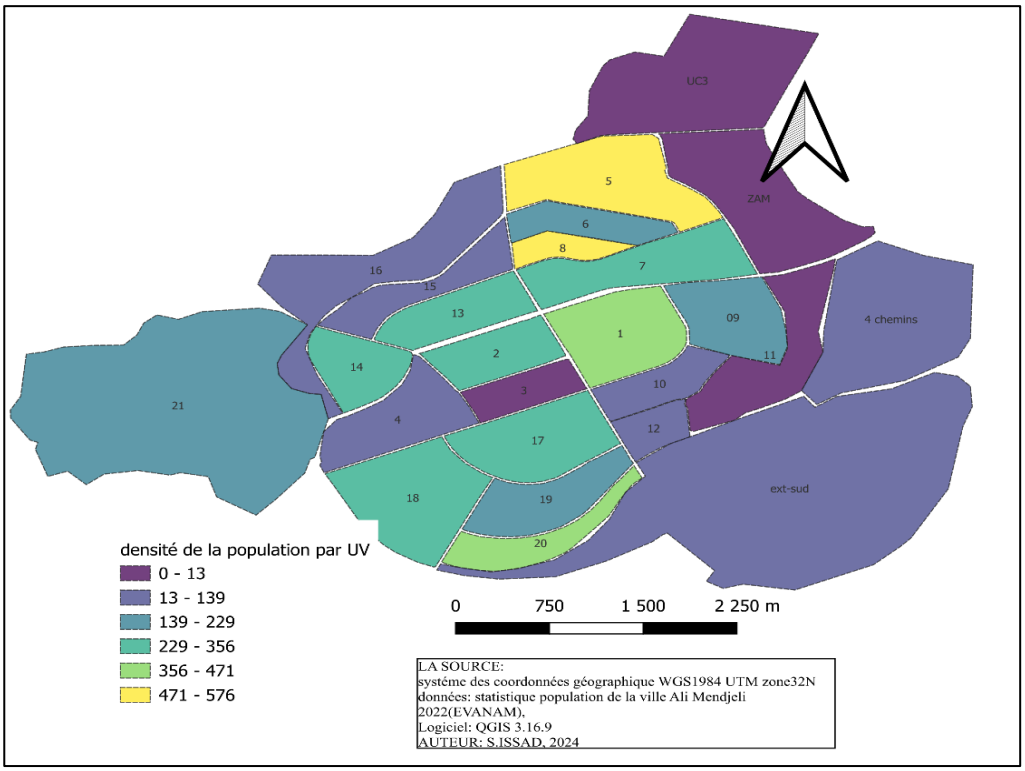



*Figure 5.9 la carte de la densité de la population à Ali Mendjeli en 2022, auteure 2024*

La disparité de densité de population à Ali Mendjeli a un impact direct et significatif sur l'accessibilité du transport en commun, créant des défis et des inégalités dans l'accès aux services.

Faible attractivité des lignes : Les zones à faible densité de population présentent une faible demande pour les transports en commun, rendant les lignes moins attractives et moins rentables pour les opérateurs. Cela peut entraîner des fréquences de service réduites, des trajets plus longs et des temps d'attente plus importants, dissuadant les habitants de ces zones d'utiliser les transports en commun.

Manque d'infrastructures : Les zones densément peuplées peuvent être mieux desservies en termes d'infrastructures de transport en commun, comme les arrêts, les gares et les stations, tandis que les zones à faible densité peuvent manquer de ces infrastructures, rendant l'accès au transport en commun difficile.

Concentration des services : Les services de transport en commun sont souvent concentrés dans les zones à forte densité, laissant les habitants des zones à faible densité marginalisées et dépendantes des moyens de transport individuels.

### 5.1.3 Données temporelles :

- Horaires de bus : Horaires de passage à chaque arrêt, collectés auprès de l'ETUSC pour le transport en commun publique et vérifiés par des observations terrain lors de la digitalisation du réseau, et collectés sur place pour les opérateurs privés.
- Temps de trajet : Calculé à partir du réseau routier digitalisé et des données de trafic, en utilisant des algorithmes de plus court chemin.

## 5.2 Logiciels SIG : ArcGIS Pro et QGIS

L'analyse de l'accessibilité par les transports en commun nécessite la manipulation et l'analyse de données spatiales. Les logiciels SIG (Systèmes d'Information Géographique) sont des outils essentiels pour ce type de travail. ArcGIS Pro et QGIS se distinguent parmi les logiciels SIG les plus utilisés et les plus puissants, offrant des alternatives performantes pour mener à bien des projets d'analyse spatiale.

### 5.2.1 ArcGIS Pro :

ArcGIS Pro (Esri), un SIG puissant, offre des fonctionnalités avancées pour l'analyse spatiale (réseau, PTAL, géostatistique, cartographie) et la gestion de données complexes. Son intégration avec OpenStreetMap (OSM) facilite l'utilisation de données détaillées sur le réseau routier et les transports. Le support technique et la communauté d'utilisateurs contribuent à la résolution de problèmes. Dans cette étude, ArcGIS Pro permet de : modéliser le réseau de transport pour calculer les temps de trajet ; générer des isochrones ; calculer le PTAL (Shah & Adhvaryu, 2016); et créer des cartes thématiques (PTAL, isochrones, densité, etc.).

### 5.2.2 QGIS

QGIS, logiciel SIG libre et open source, est une alternative gratuite et flexible à ArcGIS. Ses avantages incluent sa personnalisation, son interopérabilité avec d'autres logiciels et l'accès à son code source. Dans cette étude, QGIS peut être utilisé pour : modéliser le réseau de transport, calculer les temps de trajet, générer des isochrones, calculer l'indice PTAL, et créer des cartes thématiques (PTAL, isochrones, densité, usage des sols).

## 5.3 L’analyse spatiale : un regard sur le monde à travers le prisme de l'espace

L'analyse spatiale étudie la distribution, les relations et les interactions des phénomènes dans l'espace géographique. Utilisant des méthodes quantitatives, elle permet de modéliser

ces phénomènes et de comprendre les processus qui façonnent les territoires, les sociétés et les environnements.

### 5.3.1 Définitions de l'analyse spatiale par différents auteurs

L'analyse spatiale est un concept vaste et multidimensionnel, qui a été défini de diverses façons par différents chercheurs.

L'analyse spatiale, un champ multidimensionnel (Unwin, 2008; Openshaw & Alvanides, 1999), vise à comprendre les relations spatiales et les processus façonnant les territoires. Elle utilise des outils SIG (ArcGIS Pro, QGIS), des outils de géotraitement (calcul de distances), et des outils statistiques (R, SPSS) pour des applications variées : mesure des distances, analyse de réseaux, modélisation de la pollution, étude de la densité de population, de la répartition des commerces, de l'impact de l'urbanisation sur la biodiversité et la santé, de la criminalité, des politiques d'aménagement, des zones d'influence des hôpitaux, et de l'accès aux services publics.

### 5.3.2 L'Analyse Spatiale et les Transports en Commun

L'analyse spatiale est un outil essentiel pour comprendre et modéliser l'accessibilité aux transports en commun. Elle permet d'évaluer la distribution des services (Schürmann, 2004), d'analyser l'impact des infrastructures (Conesa, 2010; L'Hostis & Conesa, 2010), d'optimiser l'aménagement du territoire (Shah & Adhvaryu, 2016), et de mesurer l'accessibilité potentielle et réelle grâce au PTAL et aux isochrones (Transport for London, 2010; Litman, 2012).

### 5.3.3 Exemples d'Études Scientifiques sur l'Accessibilité et les Transports en Commun

Voici quelques exemples concrets d'études scientifiques qui illustrent l'utilisation de l'analyse spatiale pour mesurer l'accessibilité et le transport en commun :

- Étude de l'impact du réseau de transport en commun sur la densité de population et le développement urbain : L'étude de Berry (1960) analyse la relation entre le réseau de transport en commun et la croissance des villes aux États-Unis. Il utilise l'analyse spatiale pour montrer que la présence d'un réseau de transport en commun performant attire les populations et favorise le développement urbain. Il identifie des zones d'influence autour des centres urbains et analyse comment la présence de ces centres influence la densité de population et la croissance des villes.(Berry, 1960)

- Étude de l'accessibilité aux transports en commun dans les villes polycentriques : L'étude de (L'Hostis & Conesa, 2010) examine l'accessibilité intermodale dans les villes polycentriques. Elle utilise l'analyse spatiale pour déterminer comment les différents modes de transport (bus, train, métro) s'intègrent dans un système de transport multimodal et comment cette intégration influence l'accessibilité aux services et aux opportunités dans les villes.
- Étude d'impact de la congestion routière sur l'accessibilité aux transports en commun : L'étude de (Schürmann, 2004) se focalise sur l'impact de la congestion routière sur l'accessibilité aux transports en commun dans les villes européennes. Elle utilise l'analyse spatiale pour identifier les zones les plus touchées par la congestion, les zones les plus difficiles d'accès en transport en commun, et les zones où les temps de trajet sont les plus longs.

### 5.3.4 L'Analyse Spatiale et la COVID-19

La pandémie de COVID-19 a mis en évidence l'importance de l'analyse spatiale pour comprendre les dynamiques de l'épidémie et pour élaborer des stratégies de lutte efficaces. L'analyse spatiale a été utilisée pour :

- Modéliser la propagation de l'épidémie : Des modèles spatiaux ont été utilisés pour prédire la propagation de l'épidémie de COVID-19 en fonction des données sur les cas confirmés, la mobilité de la population, et les facteurs socio-économiques. (Liu et al., 2020)
- Évaluer l'impact des mesures de confinement : L'analyse spatiale a permis d'étudier l'impact des mesures de confinement sur la mobilité des populations, la propagation de l'épidémie, et l'accès aux soins. (Barthelemy, 2019)
- Optimiser les stratégies de vaccination : L'analyse spatiale a été utilisée pour identifier les zones prioritaires pour la vaccination, en fonction de la densité de population, de la vulnérabilité aux impacts du COVID-19, et de l'accès aux soins.
- Étudier l'impact des fermetures de frontières sur l’accessibilité : L'analyse spatiale a été utilisée pour évaluer l'impact des fermetures de frontières sur l'accessibilité aux services et aux opportunités, en particulier pour les personnes ayant besoin de se déplacer à l'international.

## 5.4 Justification du choix des méthodes « PTAL » et « isochrones » pour modéliser l'accessibilité du transport en commun

L'évaluation de l'accessibilité aux transports en commun, composante fondamentale d'une planification urbaine orientée vers la durabilité, nécessite des outils méthodologiques adaptés à la complexité des systèmes de transport. L'indice PTAL et les isochrones, deux méthodes complémentaires fréquemment mobilisées, offrent des perspectives distinctes. Ce chapitre justifie le choix de ces instruments pour la modélisation de l'accessibilité dans la ville d'Ali Mendjeli, en explicitant leurs atouts respectifs et leur capacité à se compléter mutuellement.

### 5.4.1 Choisir la bonne mesure d'accessibilité : un défi pour la planification

Le choix d'une mesure d'accessibilité adéquate est fondamental pour évaluer les plans d'aménagement et de transport(Levinson, 2003). Il existe une multitude de mesures, chacune ayant ses propres avantages et inconvénients. Pour choisir la mesure optimale, plusieurs critères doivent être considérés :

*Critères de performance :*

Une mesure d'accessibilité performante doit répondre à des critères de précision, de combinabilité, de simplicité, de clarté, de prédictibilité et d'utilité réglementaire, offrant ainsi une vision globale du système de transport et reflétant la perception des usagers et des planificateurs.

*Fondements théoriques :*

Une mesure d'accessibilité pertinente doit reposer sur des fondements théoriques solides, reflétant la complexité des comportements de déplacement et les interactions entre l'offre de transport, les opportunités, et les contraintes individuelles. Sa validité exige la prise en compte des horaires, des possibilités de déplacement, et des limitations personnelles. La fiabilité est assurée par le respect de règles théoriques garantissant la cohérence entre l'offre, les opportunités et l'accessibilité réelle. (K. T. Geurs & Van Wee, 2004)

*Communication et Interprétation :*

L'utilité d'une mesure d'accessibilité réside dans sa compréhension et son interprétation aisées par tous les acteurs (Koenig, 1980). Sa clarté et sa simplicité doivent refléter la perception de l'environnement par les usagers. La diffusion des résultats doit être concise (classement, comparaison, valeur monétaire), favorisant ainsi l'adhésion, la compréhension des enjeux de mobilité, et des décisions d'aménagement éclairées .(Bertolini, Le Clercq, & Kapoen, 2005)

*Exigences en Matière de Données :*

Le choix d'une mesure d'accessibilité dépend de la disponibilité des données. Si les modèles individuels, pertinents pour évaluer les contraintes personnelles, sont limités par leurs exigences en données, de nouvelles sources (modèles d'activités, enquêtes origine-destination, GPS) offrent des perspectives. La robustesse des modèles est également déterminante, la précision des mesures reposant sur des données complètes et fiables..(K. Geurs, 2006)

*Indices Économiques, Sociaux et de Durabilité :*

L'évaluation de l'accessibilité, au-delà des aspects techniques, requiert une intégration des dimensions économique (surplus du consommateur) (K. T. Geurs & Van Wee, 2004), sociale (accès aux services essentiels) (Apparicio, Cloutier, & Shearmur, 2007; Talen, 2001) et environnementale (mobilité active, densité) (Bertolini et al., 2005). Cette méthode multidimensionnelle permet d'orienter les décisions d'aménagement vers un développement durable, équitable et économiquement viable.

### 5.4.2 L'Indice PTAL : mesurer l'accès potentiel aux services et aux opportunités

L'indice d'accessibilité aux transports en commun, plus connu sous le nom de PTAL (*Public Transport Accessibility Level*) a été développé par *Transport for London* (TFL), l'autorité organisatrice des transports en commun londoniens, avec l'objectif de rendre les décisions d'investissement en infrastructures de transport plus transparentes pour les citoyens.(Wu & Hine, 2003)

Le PTAL (Public Transport Accessibility Level), indicateur spatial de la densité de desserte des transports publics, évalue l'accessibilité en tenant compte de la distance à pied, de la fiabilité, de la fréquence, et du temps d'attente. Présenté sous forme d'un barème (0 à 6b), il est calculé en six étapes distinctes à partir des données de fréquence, de distances aux arrêts et des temps de marche.(Adhvaryu et al., 2019)

- **Avantages de la PTAL :** La méthode PTAL, simple et applicable, permet la comparaison interzone de l'accessibilité potentielle, l'identification des zones à faible accès, l'intégration dans les SIG pour l'analyse spatiale, et offrant une vision globale des disparités et orientant les politiques d'aménagement et d'investissement.

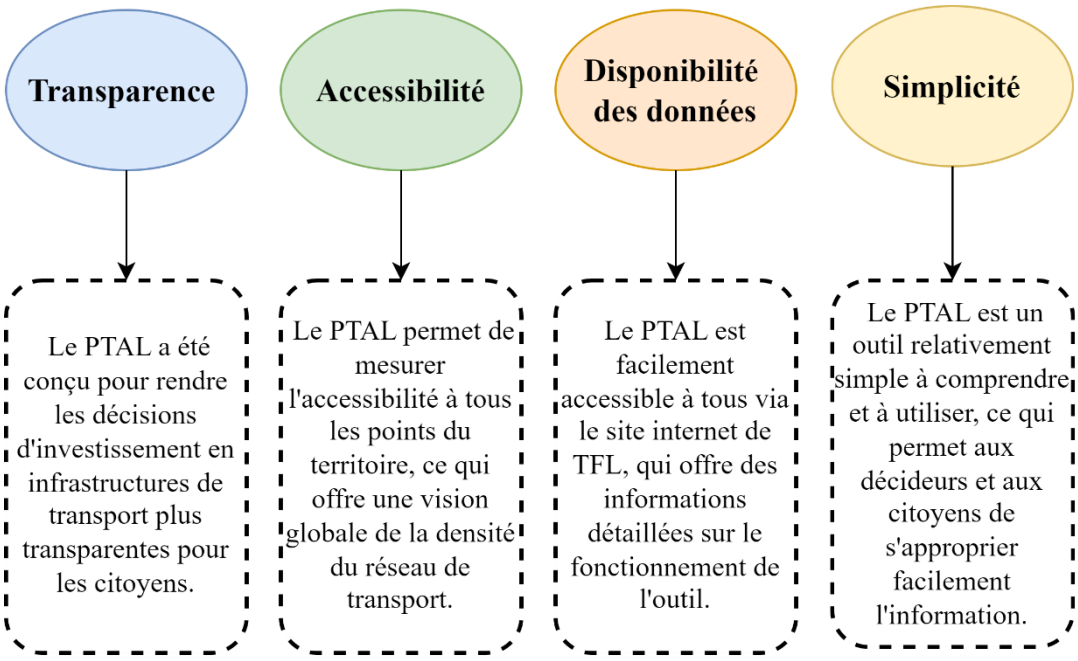



*Figure 5.10 : Les avantages du PTAL, source auteure2024*

- ***Limites de la PTAL** : Le PTAL présente des limites : il ne tient pas compte des temps de trajet réels, pouvant surestimer l'accessibilité en cas de temps longs ou de réseaux peu efficaces, et il ne reflète pas la connectivité du réseau, pouvant mener à une surestimation en cas de mauvaises interconnexions.*

### 5.4.3 La méthode Isochrones : visualiser l'accessibilité temporelle

La méthode isochrone utilise la notion de temps de trajet réel pour délimiter les zones accessibles depuis un point d'origine donné. Elle permet de comprendre l'accessibilité en fonction du temps, et non pas seulement de la distance, en tenant compte de la connectivité du réseau de transport, des limitations de vitesse et des temps d'attente. C'est une méthode particulièrement utile pour visualiser les disparités d'accès entre les différents quartiers et identifier les zones qui sont difficilement accessibles en un temps raisonnable.(O'Sullivan et al., 2000)

- **Avantages des Isochrones :** Les isochrones offrent : une visualisation intuitive de l'accessibilité temporelle ; la prise en compte des temps de trajet réels ; une analyse multimodale ; l'identification des zones d'influence, et offrant ainsi des informations précieuses pour l'aménagement du territoire.
- **Limites des Isochrones :** Les limites des isochrones résident dans leur sensibilité aux variations de vitesse et de trafic, ce qui affecte la précision, et dans leur incapacité

à intégrer d'autres facteurs tels que la fréquence, la disponibilité, le coût, et la présence d'obstacles.

### 5.4.4 La méthode combinée PTAL-Isochrones : une analyse multidimensionnelle de l'accessibilité

L'utilisation conjointe du PTAL et des isochrones permet de dépasser les limites de chaque méthode et d'obtenir une analyse multidimensionnelle de l'accessibilité du transport en commun (Curtis & Scheurer, 2010). Le PTAL offre une mesure globale de l'accès potentiel, tandis que les isochrones apportent une perspective spatiale et temporelle de l'accès réel.

- **Avantages de la méthode combinée :** elle permet : d'identifier les disparités entre accès potentiel et réel, soulignant les problèmes de connectivité ; de comprendre les facteurs d'influence (densité, configuration, socio-économie) ; et de formuler des recommandations ciblées pour améliorer l'accessibilité et répondre aux besoins spécifiques des usagers.
- **La Valeur du Choix Combiné :** Le choix combiné des méthodes PTAL et isochrones, justifié par leur complémentarité, permettra à Ali Mendjeli : d'évaluer l'accès potentiel et réel; d'identifier les zones à faible accessibilité et leurs facteurs d'influence; et de formuler des recommandations pour améliorer la qualité et l'accessibilité des transports, contribuant ainsi à une mobilité durable et à une meilleure qualité de vie.

.

## 5.5 Le cadrage théorique de la modélisation de l'accessibilité par le transport en commun : une méthode combinée PTAL et isochrones

L'accessibilité aux transports en commun, composante déterminante du développement urbain durable, contribue à l'intégration sociale, à la qualité de vie et à l'accès équitable aux services. Pour la comprendre et la favoriser, une modélisation rigoureuse est nécessaire. Cette recherche propose une méthodologie pour Ali Mendjeli, combinant la PTAL et les isochrones, afin d'évaluer l'accès potentiel et réel aux services et opportunités en tenant compte des particularités du territoire.

### 5.5.1 La phase de génération : Définition des objectifs, des enjeux et du modèle

La phase de conception de la modélisation de l'accessibilité du transport en commun vise à :

- Évaluer la capacité du réseau existant d'Ali Mendjeli à répondre aux besoins de mobilité
- Dimensionner les services et infrastructures ;
- Identifier les zones à faible accessibilité et leurs facteurs ;
- Formuler des recommandations pour améliorer l'accès et réduire les inégalités ;
- Établir si le modèle peut servir d'outil d'aide à la décision.

Les enjeux incluent : la croissance rapide, l'intégration du tramway, les disparités spatiales, et le manque de données.

La modélisation, basée sur une combinaison de la PTAL et des isochrones, doit simplifier la réalité pour comprendre les relations systémiques, et simuler l'impact des choix de transport sur la ville au-delà de la simple prévision de la demande. Elle utilisera les outils SIG (ArcGIS Pro ou QGIS), SPSS, Google Earth, OpenStreetMap, et des données collectées sur le terrain.

### 5.5.2 Recueil et analyse d'informations :

La collecte et l'analyse d'informations impliquent :

- **Formatage, cohérence et nettoyage des données** : conversion en formats SIG (ArcGIS ou QGIS), vérification des systèmes de coordonnées et correction des erreurs.
- **Données spatiales** : Le réseau routier (OpenStreetMap, Network Analyst), les arrêts de bus-tramway (relevés GPS via GPS Waypoints), les lignes de transport (enquêtes in-situ via GPS Waypoints), la densité de population (ONS, EVANAM) et les équipements (OpenStreetMap, Google Earth).
- **Données temporelles** : Les horaires et fréquences (enquêtes in-situ) et les temps de trajet (analyse de réseau SIG et enquêtes).
- **Validation des données** : Vérification de la cohérence, correction des erreurs et mise à jour des données.

### 5.5.3 Construction de la base de données géographiques (BDG)

La construction de la Base de Données Géographiques (BDG) implique la création de couches thématiques dans un SIG : réseau routier (type, sens, vitesse), arrêts de bus-tramway (coordonnées, temps d'attente, fréquence), lignes de transport (tracé, sens, nom, longueur), données démographiques (densité, répartition) et usage des sols (équipements, habitation, terrain vide, loisir). Chaque entité est associée à des attributs spécifiques, et l'intégrité des données est vérifiée entre les couches.

### 5.5.4 Modélisation du réseau de transport en commun

La modélisation du réseau de transport en commun est effectuée en créant un graphe de réseau : les arrêts de bus sont les nœuds et les tronçons de lignes, les arcs, avec des temps de trajet moyens. Les points de correspondance bus-tramway sont intégrés. Le réseau est configuré pour l'analyse, en tenant compte des spécificités d'Ali Mendjeli (sens unique, limitations de vitesse).

### 5.5.5 Calcul de l'indice PTAL

Une fois que l'ensemble des données est intégré dans un SIG, il est nécessaire de suivre plusieurs étapes distinctes pour calculer l'indice d'accessibilité (AI) de chaque zone d'étude. Ce processus, qui repose sur des calculs mathématiques, comprend six étapes distinctes. Le PTAL, qui représente la classification de l'AI, permet de rendre cet indicateur plus facile à comprendre et à utiliser. Le schéma suivant illustre ce processus, sans entrer dans le détail des calculs mathématiques.

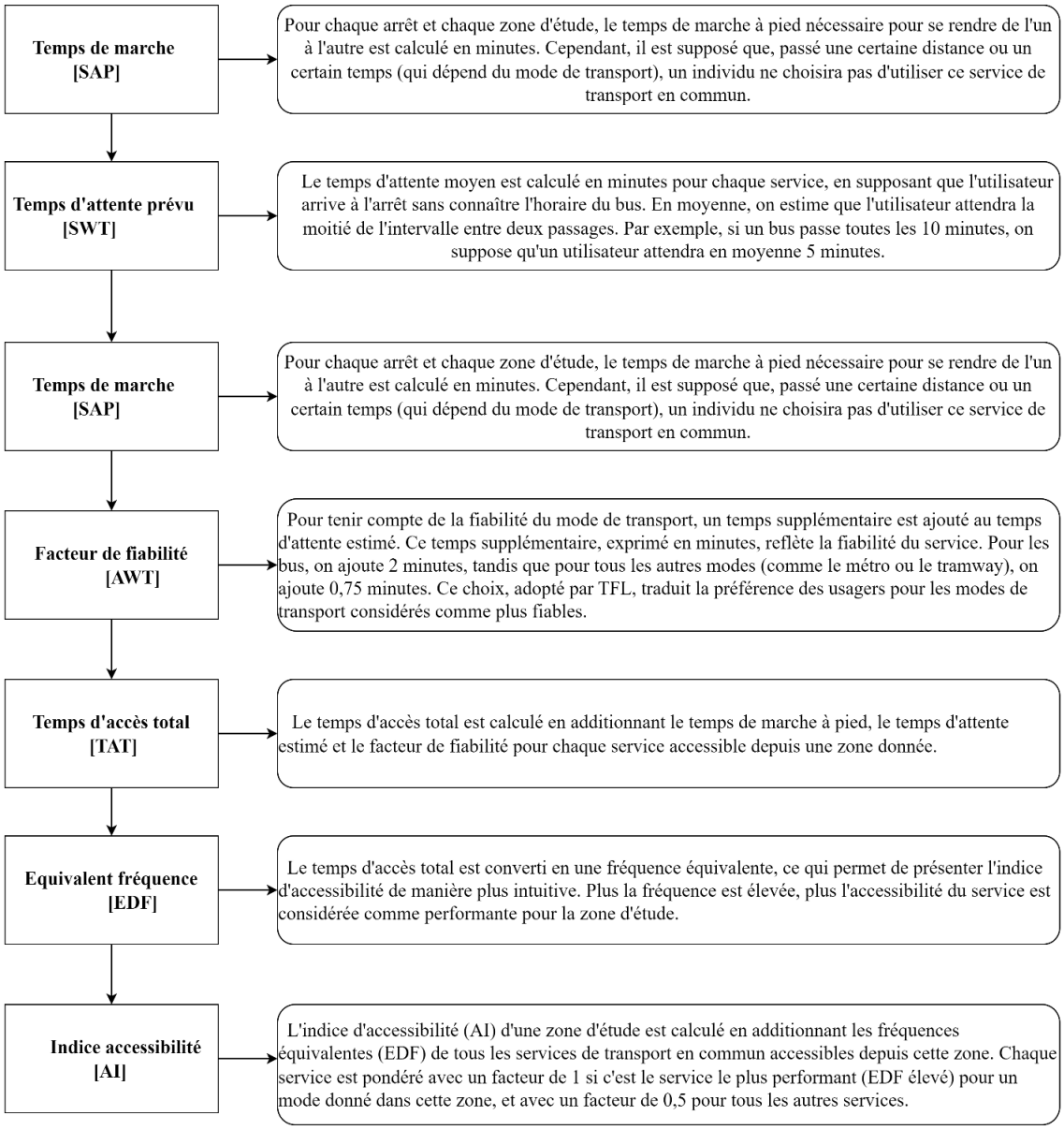



*Figure 5.11 Étapes de calcul de l'indice d'accessibilité - PTAL : une construction mathématique, auteure 2024*

Ce schéma de construction de l'indice d'accessibilité (AI) s'appuie sur deux principes clés :

- Prise en compte du temps de marche : Le passage en fréquence implique une pondération qui vise à simuler un scénario où le temps de marche est négligeable. On considère que le temps d'accès total est réparti de manière égale entre le temps de marche et la fréquence de service.

- Préférence pour les services performants : La pondération de l'indice d'accessibilité reflète la préférence des habitants pour les lignes les plus fréquentes et les plus performantes. On attribue un poids plus important aux services les plus performants pour chaque mode, en

tenant compte de l'équivalent fréquence (EDF), qui est calculé en fonction du temps d'accès total.

- Mathématiquement, les étapes de calcul de l'AI sont les suivantes :

1- SAP= [distance à parcourir jusqu'au service (en mètres) / vitesse de marche à pieds (en m/s)] / 60 (passage en minutes)

2- SWT: Calcul du temps d'attente moyen en minutes, SWT = 0,5 * fréquence de passage du service (en minutes)

3- AWT: Ajout d'un facteur de fiabilité K au SWT, 2 minutes pour les bus et 0,75 minutes pour les modes lourds.

Soit : $AWT = 0.5 \cdot {}^{60}/_{f} + K$

4- TAT : Calcul du temps d'accès total en additionnant le temps de marche, le temps d'attente et le facteur de fiabilité.

Soit : $TAT = WT + AWT$

5- EDF : Conversion du TAT en fréquence équivalente (EDF) en divisant 30 par le TAT

Soit : $$EDF = \frac{30}{TAT}$$

6- AI mode, entité : Calcul de l'indice d'accessibilité pour chaque mode sur chaque entité, en utilisant la valeur maximale de l'EDF et la somme des EDF pondérées.

$$AI_m = EDF_{max} + 0.5 \cdot \sum_{all\ other\ routes} EDF$$

AI pour le transport en commun : Calcul de l'indice d'accessibilité final pour chaque entité, en additionnant les AI mode, entité.

$$AI_{POI} = \sum_{m} AI_m$$

| PTAL | Access Index range | Map colour |
|---|---|---|
| 0 (worst) | 0 | |
| 1a | 0.01 – 2.50 | |
| 1b | 2.51 – 5.0 | |
| 2 | 5.01 – 10.0 | |
| 3 | 10.01 – 15.0 | |
| 4 | 15.01 – 20.0 | |
| 5 | 20.01 – 25.0 | |
| 6a | 25.01 – 40.0 | |
| 6b (best) | 40.01+ | |

*Figure 5.12 Transformation de l'Indice d'Accessibilité en PTAL et couleur correspondante sur une carte (Source : TFL)*

L'obtention de l'AI pour chaque entité permis de construire une carte de l'accessibilité aux transports en commun, en utilisant une échelle de couleurs. La figure suivante représente la catégorisation de l'AI en fonction du PTAL, selon les guidelines de *Transport for London*.

Cette distribution inégale des intervalles s'explique par la nature de la fonction inverse qui est utilisée dans la construction de l'indicateur. En assignant une couleur à chaque entité, il est possible de construire une carte représentant spatialement les niveaux d'accessibilité aux transports publics sur le territoire d'étude. La figure ci-dessous présente la cartographie du PTAL pour le Grand Londres, en utilisant le code couleur défini par *Transport for London*.

.

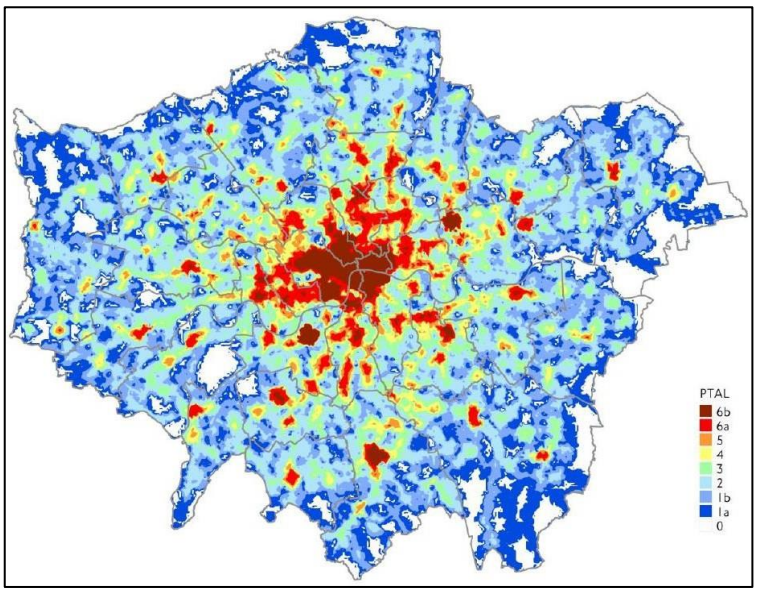



*Figure 5.13 Représentation cartographique du PTAL pour le Grand Londres (Source : TFL)*

### 5.5.6 Génération des Isochrones

Les cartes isolignes, qui regroupent les points ayant la même distance par rapport à une origine fixe, peuvent ainsi mettre en évidence des températures identiques (isothermes), des altitudes identiques (isohypses), des coûts identiques (isovales) ou des temps de parcours identiques (isochrones).

Les cartes isochrones sont particulièrement utiles pour analyser la diffusion d'un phénomène dans le temps. Par exemple, pour étudier la propagation d'un virus, d'une innovation ou d'un tsunami, on utilise généralement une carte isochrone centrée sur l'épicentre du phénomène. Les courbures de l'isochrone, qui présentent des amplitudes égales, permettent de visualiser l'avancée du phénomène dans le temps.

La première carte isochrone a été publiée par Francis Galton en 1881, qui présentait le temps de parcours en jours depuis Londres jusqu'aux autres régions du globe.

Les cartes isochrones représentent des zones géographiques délimitées par des courbes qui relient des points d'observation ayant la même distance ou le même temps de trajet depuis un point d'origine. Ces courbes sont tracées à l'aide de méthodes d'interpolation, qui permettent de relier les points d'observation et de créer une représentation continue des zones d'accès.

Le choix de la méthode d'interpolation utilisée pour créer une carte isochrone aura un impact important sur la qualité et la précision des résultats. Il existe deux types de méthodes d'interpolation :

- Méthodes déterministes : Ces méthodes, comme la méthode de la distance inverse pondérée, du plus proche voisin et des splines, s'appuient sur des calculs mathématiques pour interpoler les données.
- Méthodes statistiques : Ces méthodes, comme le krigeage, prennent en compte la variabilité spatiale des données et utilisent des modèles statistiques pour l'interpolation.

La forme des isochrones varie selon le mode de transport. Les isochrones pour les transports en commun, contraints par les lignes, les arrêts et les horaires, ont généralement une forme circulaire, créant des « îles isochrones » centrées sur les arrêts ou les stations. À l'inverse, les isochrones pour les transports en voiture, qui peuvent emprunter toutes les routes, ont une forme plus allongée qui suit le tracé des routes.

- Définition des temps d’accès : Choisir les temps d'accès (ex: 5, 10, 15, 20 minutes) pour la génération des isochrones.

- Utilisation de l'outil *« Service Area »* : Utiliser l'outil "Service Area" du logiciel SIG pour générer les isochrones autour de chaque arrêt de bus, en utilisant le graphe de réseau configuré précédemment.

- Représentation des isochrones : Visualiser les isochrones sur la carte du SIG en utilisant des couleurs et des symboles distinctifs pour chaque temps d'accès.

La méthode isochrone offre un outil précieux pour visualiser l'accessibilité en fonction du temps et pour comprendre les disparités d'accès. Cependant, il est important de tenir compte de ses limitations et de l'intégrer à des analyses plus complètes qui prennent en compte d'autres facteurs pour une évaluation plus exhaustive de l'accessibilité aux transports en commun. (Centre d’études et d’expertise sur les risques, l’environnement, la mobilité et l’aménagement Cerema, 2015)

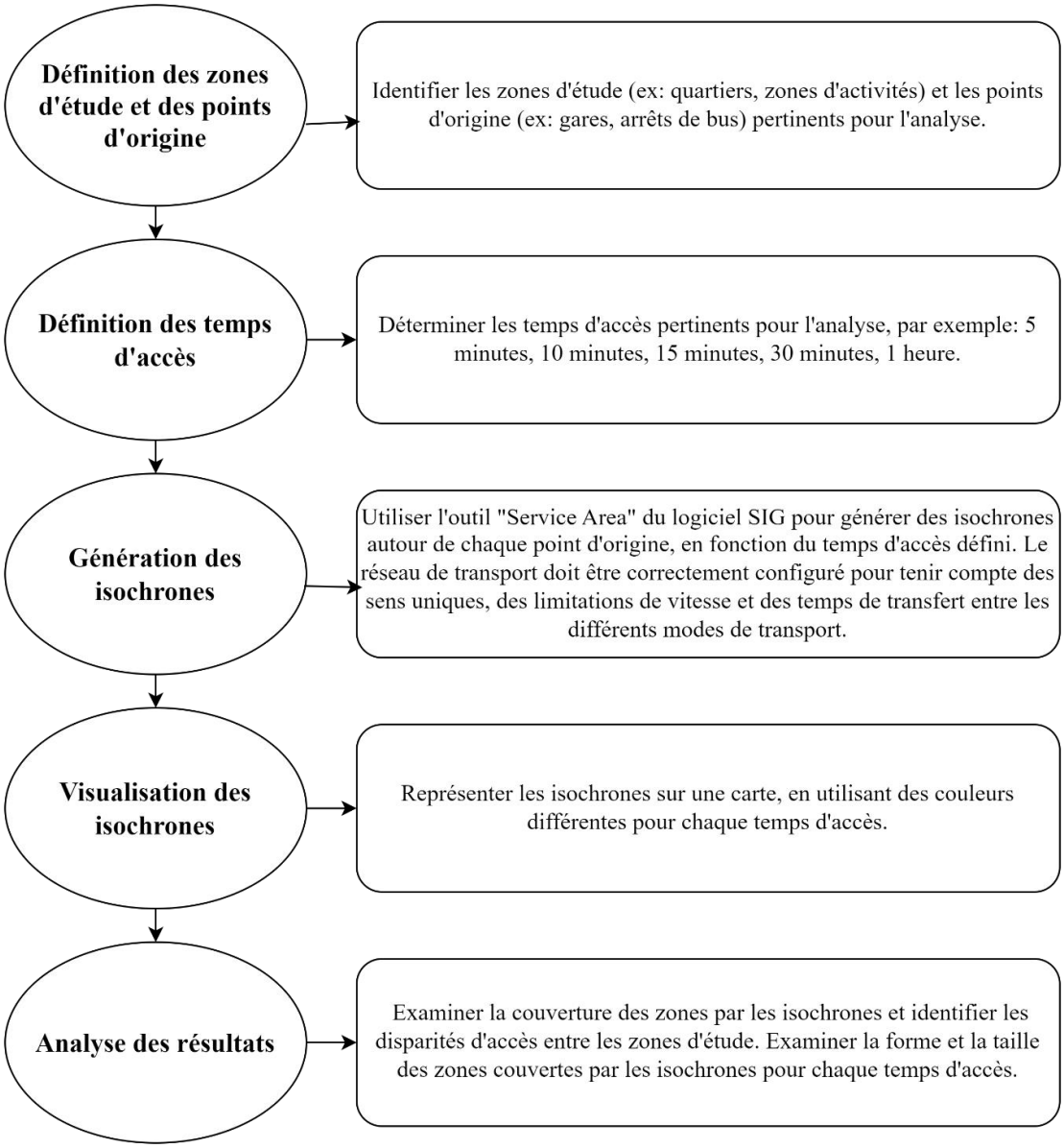



*Figure 5.14 Étapes de calcul de l'accessibilité par le transport en commun en utilisant la méthode isochrones, source : auteure 2024*

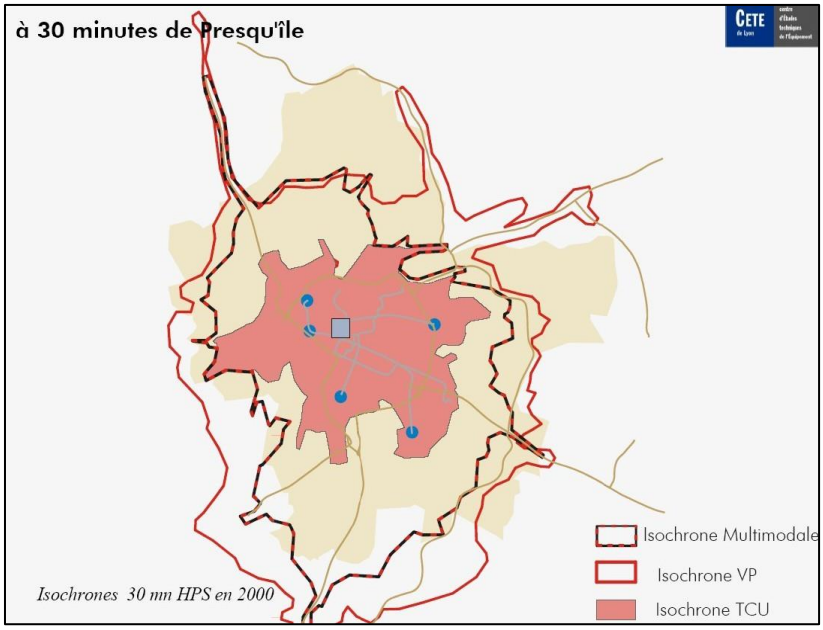



*Figure 5.15 Zones d'accessibilité en 30 minutes depuis le centre de Lyon (2000), source : Cerema*

La courbe isochrone, qui représente les zones atteignables en un temps donné, n'est pas en soi un indicateur numérique d'accessibilité. Cependant, on peut en déduire un indicateur en comptant le nombre d'opportunités, comme les emplois, présentes à l'intérieur de cette courbe.

L'indicateur « isochrone » est alors défini par : $A_i = \sum_{j / d_{ij} < X} O_j$

- $i$, la zone d'origine ;
- $j$, la zone de destination du déplacement réalisé par un individu depuis la zone $i$ ;
- $X$, le coût maximum de déplacement acceptable ;
- $A_i$, l'accessibilité des individus localisés dans la zone $i$ ;
- $O_j$, le volume d'opportunités de la zone $j$ ;
- $d_{ij}$, le coût (distance, temps ou coût généralisé) de déplacement entre la zone $i$ et lazone $j$.

### 5.5.7 Analyse spatiale des résultats

L'analyse spatiale des résultats implique :

- La cartographie thématique du PTAL : Identification des zones à forte et faible accessibilité.

- L'analyse des isochrones : Identification des zones couvertes en fonction du temps d'accès et des disparités entre les unités de voisinage.
- L'étude des corrélations : Analyse des liens entre le PTAL, les isochrones et d'autres données spatiales (densité, usage des sols).
- L'identification des facteurs qui impactent positivement et négativement l'accessibilité.

### 5.5.8 Visualisation et communication

- Cartes synthétiques :

Créer des cartes qui combinent les informations du PTAL, des isochrones et des facteurs d'influence clés pour une représentation claire et concise des résultats.

- Tableaux et graphiques :

Présenter les résultats statistiques sous forme de tableaux et graphiques pour faciliter la compréhension des corrélations et des relations entre les variables.

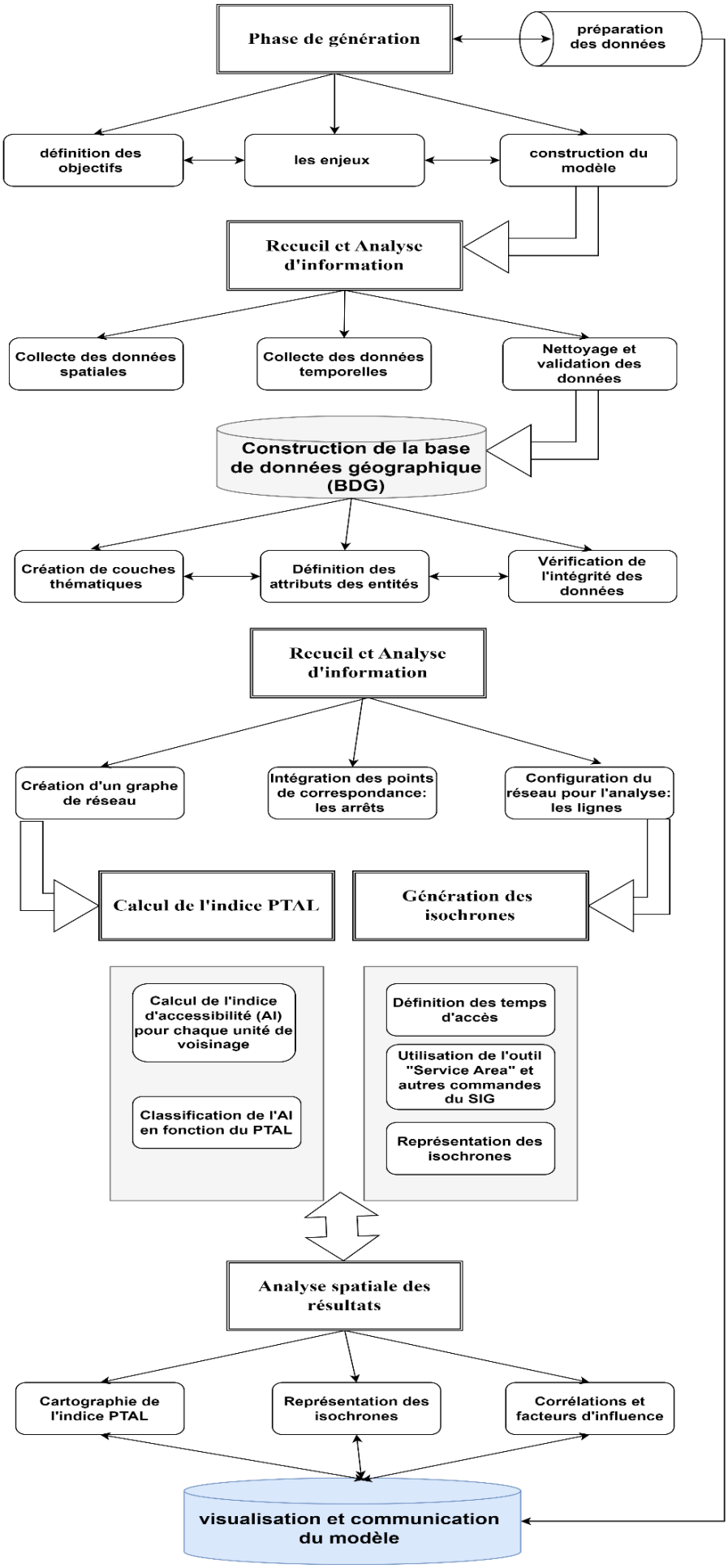

Phase de génération
préparation des données
définition des objectifs
les enjeux
construction du modèle
Recueil et Analyse d'information
Collecte des données spatiales
Collecte des données temporelles
Nettoyage et validation des données
Construction de la base de données géographique (BDG)
Création de couches thématiques
Définition des attributs des entités
Vérification de l'intégrité des données
Recueil et Analyse d'information
Création d'un graphe de réseau
Intégration des points de correspondance: les arrêts
Configuration du réseau pour l'analyse: les lignes
Calcul de l'indice PTAL
Génération des isochrones
Calcul de l'indice d'accessibilité (AI) pour chaque unité de voisinage
Classification de l'AI en fonction du PTAL
Définition des temps d'accès
Utilisation de l'outil "Service Area" et autres commandes du SIG
Représentation des isochrones
Analyse spatiale des résultats
Cartographie de l'indice PTAL
Représentation des isochrones
Corrélations et facteurs d'influence
visualisation et communication du modèle

*Figure 5.16 Processus de modélisation de l'accessibilité par le transport en commun, méthode combinée PTAL-ISOCHRONES, source : auteure 2024*

## Conclusion

Ce chapitre assoit concrètement l'analyse technique sur celle spatiale de la ville d'Ali Mendjeli, il a présenté la méthodologie utilisée pour modéliser l'accessibilité du transport en commun à Ali Mendjeli. L'étude combine l'indice PTAL et la génération d'isochrones pour offrir une analyse multidimensionnelle de l'accessibilité, permettant de mieux comprendre les disparités d'accès et d'identifier les zones à faible accessibilité.

La collecte de données spatiales et temporelles, le choix des outils SIG, l'utilisation de l'analyse spatiale et la visualisation cartographique sont des éléments clés de la méthodologie. L'étude s'appuie également sur un cadre théorique solide qui prend en compte les enjeux de la planification urbaine et du développement durable.

Les résultats de l'étude, qui seront présentés dans les prochains chapitres, permettront d'identifier les points forts et les faiblesses du réseau de transport en commun à Ali Mendjeli, de proposer des recommandations concrètes pour améliorer l'accessibilité et de contribuer à la construction d'une ville plus durable et plus inclusive.

# CHAPITRES VI : MODELISATION COMBINEE PTAL ET ISOCHRONES DE L'ACCESSIBILITE AUX TRANSPORTS EN COMMUN A ALI MENDJELI

## Introduction :

Ce chapitre présente et interprète la modélisation de l'accessibilité aux transports en commun à Ali Mendjeli via une approche combinée PTAL-isochrones. Cette approche permet une évaluation multidimensionnelle (fréquence, proximité, temps de trajet). La méthode PTAL quantifie l'accessibilité par un indice composite (fréquence, distance aux arrêts). L'analyse isochronique cartographie les zones accessibles en fonction du temps de trajet. L'objectif est d'analyser les résultats des deux modélisations, en confrontant les représentations spatiales, leurs forces et leurs limites, en vue de discuter les inégalités d'accès et leurs implications pour une planification urbaine équitable et efficiente.

## 6.1 La méthode PTAL :

Une évaluation quantitative multidimensionnelle de l'accessibilité aux transports en commun à Ali Mendjeli, utilisant l'indice PTAL, a été entreprise. Cette méthode, intégrant la fréquence des services et le temps d'accès piétonnier, a permis de créer une cartographie spatiale du niveau d'accessibilité par UV, de quantifier les disparités (classification par niveau d'accessibilité, indicateurs statistiques) et d'interpréter les résultats en considérant des facteurs explicatifs (densité, infrastructures, réseau). L'hétérogénéité spatiale observée a justifié une analyse complémentaire par isochrones pour intégrer la dimension temporelle et mieux évaluer la connectivité, afin d'identifier les besoins d'amélioration et d'informer les décisions d'aménagement.

### 6.1.1 Cartographie de l'accessibilité PTAL :

La carte PTAL visualise spatialement le niveau d'accessibilité aux transports en commun pour chaque unité de voisinage (UV) d'Ali Mendjeli. L'indice PTAL, combinant la fréquence de passage des lignes de bus et la distance aux arrêts, permet de quantifier l'accessibilité pour chaque UV.

Le calcul de l'indice PTAL nécessite quatre jeux de données :

- La liste des lieux pour lesquels nous voulons des valeurs PTAL : les points d'intérêts (point of interest POI), qui représentent dans notre cas les équipements.

- La géolocalisation de toutes les stations et de tous les arrêts de transport public à Ali Mendjeli. Nous les appelons points d'accès aux services (SAP) soit (Service Access Point) en anglicisme.
- Le réseau pédestre de la ville Ali Mendjeli, qui décrit toutes les rues et tous les chemins qui peuvent être empruntés à pied. Ce réseau est utilisé pour calculer le temps de marche entre les points d'intérêts (point of interest POI) et les points d'accès aux services (SAP).
- Données sur toutes les lignes de transport public à Ali Mendjeli, les SAP desservis par chacune d'entre elles et leurs fréquences. Il peut s'agir de services actuels ou de services futurs prévus, en fonction du type de PTAL que nous voulons calculer.

La méthode de calcul complète pour un seul lieu est décrite dans le tableau ci-dessous, elle doit être répétée lorsque le PTAL est calculé pour plusieurs points.

*Tableau 6.1La méthode utilisée pour calculer la PTAL pour la ville Ali Mendjeli, auteure 2024*

| Étape | Actions |
|---|---|
| **Calculer les temps de marche vers les points d'accès aux services SAP** | • Il y a environ 89 SAP dans la ville Ali Mendjeli (10 stations de tramway et 79 arrêts de bus).<br>• Une vitesse de marche de 3.6 km/heure soit 60 m/minute est prise en compte dans le calcul.<br>• Le réseau pédestre est obtenu à partir d'OpenStreetMap et mis à jour grâce aux enquêtes, configuré à l'aide de l'ArcGIS Network Analyst extension dans ArcMap, (voir chapitre5).<br>• Le calcul suppose que les gens marcheront jusqu'à 600 mètres (environ 10 minutes) pour se rendre à un service de bus et jusqu'à 900 mètres (15 minutes) pour se rendre à un service de tramway. Les services disponibles à une plus grande distance n'affectent pas le PTAL d'un lieu sélectionné. La distance d'accès à pied est mesurée à l'aide du logiciel QGIS.<br>• Les informations sur les arrêts de bus et sur les itinéraires sont déduites des enquêtes faites in situ. |

| | |
|---|---|
| **Calculer le temps d'attente prévu (TAP) pour chaque itinéraire à chaque SAP.** | • Le calcul du PTAL est basé sur la fréquence des services entre 07h30 et 08h30 et de 16h30 et 17h30 lors d'un jour de semaine.<br>• Les passagers sont supposés arriver à la station de manière aléatoire,sans ajuster leur arrivée à l'horaire du bus, comme c'est souvent le cas pour les services urbains fréquents.<br>• Le TAP (en minutes) est estimé à la moitié de l'intervalle de temps entre les arrivées du service au SAP, c'est-à-dire TAP = 0,5 * (60/fréquence).<br>• Par exemple, un service de bus avec une fréquence de six bus par heure aura un intervalle de 10 minutes et un temps d'attente moyen de 5 minutes.<br>• PTAL prend en compte les directions de manière simplifiée. Si un service fonctionne dans les deux sens, la direction la plus fréquente est utilisée dansle calcul. |
| **Calculer les temps d'attente moyens (TAM) pour chaque itinéraire à chaque SAP** | • Le TAM (en minutes) est égal au TAM plus un facteur de fiabilité.<br>Le facteur de fiabilité varie selon le mode de transport. Il reflète le fait queles temps d'attente réels peuvent être plus longs parce que les services n'arrivent pas de manière tout à fait régulière.<br>• Un facteur de fiabilité de 2.5 minutes est utilisé pour les bus et un facteur de1 minute est utilisé pour les services de tramway. |
| **Calculer le temps d'accès total (TAT) pour chaque itinéraire à chaque SAP.** | • Le TAT (en minutes) combine le temps de marche jusqu'au SAP et les temps d'attente moyens (TAM) pour chaque itinéraire à chaque SAP, c'est-à-dire<br>TAT = temps de marche + TAM |
| **Calculer la fréquence équivalente de pas de porte (FEP) pour chaque itinéraire à chaque SAP** | • L'FED (en minutes) reconvertit le TAT en unités de fréquence,<br>C'est-à-dire FED = 0,5 * (60 / TAT). Il s'agit d'une mesure de ce que serait la fréquence du service si le service était disponible sans temps de marche. |
| **Calculer l'indice d'accessibilité (IA)** | • L'IA total est alors calculé pour chaque point d'intérêt POI, comme la somme des IA de tous les modes, c'est-à-dire AItotal = ∑ (AIbus + AItram) dans la ville Ali Mendjeli |

*Tableau 6.2 Conversion de l'indice d'accessibilité en PTAL, auteure 2024*

| PTAL | Plage de l'indice d'accessibilité | Couleur de la carte |
|---|---|---|
| **0 (le plus mauvais)** | 0 | |
| **1** | 0.01 - 9.67 | |
| **2** | 9.68 - 10.47 | |
| **3** | 10.48 - 11.43 | |
| **4** | 11.43 - 12.46 | |
| **5** | 12.46 - 13.38 | |
| **6** | 13.38 - 14.13 | |

Afin de quantifier l'accessibilité par les transports en commun à Ali Mendjeli, une grille de 500 m² a été superposée à la zone d'étude, en l'absence de données précises sur l'emprise au sol des bâtiments. Chaque centroïde de cellule de cette grille (environ 123 points générés par la commande « Créer une grille » de QGIS), représente un Point d'Intérêt (POI). Les stations de tramway et les arrêts de bus ont été définis comme des Points d'Accès aux Services (PAS). Une matrice de distances piétonnes a ensuite été calculée entre chaque POI et chaque PAS en utilisant le réseau piétonnier. Seuls les POI situés à moins de 900 mètres des stations de tramway et à moins de 600 mètres des arrêts de bus ont été retenus pour l'analyse d'accessibilité.

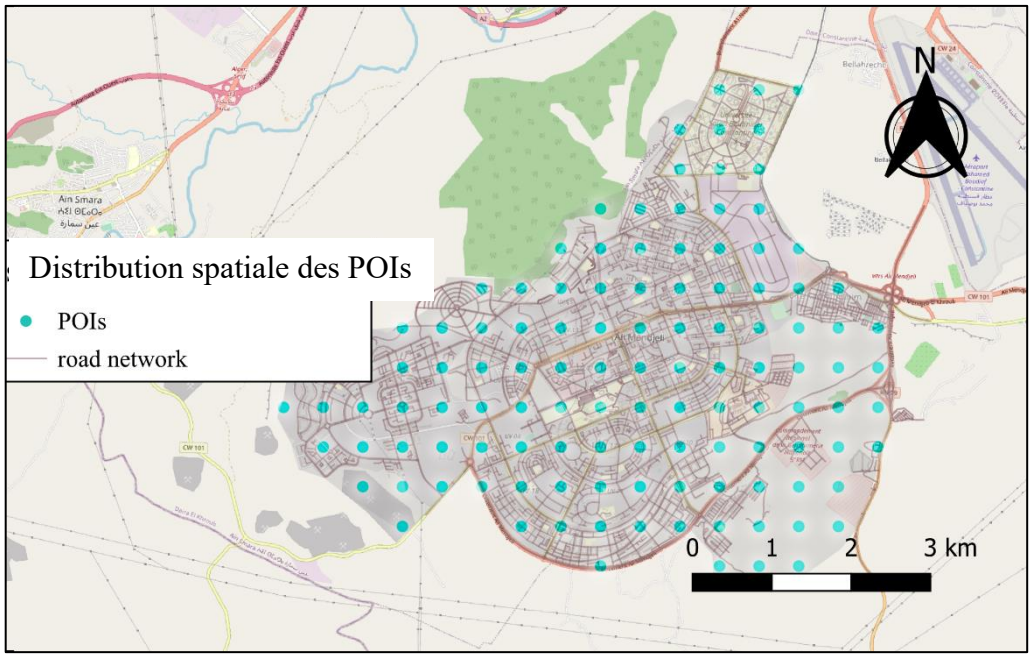



*Figure 6.1 : la distribution spatiale des POIs dans la ville Ali Mendjeli, auteure 2024*

La feuille de calcul détaille les données et paramètres du PTAL à Ali Mendjeli, intégrant fréquence et proximité. Elle spécifie les paramètres (jour, heure de pointe, vitesse de marche, distances maximales) et présente les données d'entrée (SAP, distances POI-SAP, vitesse, fréquence). Le calcul du PTAL, combinant proximité et fréquence, permet d'identifier les zones à forte et faible accessibilité (pour plus de détails, voir l'annexe).

### 6.1.2 Analyse quantitative de l'accessibilité :

L'analyse quantitative menée dans le cadre de la méthode PTAL met en lumière des disparités importantes dans l'accessibilité aux transports en commun entre les différentes unités de voisinage (UV) d'Ali Mendjeli.

Nous allons explorer l'hétérogénéité de l'accessibilité aux transports en commun à Ali Mendjeli à travers le calcul et l'analyse spatiale de l'indice PTAL pour chaque unité de voisinage (UV). L'analyse intègre une interprétation approfondie des données quantitatives et spatiales, révélant des tendances et des corrélations qui éclairent les inégalités de mobilité au sein de la ville.

| | |
|---|---|
| **La ville** | Ali Mendjeli |
| **parametres de calcul de la PTAL** | |
| jour de semaine | |
| période de calcul | heure de pointe |
| vitesse de marche | 60 m/minute |
| La distance d'accès à pied pour le bus | 600 m soit 10 minutes |
| La distance d'accès à pied pour le tramway | 900 m soit 15 minutes |

| SAP Bus | Distance Bus | SAP Tram_ | Distance Tram | Speed | WKT Bus | frequen | AWT | TAT | EDF | AiBus | WKT TRAM | frequen | AWT | TAT | EDF | AiTram | AiPOI | PTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 155,7827553 | 6 | 265,6128168 | 60 | 2,596379255 | 8 | 6,25 | 8,846379 | 3,391218 | 7,146502 | 4,42688028 | 5 | 7 | 11,42688 | 2,625388 | 7,064052 | 14,21055 | |
| 30 | 68,64140424 | 6 | 500,2124879 | 60 | 1,144023404 | 8 | 6,25 | 7,394023 | 4,057331 | 6,477183 | 8,336874799 | 5 | 7 | 15,33687 | 1,95607 | 7,730165 | 14,20735 | |
| 6 | 116,0560235 | 6 | 493,9784078 | 60 | 1,934267058 | 10 | 5,5 | 7,434267 | 4,035368 | 6,490525 | 8,232973463 | 5 | 7 | 15,23297 | 1,969412 | 7,708202 | 14,19873 | |
| 7 | 220,3234447 | 6 | 253,677524 | 60 | 3,672057412 | 10 | 5,5 | 9,172057 | 3,270804 | 7,193015 | 4,227958734 | 5 | 7 | 11,22796 | 2,671902 | 6,943638 | 14,13665 | |
| 10 | 418,6195388 | 7 | 70,08473439 | 60 | 6,976992314 | 8 | 6,25 | 13,22699 | 2,268089 | 8,193948 | 1,168078907 | 5 | 7 | 8,168079 | 3,672834 | 5,940924 | 14,13487 | |
| 8 | 267,9273628 | 10 | 197,4582306 | 60 | 4,465456047 | 10 | 5,5 | 9,965456 | 3,010399 | 7,43629 | 3,29097051 | 5 | 7 | 10,29097 | 2,915177 | 6,683233 | 14,11952 | |
| 23 | 138,8360072 | 4 | 166,4995488 | 60 | 2,313933453 | 5 | 8,5 | 10,81393 | 2,774199 | 7,590169 | 2,77499248 | 5 | 7 | 9,774992 | 3,069056 | 6,447033 | 14,0372 | |
| 27 | 39,64021229 | 8 | 287,6764051 | 60 | 0,660670205 | 5 | 8,5 | 9,16067 | 3,27487 | 7,064649 | 4,79460752 | 5 | 7 | 11,79461 | 2,543535 | 6,947704 | 14,01235 | |
| 10 | 146,0074429 | 7 | 445,0473065 | 60 | 2,433457381 | 8 | 6,25 | 8,683457 | 3,454845 | 6,601924 | 7,417455109 | 5 | 7 | 14,41746 | 2,080811 | 7,127679 | 13,7296 | |
| 3 | 116,28178 | 6 | 858,8535676 | 60 | 1,938029667 | 10 | 5,5 | 7,43803 | 4,033326 | 5,928624 | 14,31422613 | 5 | 7 | 21,31423 | 1,407511 | 7,70616 | 13,63478 | |
| 75 | 169,4221519 | 9 | 245,3330709 | 60 | 2,823702532 | 5 | 8,5 | 11,3237 | 2,64931 | 7,226525 | 4,088884516 | 5 | 7 | 11,08888 | 2,705412 | 6,322144 | 13,54867 | |

*Figure 6.2 feuille de calcul de la PTAL de la ville Ali Mendjeli, auteure 2024*

La matrice de données présente la distribution spatiale de l'accessibilité au transport public (PTAL) à Ali Mendjeli, quantifiée selon une échelle ordinale à six niveaux : Excellent/ Très Bon/ Bon/ Moyen/Faible/Très Faible. L'analyse révèle une forte hétérogénéité spatiale de l'accessibilité, témoignant de la complexité des flux de mobilité au sein de la ville.

- Indice PTAL « Excellent » : Une distribution fortement asymétrique est observée. Une concentration significative des scores « Excellent » se manifeste sur un nombre restreint d'unités de Voisinage (UV). L'UV N°03 (Université Constantine 2), bénéficiant d'une desserte tram et bus complète (Nord et Sud), affiche un score maximal (100%). De même, l'UV N°02 (gare bimodale, terminus des lignes de tramway et bus) atteint un score de 99%. Les UV N°17 et N°07 présentent des scores élevés (respectivement >85% et >70%), corrélés à leur desserte par les lignes de bus et le tramway. A contrario, de nombreuses UV, particulièrement en périphérie, sont totalement dépourvues d'une accessibilité jugée « Excellente ».
- Indice PTAL « Très Bon » : La distribution des scores « Très Bon» présente une dispersion plus importante que la catégorie précédente, mais reste inégale. Les UV N°06 (94%) et N°08 (61%), unités de voisinage historiques densément peuplées (cf. chapitre précédent), bénéficient d'une accessibilité élevée du fait de leur positionnement et de l'implantation précoce des arrêts de bus. Des scores significatifs sont également observés pour l'UV N°12 (68%), l'UV N°05 (desserte accrue par les lignes de bus) et la Zone d'Activité Mixte (ZAM), desservie par le tramway et par plusieurs lignes de bus. Néanmoins, de nombreuses zones restent exclues de cette catégorie, accentuant le contraste spatial.
- Indice PTAL « Bon » : Cette catégorie présente une dispersion plus homogène des scores (écart-type faible à modéré) entre les UV, bien que certaines zones déjà caractérisées par une très haute accessibilité (UV N°02, N°03, N°06, N°08 et « Les 4 chemins »soient faiblement représentées dans cette classe intermédiaire.
- Indices PTAL « Moyen, Faible et Très Faible » : Ces catégories affichent une forte concentration spatiale des scores les plus faibles. Des disparités considérables sont observées entre les UV, avec une surreprésentation marquée des scores « Faible » et " « Très Faible »" dans certaines zones spécifiques (ex : « Les 4 chemins », les UV N° 20 et N°21, l’extension Sud), témoignant d'un déficit important d'infrastructures de transport dans ces secteurs.

*Tableau 6.3 : la distribution des niveaux d'accessibilité par UV, auteure 2024*

| UV | Pourcentage excellent | Pourcentage très bon | Pourcentage bon | Pourcentage moyen | Pourcentage faible | Pourcentage très faible |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 4,52% | 94,15% | 1,35% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| 8 | 38,65% | 61,37% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| 15 | 18,88% | 10,15% | 73,58% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| 14 | 12,86% | 28,30% | 19,77% | 39,10% | 0,00% | 0,00% |
| 13 | 36,55% | 10,47% | 53,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| 21 | 0,00% | 11,52% | 10,71% | 24,72% | 30,38% | 12,84% |
| 2 | 99,80% | 0,21% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| 3 | 100,02% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| 4 | 51,16% | 24,29% | 2,61% | 21,42% | 0,54% | 0,00% |
| 18 | 5,93% | 7,74% | 19,50% | 23,56% | 43,18% | 0,00% |
| 17 | 85,96% | 0,00% | 14,06% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| 19 | 2,70% | 2,71% | 58,31% | 22,34% | 13,96% | 0,00% |
| 20 | 0,00% | 0,00% | 13,35% | 20,88% | 37,62% | 28,18% |
| 1 | 41,39% | 26,69% | 28,58% | 3,36% | 0,00% | 0,00% |
| 10 | 10,69% | 0,00% | 51,07% | 38,04% | 0,00% | 0,00% |
| 12 | 0,42% | 68,58% | 15,26% | 15,74% | 0,00% | 0,00% |
| 9 | 35,08% | 36,57% | 24,88% | 37,93% | 0,00% | 0,00% |
| 7 | 70,04% | 23,31% | 6,67% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| 5 | 0,00% | 42,46% | 47,89% | 9,34% | 0,00% | 0,00% |
| ZAM | 16,53% | 44,28% | 42,99% | 0,46% | 0,00% | 0,00% |
| 16 | 30,00% | 25,51% | 26,93% | 8,01% | 0,89% | 0,00% |
| 11 | 0,00% | 7,86% | 8,93% | 51,39% | 32,59% | 1,56% |
| UC3 | 0,00% | 10,01% | 8,88% | 52,59% | 28,41% | 0,00% |
| ext-sud | 0,00% | 0,83% | 3,92% | 3,61% | 0,00% | 68,27% |
| 4 chemins | 0,00% | 13,92% | 0,00% | 22,55% | 51,00% | 12,85% |
| Ecar-type | 32,30% | 24,46% | 21,34% | 17,17% | 16,57% | 14,68% |
| min | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| max | 100,02% | 94,15% | 73,58% | 52,59% | 51,00% | 68,27% |

Les données analysées révèlent des tendances intéressantes qui éclairent les priorités en matière de transport public :

- **Forte polarisation entre zones centrales et périphériques :** Les UV comme UV N°03, N°02, N°17, et N°07 concentrent des infrastructures modernes et efficaces, favorisant une accessibilité très élevée. En revanche, les zones périphériques

(Extension Sud, les 4 Chemins et N°21) et les espaces fonctionnels comme l'UC3 montrent des carences structurelles. L'écart important des pourcentages (près de 100 % pour l'UV N°02 contre 0 % pour l'extension Sud) illustre une disparité spatiale significative.

- **Disparités Interzonales et Manque d'Intégration :** Les zones intermédiaires (UVN° 15, N°11, N°19, N°13, …) montrent une répartition plus équilibrée entre « Bon »et « Moyen ». Cependant, leur dépendance à des niveaux intermédiaires d'accessibilité peut être une source de vulnérabilité si les réseaux ne sont pas consolidés.
- **Importance des Priorités de Planification :** L'analyse met en évidence l'urgence d'interventions dans les zones défavorisées. Améliorer les services dans des zones comme l'UC3, l'extension Sud et l'UV N°21 permettrait de réduire les écarts et de promouvoir une connectivité plus équitable.

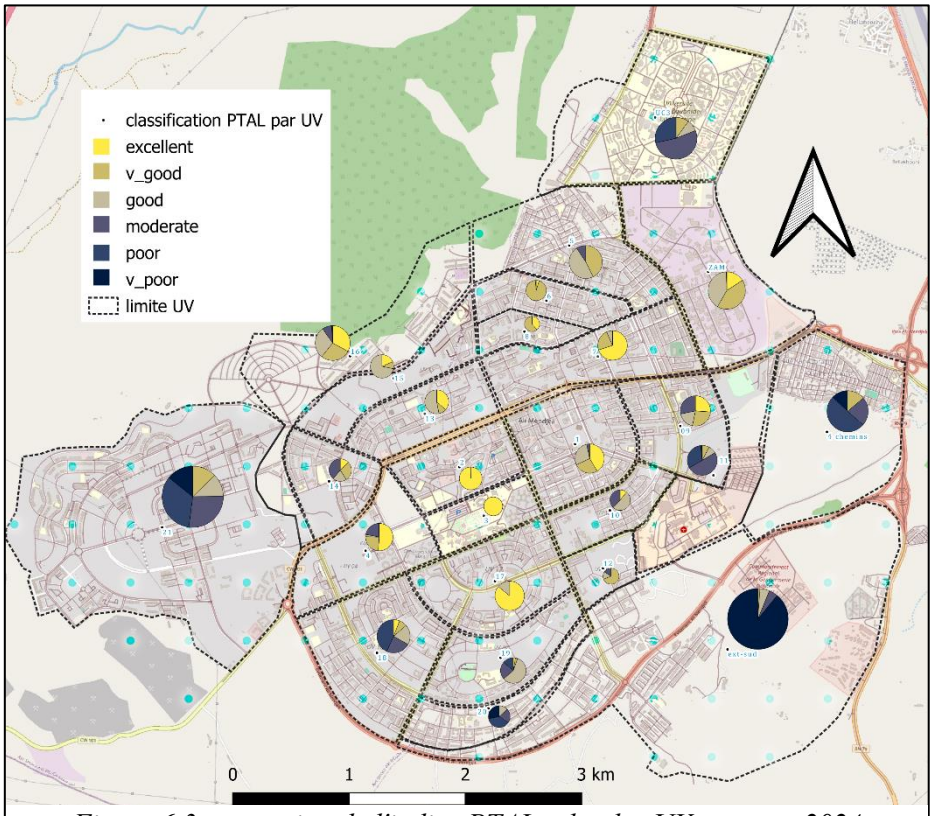



*Figure 6.3 proportion de l'indice PTAL selon les UV, auteure 2024*

La cartographie montre que l'accessibilité décroît rapidement à mesure que l'on s'éloigne des corridors principaux de transport 5la ligne du tramway et les lignes de bus). (Figure 6.4).3

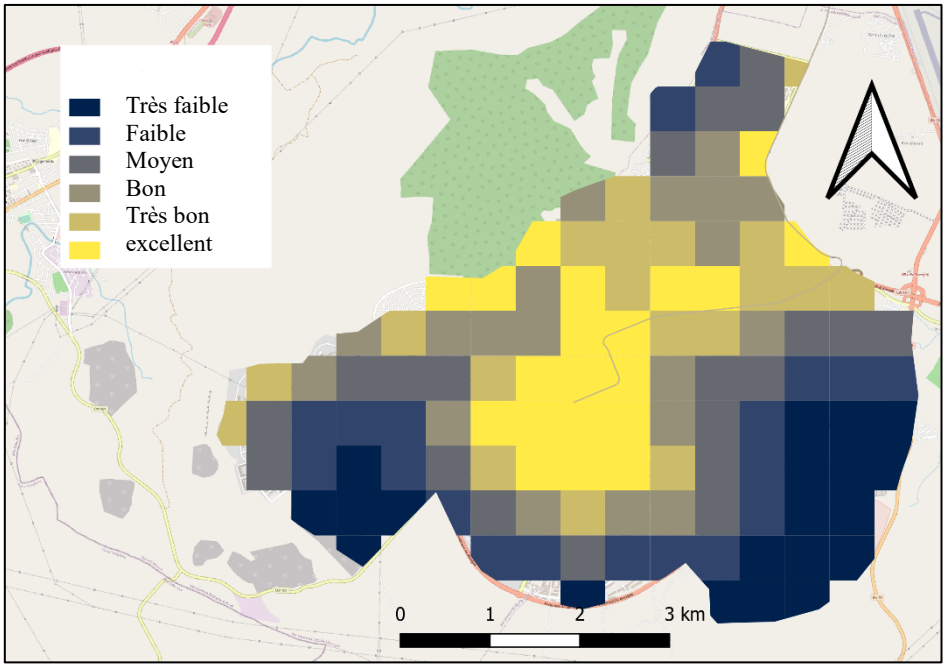



*Figure 6.4 classification de l'indice PTAL dans la ville Ali Mendjeli, auteure 2024*

### 6.1.3 Corrélations et facteurs explicatifs des disparités d'accessibilité :

Pour analyser les facteurs expliquant les disparités d'accessibilité aux transports en commun à Ali Mendjeli, nous avons classé les UV selon des seuils de pourcentage cumulé des niveaux PTAL. Cette méthode, à la fois déterministe et transparente, catégorise objectivement les UV et facilite la comparaison avec d'autres études, en reflétant des situations d'accessibilité distinctes. Selon les critères suivants :

- Haute Accessibilité : Une UV est classée dans cette catégorie lorsque le pourcentage cumulé des surfaces présentant un niveau d'accessibilité « Excellent » ou « Très Bon » excède 50 %. Ce seuil indique qu'une majorité significative du territoire de l'unité de voisinage bénéficie d'un accès de haute qualité au réseau de transports en commun.
- Accessibilité Moyenne : Une UV est classée dans cette catégorie lorsque le pourcentage cumulé des surfaces classées « Bon » et « moyen » est supérieur à 50 %. Cela signifie qu'une part importante du territoire de l'UV bénéficie d'une accessibilité au moins « Bonne ».
- Faible Accessibilité : Une UV est classée dans cette catégorie si le pourcentage cumulé des surfaces classées « Excellent », « Très Bon », « Bon » et « Moyen » est inférieur ou égal à 50 %. Ce seuil indique que plus de la moitié de la surface de l'UV est caractérisée par un niveau d'accessibilité « Faible » ou « Très Faible ».

*Tableau 6.4 : niveaux d'accessibilité PTAL par UV, auteure 2024*

| Niveau d'accessibilité | Surface Ha | UV | Densité population | Nombre d'équipements |
|---|---|---|---|---|
| **HAUT** | 763,59<br><br>28,91% | 8 | 576,47 | 4,00 |
| | | 3 | 0,00 | 1,00 |
| | | 2 | 295,36 | 21,00 |
| | | 6 | 228,67 | 9,00 |
| | | 7 | 278,08 | 29,00 |
| | | 17 | 356,25 | 9,00 |
| | | 4 | 47,35 | 10,00 |
| | | 9 | 217,90 | 10,00 |
| | | 12 | 82,55 | 0,00 |
| | | 1 | 470,76 | 24,00 |
| | | ZAM | 0,00 | 0,00 |
| | | 16 | 95,58 | 7,00 |
| **Moyen** | 694,95<br><br>26,31% | 10 | 102,21 | 6,00 |
| | | 19 | 210,73 | 5,00 |
| | | 15 | 138,52 | 4,00 |
| | | 9 | 217,901 | 10 |
| | | UC3 | 13,37 | 3,00 |
| | | 11 | 0,00 | 5,00 |
| | | 14 | 253,09 | 6,00 |
| | | 5 | 561,65 | 16,00 |
| | | 13 | 343,93 | 8,00 |
| **Faible** | 1182,58<br><br>44,77% | Extension -sud | 84,20 | 14,00 |
| | | 20 | 465,04 | 5,00 |
| | | 4 chemins | 47,85 | 9,00 |
| | | 21 | 171,86 | 1,00 |
| | | 18 | 272,63 | 13,00 |

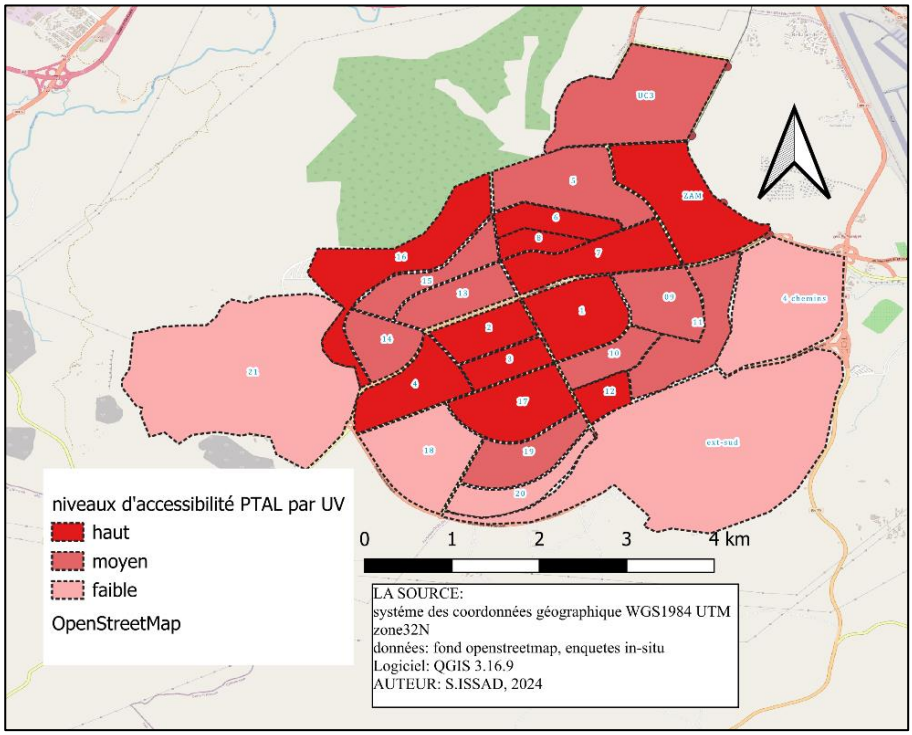



*Figure 6.5 : niveaux d'accessibilité PTAL par UV, auteure 2024*

Les disparités d'accessibilité observées peuvent être attribuées à plusieurs facteurs :

❖ **Densité de population :**

L'analyse de corrélation entre le niveau d'accessibilité aux transports en commun (PTAL) et la densité de population par unité de voisinage (UV) à Ali Mendjeli révèle une relation complexe, non linéaire et de faible à modérée intensité. Bien qu'une tendance générale à une corrélation positive entre les niveaux d'accessibilité élevés (Excellent et Très Bon) et la densité de population soit observée, la force de cette association reste limitée (r = 0.12 et 0.17 respectivement). Ceci suggère que si une densité de population plus élevée est associée à une meilleure accessibilité dans les cas extrêmes, elle n'en est pas le seul déterminant, ni un prédicteur fiable.

La corrélation positive faible entre les niveaux Excellent et Très Bon et la densité de population peut s'expliquer par le fait que les zones disposant d'une infrastructure de transport performante (lignes fréquentes, proximité des arrêts) sont souvent des zones attractives, ayant tendance à concentrer une population plus dense. L'accessibilité supérieure attire les résidents et les activités, renforçant ainsi la densité. Cependant, la faible force de la corrélation indique que d'autres facteurs influencent la densité de population indépendamment de l'accessibilité.

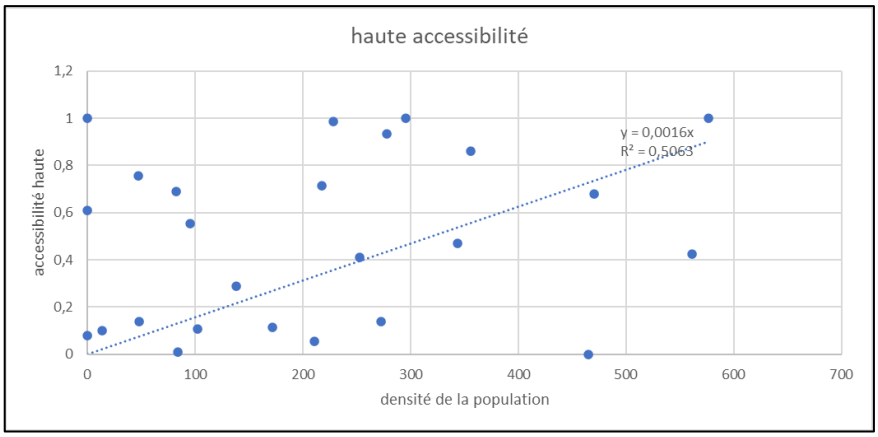



*Figure 6.6 la corrélation entre la densité de population et le niveau d'accessibilité haut, réalisée par l'auteure 2024*

À l'inverse, une corrélation négative est observée entre les niveaux d'accessibilité inférieurs (Moyen, Faible, Très Faible) et la densité de population (r = -0.34, -0.15, -0.07 respectivement). Cette corrélation négative modérée pour la catégorie « Moyen » suggère que les zones ayant une accessibilité médiocre sont souvent caractérisées par une densité de population plus faible. Ceci pourrait refléter un manque d'attractivité de ces zones en raison de leur faible connectivité au réseau de transport. La faible force des corrélations pour les catégories "Faible" et "Très Faible" suggère une influence moins prononcée de la densité dans les zones les plus mal desservies. Il est possible que d'autres facteurs (économiques, sociaux, historiques) jouent un rôle prépondérant dans ces zones à faible densité.

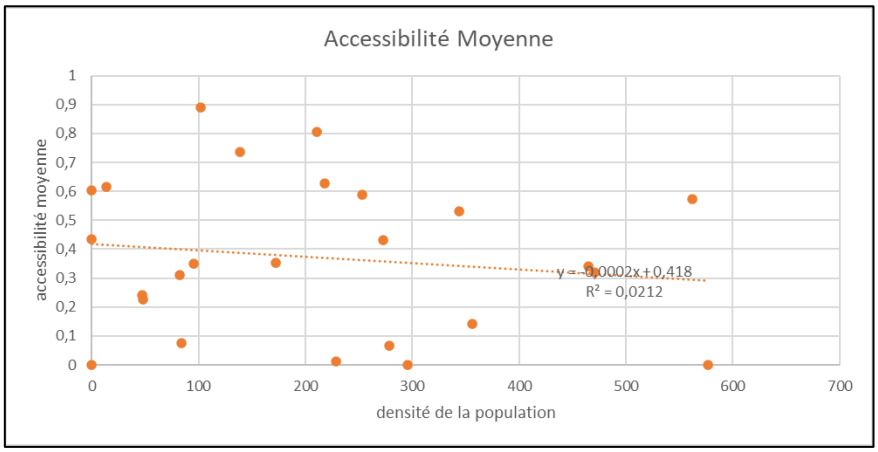



*Figure 6.7 la corrélation entre la densité de population et le niveau d'accessibilité moyen, réalisée par l'auteure 2024*

L'observation que les catégories "Excellent" et "Très Bon" sont les plus fréquentes, tandis que "Très Faible" est la moins fréquente, corrobore les résultats de corrélation, indiquant une forte disparité spatiale de l'accessibilité.

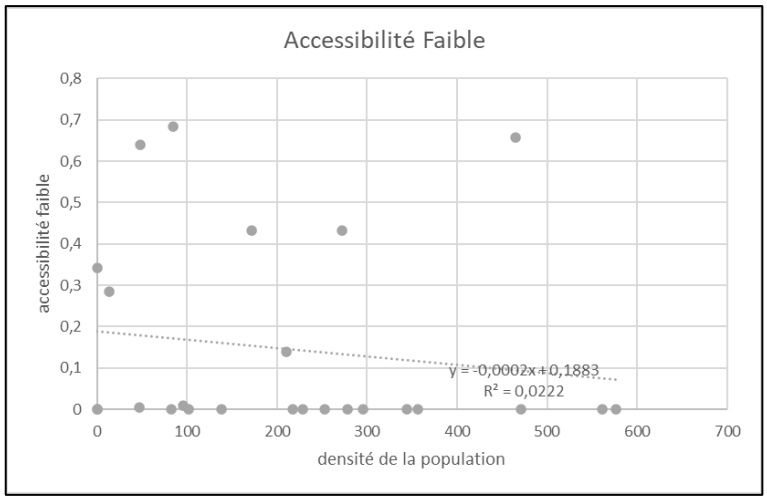



*Figure 6.8 la corrélation entre la densité de population et le niveau d'accessibilité faible, réalisée par l'auteure 2024*

❖ **Nombre d'équipement par UV :**

Au-delà de la densité de population, le nombre d'équipements par UV se révèle être un élément clé pour comprendre les disparités d'accès aux transports. Les données indiquent que la relation entre ces équipements et les niveaux d'accessibilité est à la fois nuancée et complexe.

Corrélation Modérée et Positive avec l'Accessibilité Élevée : La corrélation modérée et positive (r ≈ 0,27) entre le nombre d'équipements et l'accessibilité élevée suggère une influence positive, mais limitée. Bien que les UV riches en équipements tendent à avoir une meilleure accessibilité, la faible intensité de cette relation indique le rôle d'autres facteurs. Le nuage de points confirme cette tendance, tout en soulignant la présence d'UV bien desservies avec peu d'équipements.

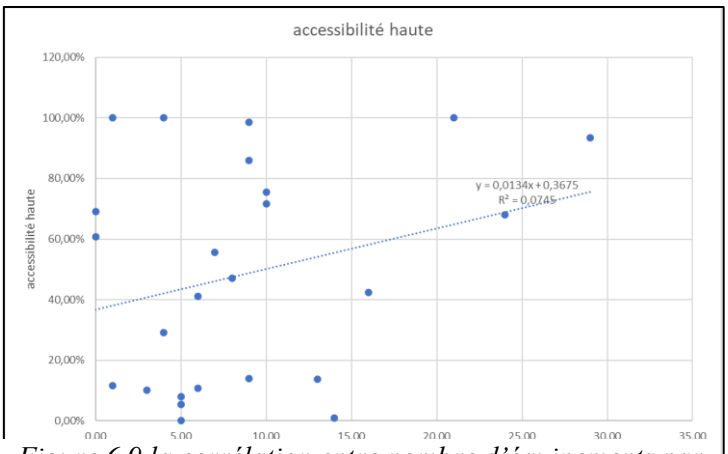



*Figure 6.9 la corrélation entre nombre d'équipements par UV et le niveau d'accessibilité haute, auteure 2024*

Corrélation Négative et Modérée avec l'Accessibilité Moyenne : Une corrélation négative modérée (r ≈ -0,30) est observée entre le nombre d'équipements et l'accessibilité moyenne, suggérant que l'augmentation des équipements est associée à une accessibilité moyenne plus faible. Cette tendance indique un regroupement des équipements dans les zones déjà bien desservies, au détriment des zones à accessibilité moyenne, comme le confirme le graphique.

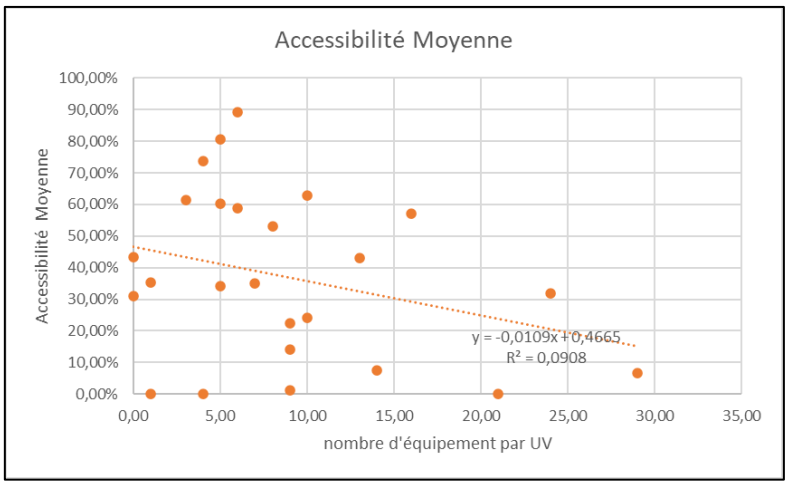



*Figure 6.10 Corrélation entre le nombre d'équipements par UV et le niveau d'accessibilité moyenne, auteure 2024*

Corrélation Faible avec l'Accessibilité Faible La faible corrélation (r = -0,09) entre le nombre d'équipements et l'accessibilité faible indique une absence de relation linéaire significative. L'accessibilité faible semble donc être déterminée par d'autres facteurs, indépendants du nombre d'équipements, comme le confirme la dispersion des données.

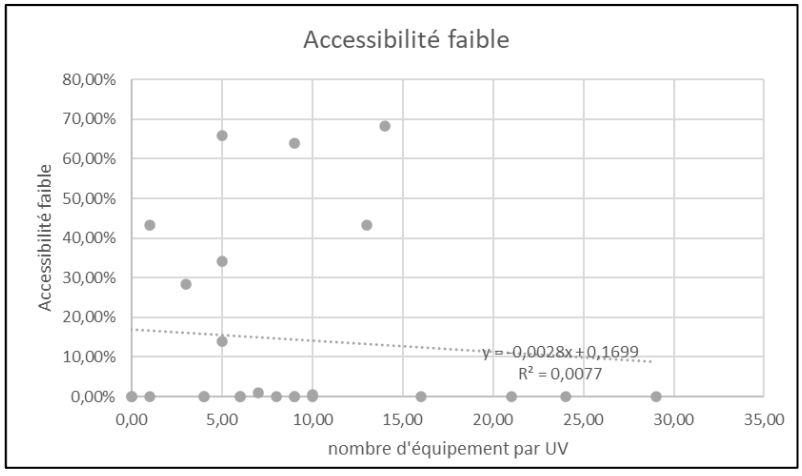



*Figure 6.11 Corrélation entre le nombre d'équipements par UV et le niveau d'accessibilité faible. Auteure 2024*

❖ **Analyse de la relation complexe entre densité de la population, nombre d'équipements et accessibilité par le transport en commun à Ali Mendjeli :**

L'étude de l'accessibilité aux transports en commun à Ali Mendjeli révèle une interaction complexe entre la densité de population, le nombre d'équipements et les différents niveaux d'accessibilité (haute, moyenne et faible). Les données graphiques et les coefficients de corrélation soulignent que ces facteurs ne sont pas isolés, mais agissent en combinaison avec d'autres paramètres non explicitement modélisés ici.

a- Interrelation entre Densité et Équipements :

Le graphique ci-dessous (nuage de points coloré) montre une corrélation modérée et positive ($r \approx 0.42$) entre la densité de population et le nombre d'équipements. Cette observation suggère que les zones à forte concentration de population tendent également à concentrer un plus grand nombre d'équipements. Cette relation pourrait découler d'une planification urbaine qui concentre les équipements dans les zones les plus peuplées pour répondre aux besoins de la majorité. Cependant, il est important de noter qu'il ne s'agit que d'une corrélation modérée, signifiant que des variations substantielles persistent. Certaines zones à faible densité peuvent présenter un nombre important d'équipements, et inversement. Les graphiques, en nuages de points, montrent que certaines UV comme l'extension Sud se distinguent par un nombre d'équipements supérieurs à la moyenne et une densité de population faible (zone en cours de réalisation). Cette observation met en évidence l'importance de considérer la localisation de ces équipements, au-delà de leur nombre.

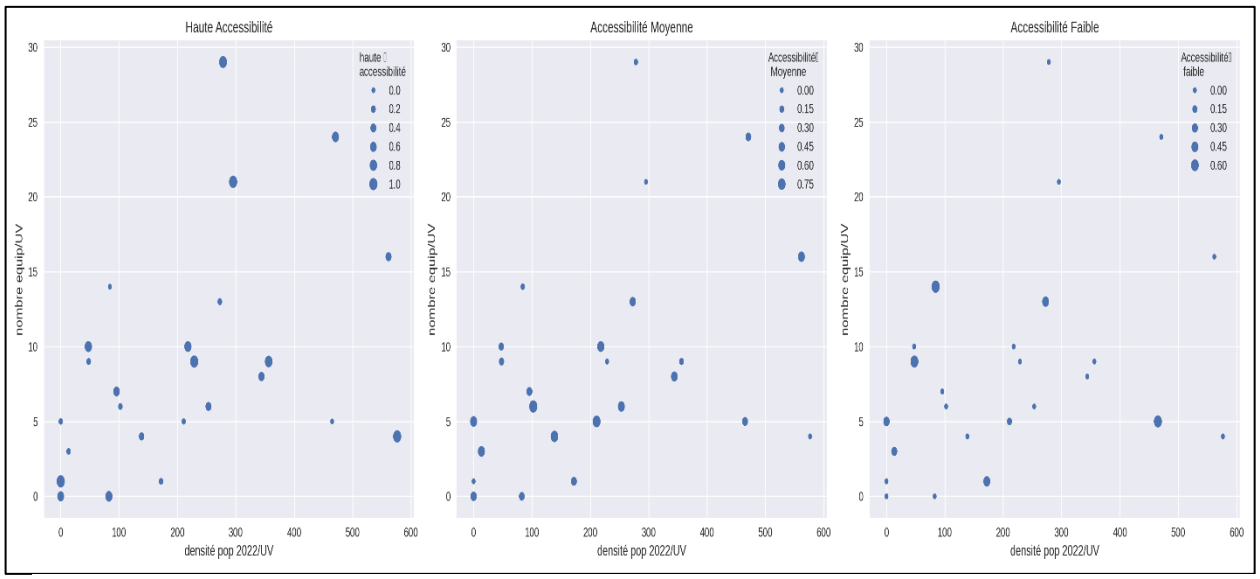



*Figure 6.12 la corrélation entre la densité de population et le nombre d'équipements, auteure 2024*

b- Influence de la Densité et des Équipements sur l'Accessibilité :

L'analyse des corrélations entre le PTAL et les variables socio-spatiales à Ali Mendjeli révèle des dynamiques complexes (Les trois graphiques (figure 6.13) :

- **Haute accessibilité :** Des corrélations positives faibles (r ≈ 0.22 et 0.27) suggèrent une association entre la densité de population/nombre d'équipements et l'accessibilité, mais d'autres facteurs prédominent.
- **Accessibilité moyenne :** Des corrélations négatives (r ≈ -0.15 et -0.30) indiquent une tendance inverse : les zones avec une accessibilité moyenne évitent d'avoir à la fois une forte densité et de nombreux équipements, ce qui indique un manque de mixité des fonctions.
- **Faible accessibilité :** Des corrélations faibles (r ≈ -0.15 et -0.09) suggèrent que ni la densité ni le nombre d'équipements n'expliquent la faible accessibilité, mettant en avant le rôle du réseau de transport. Ce résultat confirme un déséquilibre spatial marqué.

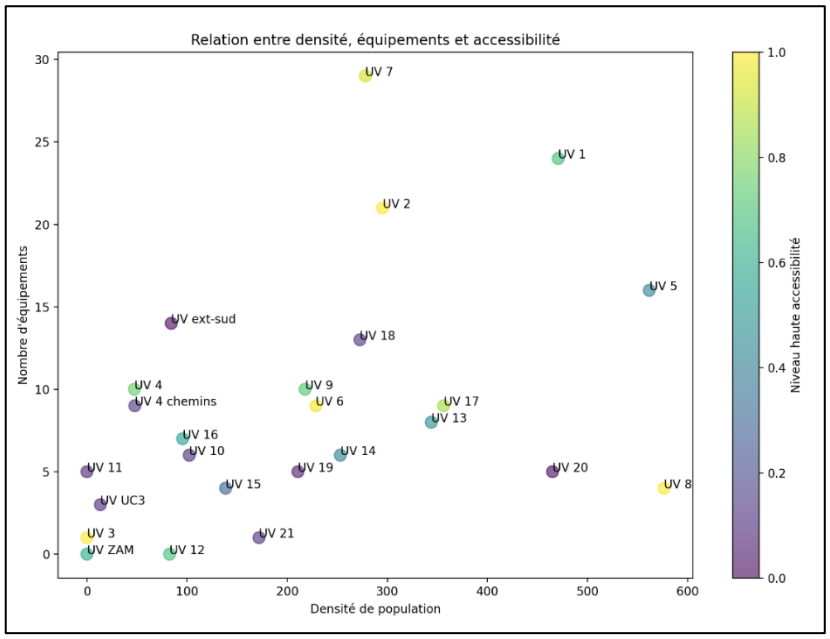



*Figure 6.13 Corrélation entre la densité de population et le nombre d'équipements par niveau d'accessibilité, auteure 2024*

❖ **<u>L'Impact de la distance SAP-POI sur l'accessibilité aux transports en Commun (PTAL) :</u>**

a- <u>Le bus :</u> L'analyse de la distance entre les arrêts de bus (SAP) et les points d'intérêt (POI) à Ali Mendjeli révèle une influence significative, bien que modérée, sur l'accessibilité (r=-0.314). L'éloignement des arrêts réduit statistiquement l'indice d'accessibilité (AiBus), mais la dispersion des données suggère l'influence d'autres

facteurs (fréquence, rapidité, aménagement). Une concentration de l'accessibilité est observée à courte distance, tandis qu'au-delà de 1000m, la décroissance de l'accessibilité se stabilise. La distance, au-delà du temps, induit une pénibilité pour l'usager, soulignant le besoin d'une planification optimisant l'emplacement des arrêts, l'accessibilité piétonne, la fréquence et la multimodalité.

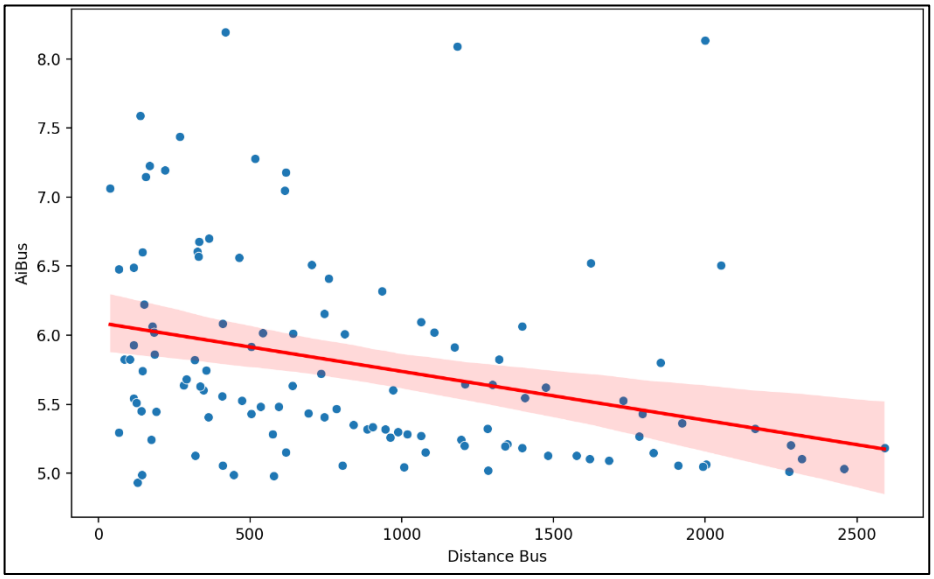



*Figure 6.14 Corrélation entre la distance POI-SAPbus et AiBus. Auteure 2024*

b- Le tramway : L'étude de la distance SAP-POI pour le tramway révèle une influence négative modérée (r=-0.246) sur l'AiTram. Bien que l'éloignement tende à diminuer l'accessibilité, son impact est moins prononcé que pour le bus. Le diagramme confirme une dispersion des données et une décroissance moins forte à courte distance, suggérant que la fréquence, la rapidité et l'aménagement modulent l'impact de la distance. Optimiser l'implantation des stations, garantir l'accessibilité piétonne, et compléter le tramway par des services de rabattement sont essentiels pour une mobilité inclusive. L'éloignement excessif des stations compromet son accessibilité et souligne la nécessité d'une approche multimodale.

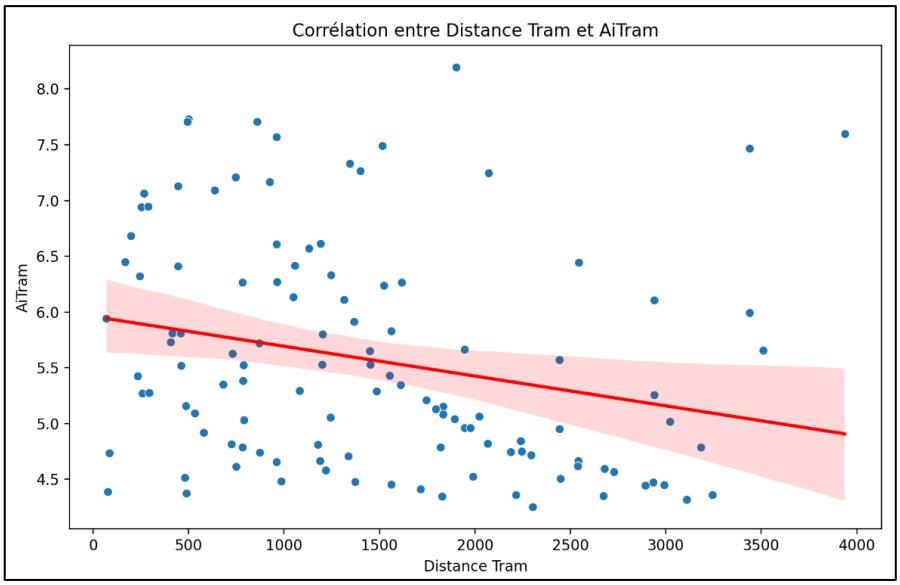



*Figure 6.15 la corrélation entre distance POI-SAPtram et AiTram, auteure 2024*

❖ **<u>L'Impact de la fréquence du service sur l'accessibilité aux transports en commun (PTAL) :</u>**

L'étude de la relation entre la fréquence des services de bus et l'indice d'accessibilité aux transports en commun (PTAL), spécifiquement via l'indice d'accessibilité pour les points d'intérêts (AIPOI), révèle une interaction complexe et subtile, dont la compréhension est essentielle pour optimiser la planification des transports à Ali Mendjeli. Les données empiriques, corroborées par la matrice de corrélation et le diagramme de dispersion, suggèrent que l'influence de la fréquence des bus sur l'accessibilité, contrairement à une intuition simpliste, n'est pas aussi directe et forte comme on pourrait s'y attendre.

*a- Analyse de la corrélation entre fréquence des bus et AIPOI :*

- Coefficient de corrélation négatif faible : Le coefficient de corrélation de -0.177 révèle une relation négative, mais faible, entre la fréquence des bus et l'indice AIPOI. Ce résultat indique qu'une augmentation de la fréquence des bus est légèrement associée à une diminution de l'indice d'accessibilité AIPOI, contrairement à ce que l'on pourrait attendre intuitivement.

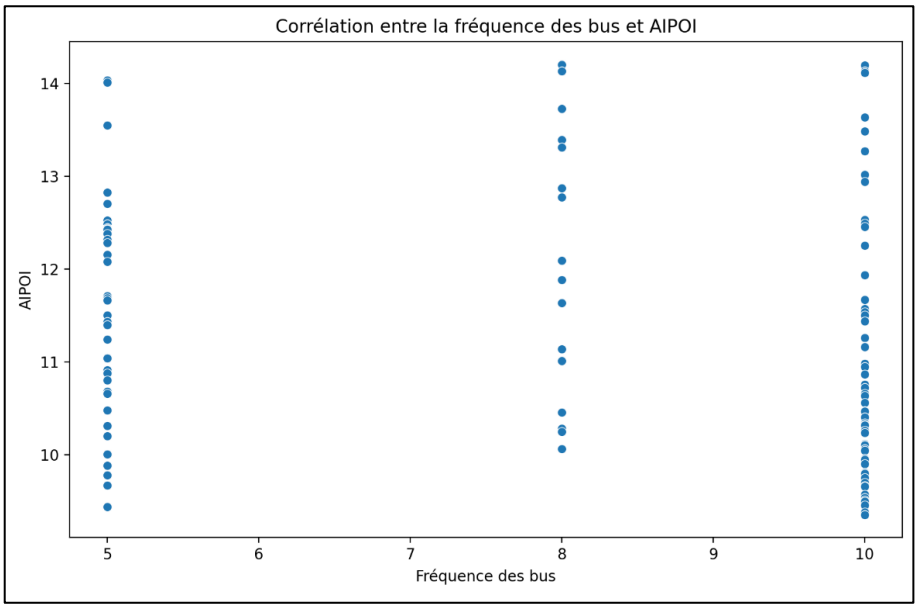



*Figure 6.16 Corrélation entre la fréquence des Bus et l'AIPOI, auteure 2024*

- Faible intensité de la relation : La faible valeur absolue du coefficient (-0.177) souligne que la relation entre la fréquence des bus et l'indice AIPOI n'est pas déterminante. Cela suggère que d'autres facteurs (localisation des arrêts, temps d'attente, temps de trajet, qualité des infrastructures, distance entre SAP et POI,) jouent un rôle plus important dans la détermination de l'accessibilité globale.
- Interprétation de la corrélation négative : La corrélation négative, bien que faible, invite à une réflexion. Il est possible que, dans le contexte particulier d'Ali Mendjeli, les zones ayant une fréquence de bus plus élevée ne soient pas forcément celles avec la meilleure accessibilité globale. Cette contradiction apparente pourrait s'expliquer par une représentation disproportionnée de zones à forte fréquence dans des territoires non optimisés, avec un maillage du réseau qui nécessiterait une réorganisation et des temps d'attente et de déplacement élevés.
- Importance des facteurs contextuels : Le résultat indique que la fréquence des bus ne suffit pas à elle seule à garantir une bonne accessibilité. Une fréquence élevée peut être contrebalancée par d'autres facteurs négatifs (un éloignement des arrêts, un réseau routier mal agencé, un manque de cheminements piétons, des correspondances mal pensées).
- Dispersion des données : Le diagramme de dispersion met en évidence une dispersion importante des données. Cela signifie qu'à une fréquence de bus donnée, les valeurs de l'AIPOI varient considérablement. Cette dispersion confirme que la

relation entre la fréquence et l'accessibilité n'est pas linéaire et que de multiples facteurs interviennent.

- Absence de Tendance Linéaire Claire : Il n'y a pas de tendance linéaire claire et marquée entre la fréquence des bus et l'AIPOI. Le nuage de points ne montre pas de regroupement des données qui indiquerait une corrélation plus forte.
- Distribution des Données : On peut noter que les valeurs de l'AIPOI semblent se répartir en trois "clusters" distincts, pour des fréquences de bus de 5, 8 et 10. Cette distribution est liée aux différentes de lignes de bus urbaines existantes.

*b- Analyse de la corrélation entre fréquence du tramway et AIPOI :*

Valeur Unique de la Fréquence : Le fait que la fréquence du tramway soit constante (5) dans le jeu de données rend impossible le calcul d'une corrélation avec l'AIPOI. Il est donc impossible de déterminer l'impact de la fréquence du tramway sur l'accessibilité à partir de cette analyse.

❖ **<u>L'impact du temps d'accès total (TAT) sur l'Accessibilité aux Transports en Commun (PTAL) :</u>**

L'analyse de l'accessibilité aux transports en commun à travers l'indice PTAL met en évidence un facteur déterminant : le Temps d'Accès Total (TAT). Au-delà de la simple addition du temps de marche vers un arrêt (SAP) et du temps d'attente moyen (TAM), le TAT constitue un indicateur synthétique, soit d'ensemble, qui reflète la perception de l'effort et le coût global associé à l'accès au réseau de transport. Il est important de comprendre que le TAT n'est pas seulement une mesure objective, mais une expérience vécue qui influence les décisions de mobilité et l'attractivité du transport urbain.

*a- Analyse de la Corrélation entre TAT des Bus et AIPOI :*

Corrélation Négative Forte (r = -0.78) : Le coefficient de corrélation de -0.78 confirme une relation inverse entre le Temps d'Accès Total (TAT) du bus et l'AIPOI. Cette valeur de -0.78 indique une relation négative forte. Cette relation forte signifie que le TAT bus est un facteur très important dans la détermination de l'accessibilité. Autrement dit, plus un usager doit marcher longtemps et/ou attendre longtemps pour prendre un bus, plus l'accessibilité du point d'intérêt (POI) diminue. C'est un constat cohérent et intuitif, qui est ici validé scientifiquement par l'analyse de corrélation.

Le coefficient de détermination $R^2 = 0.609$, ou 60.9%, indique que le TAT explique 60.9% de la variation de l'AIPOI. C'est une valeur modérément forte. Cela confirme l'influence significative du TAT bus sur l'AIPOI.

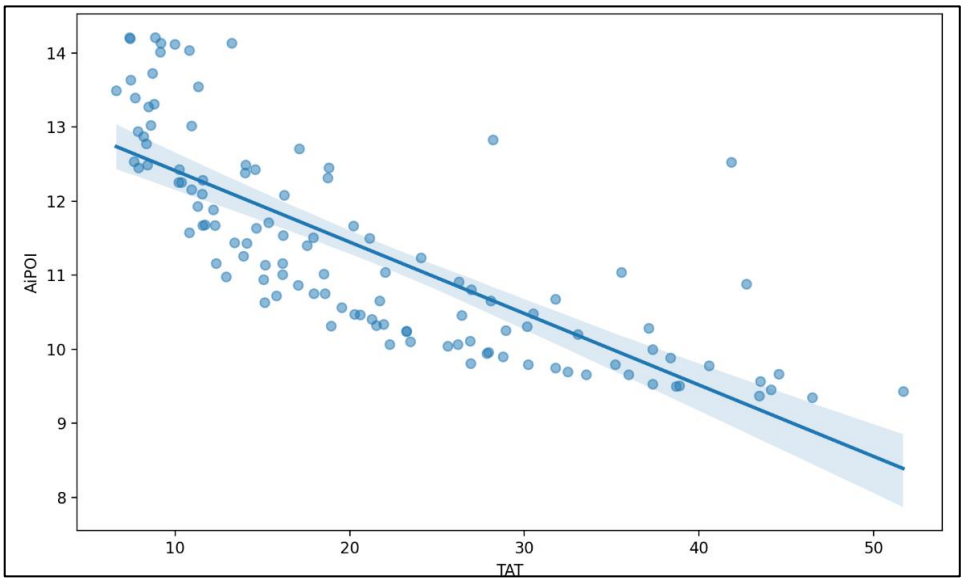



*Figure 6.17 : la Corrélation entre TAT des Bus et AIPOI, auteure 2024*

Le nuage de points confirme visuellement la tendance négative entre le TAT et l'AIPOI, déjà identifiée par le coefficient de corrélation. On observe que, de manière générale, lorsque le TAT augmente (on se déplace vers la droite du graphique), l'AIPOI a tendance à diminuer (on se déplace vers le bas du graphique). (Figure 7.17).

La dispersion des points autour de la ligne de régression est importante. Cela signifie que la relation entre le TAT et l'AIPOI n'est pas parfaite et qu'il existe d'autres facteurs qui influencent l'AIPOI.

*b- Analyse de la Corrélation entre TAT du tramway et AIPOI :*

Corrélation négative modérée : Le coefficient de corrélation de -0.6414 suggère une relation inverse entre le TAT du tramway et l'AIPOI. Cela signifie que, de manière générale, à mesure que le temps nécessaire pour accéder à une du tramway augmente (que ce soit en raison d'un temps de marche plus long, d'un temps d'attente plus long, ou des deux), l'accessibilité du point d'intérêt (POI), évaluée par la PTAL, tend à diminuer. La valeur de -0.6414 indique que la relation est modérée et non pas forte (-1 serait une corrélation parfaite). Il existe donc d'autres facteurs qui influencent l'AIPOI, et qui ne sont pas mesurés par le TAT. Cette corrélation négative est logique et attendue. Un temps d'accès long à une station du tramway (ou à n'importe quel transport en commun) constitue une forme de préjudice et

de désagrément pour l'usager. Ce « coût » doit logiquement se traduire par un indice d'accessibilité faible.

Le coefficient de détermination ($R^2$) de 0.4114 nous indique que le TAT explique 41.14% de la variabilité de l'AIPOI. Cela signifie que le temps passé à marcher vers une station du tramway, et le temps d'attente à cette station, sont des facteurs importants de l'accessibilité (ils expliquent environ 41% de la variation de l'accessibilité), mais que ce ne sont pas les seuls.

Le reste de la variabilité (environ 59%) est due à d'autres facteurs (la fréquence, La proximité d'autres modes de transport, La densité urbaine et la diversité des services, La qualité de l'environnement).

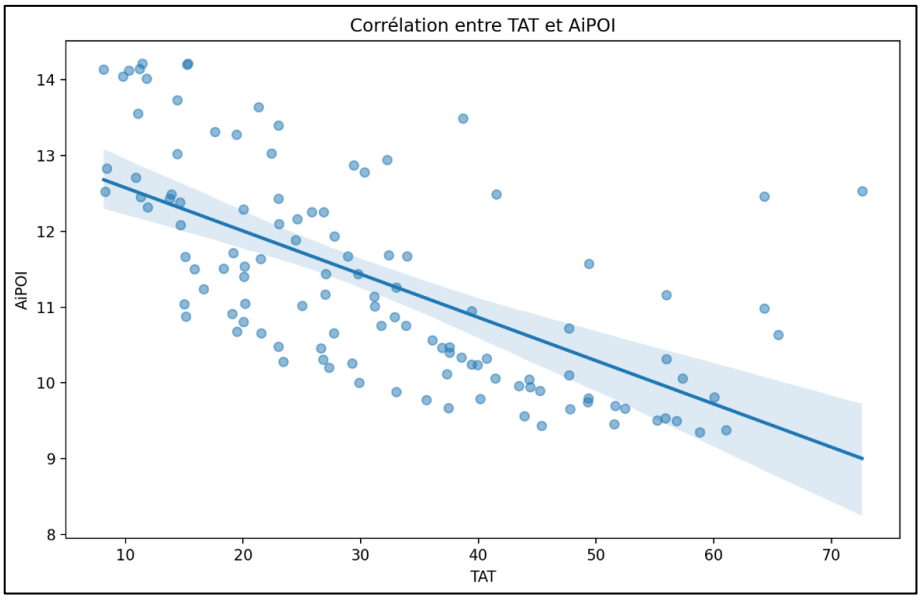



*Figure 6.18 la Corrélation entre le TAT du tramway et l'AIPOI, auteure 2024*

❖ **<u>Analyse de la configuration du réseau et de son impact sur l'accessibilité aux transports en commun (PTAL) :</u>**

Cette section se concentre sur la relation entre les caractéristiques du réseau de transport en commun (bus, tramway) et l'accessibilité qu'il permet de générer. L'analyse est basée sur les isochrones et utilise des indicateurs spatiaux (surfaces des zones accessibles) et seuils temporels (5 minutes, 10 minutes, 15 minutes, 20 minutes et > 20 minutes) pour évaluer l'influence de la configuration du réseau.

a- <u>Définition des indicateurs de configuration du réseau :</u>

Avant de commencer l'analyse, il est nécessaire de définir des indicateurs qui caractérisent la configuration du réseau et qui permettent de mesurer son impact sur l'accessibilité :

- Indice de Maillage (IM) : L'IM mesure la densité et la connectivité du réseau de transport en commun. Il peut être calculé comme le nombre d'arrêts de bus et/ou de stations de tramway par unité de surface ($km^2$). Cette approche est inspirée des travaux de [Newman et al., 2013] sur les réseaux de transport et leur couverture spatiale.

  Un IM élevé indique un réseau dense, avec un grand nombre de points d'accès. Cela suppose un potentiel de couverture du territoire, mais cela ne signifie pas forcément une bonne accessibilité.

IM = (nombre d'arrêts + nombre de stations) / superficie de la ville. Une valeur par UV peut également être pertinente.

Pour le cas de la ville Ali Mendjeli qui dispose de 89 SAP, et d'une superficie de 2441 ha, **IM= 0.036.**

Pour notre cas d'étude, nous avons calculé l'IM pour chaque UV.

- Indice de Connectivité des Lignes (ICL) : L'ICL mesure la facilité de correspondance entre les différentes lignes de bus et le tramway. Cette notion de connectivité a été largement étudiée par [Porta et al., 2006] dans le contexte de l'analyse des réseaux urbains.

Un ICL élevé indique un réseau bien connecté, où les transferts entre les lignes sont faciles, rapides et fréquents. Cela suppose une meilleure accessibilité, puisque les transferts ne constituent pas une contrainte.

Pour calculer l'Indice de Connectivité des Lignes (ICL) de manière simple, nous définissons un point de correspondance (PC) comme tout arrêt de bus ou station de tramway desservi par au moins deux lignes de transport. Pour chaque PC, nous comptabilisons le nombre de lignes qui s'y arrêtent (NLPC). De plus, nous mesurons la proximité entre les PC en vérifiant, pour chaque arrêt de bus, s'il existe un autre arrêt dans un rayon de 300 mètres. Cette approche se concentre sur la présence de points de croisement de lignes et leur proximité, tout en maintenant une simplicité dans le calcul et la collecte de données.

Le calcul de l'Indice de Connectivité des Lignes (ICL) pour chaque Unité de Voisinage (UV) se déroule en plusieurs étapes simples.

D'abord, nous identifions les points de correspondance (PC), c'est-à-dire les arrêts de bus ou stations de tramway desservis par au moins deux lignes différentes.

Ensuite, pour chaque PC, nous comptons le nombre de lignes qui le desservent (NLPC). Nous déterminons également la proximité des PC, en vérifiant pour chaque arrêt de bus s'il existe un autre arrêt à moins de 300 mètres.

Enfin, pour chaque UV, nous calculons la somme des NLPC, avec la moyenne de la proximité des PC nous calculons l'ICL en appliquant la formule : ICLS = (somme des NLPC par UV / nombre de PC dans l'UV) + somme PPC par UV/ nombre de PC dans l'UV). Cette approche permet d'obtenir rapidement un indice qui caractérise la connectivité du réseau au niveau de chaque unité de voisinage.

Calculer les indicateurs de configuration du réseau (IM, ICL) en utilisant les données du réseau routier, les localisations des arrêts et stations, les itinéraires et les données de fréquence. Le calcul est fait à l'échelle de l'UV.

*Tableau 6.5 Score des indicateurs de la Configuration du Réseau par UV, auteure 2024*

| UV | Niveau ISO | Niveau PTAL | NLPC | PPC | IM | ICL | Score de configuration du réseau |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Haut | Haut | 7 | 3 | 0,255 | 10 | 10,255 |
| 8 | Haut | Haut | 7 | 3 | 0,135 | 10 | 10,135 |
| 15 | Moyen | Moyen | 2 | 2 | 0,255 | 4 | 4,255 |
| 14 | Moyen | Moyen | 0 | 0 | 0,121 | 0 | 0,121 |
| 13 | Moyen | Moyen | 7 | 3 | 0,03 | 10 | 10,03 |
| 21 | Faible | Faible | 0 | 0 | 0,3 | 0 | 0,3 |
| 2 | Haut | Haut | 6 | 3 | 0,1 | 9 | 9,1 |
| 3 | Haut | Haut | 3 | 3 | 0,12 | 6 | 6,12 |
| 4 | Haut | Haut | 2 | 1 | 0,045 | 3 | 3,045 |
| 18 | Faible | Faible | 2 | 1 | 0,03 | 3 | 3,03 |
| 17 | Haut | Haut | 2 | 1 | 0,12 | 3 | 3,12 |
| 19 | Moyen | Moyen | 2 | 1 | 0,045 | 3 | 3,045 |
| 20 | Faible | Faible | 2 | 1 | 0,015 | 3 | 3,015 |
| 1 | Haut | Haut | 7 | 4 | 0,12 | 11 | 11,12 |
| 10 | Moyen | Moyen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Haut | Haut | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Moyen | Moyen | 7 | 2 | 0,105 | 9 | 9,105 |
| 7 | Haut | Haut | 7 | 2 | 0,18 | 9 | 9,18 |
| 5 | Moyen | Moyen | 6 | 3 | 0,09 | 9 | 9,09 |
| ZAM | Haut | Haut | 5 | 1 | 0,12 | 6 | 6,12 |
| 16 | Haut | Haut | 1 | 1 | 0,225 | 2 | 2,225 |
| 11 | Moyen | Moyen | 7 | 2 | 0,06 | 9 | 9,06 |
| UC3 | Faible | Moyen | 0 | 0 | 0,006 | 0 | 0,006 |
| ext-sud | Faible | Faible | 2 | 1 | 0,015 | 3 | 3,015 |
| 4 chemins | Faible | Faible | 8 | 3 | 0,06 | 11 | 11,06 |

L'analyse révèle une corrélation positive modérée (r = 0.433) entre le « score de configuration du réseau » et l'accessibilité élevée qui correspond aux zones avec un PTAL « Excellent » ou « Très Bon ». Cette corrélation indique une tendance selon laquelle les unités de voisinage (UV) qui disposent d'un réseau de transport plus complexe, avec de nombreuses lignes qui se croisent et des arrêts de bus proches les uns des autres à l'instar de l'UV N°06, UV N°08, UV N°07 et l'UV N°01, ont également tendance à avoir une accessibilité PTAL élevée. Ceci suggère que les caractéristiques du réseau (densité, connectivité) ont un impact positif sur l'accessibilité, telle que mesurée par la PTAL.

Il est important de noter, cependant, que cette relation n'est pas linéaire et déterministe : la corrélation étant modérée, il est probable que d'autres facteurs (fréquence des lignes, temps d'attente aux arrêts, proximité aux centres d'activités, etc.) jouent un rôle complémentaire dans la détermination de l'accessibilité « PTAL élevée ». La dispersion des points sur le graphique confirme qu'un réseau bien structuré n'est pas toujours une condition suffisante pour assurer une accessibilité PTAL optimale.

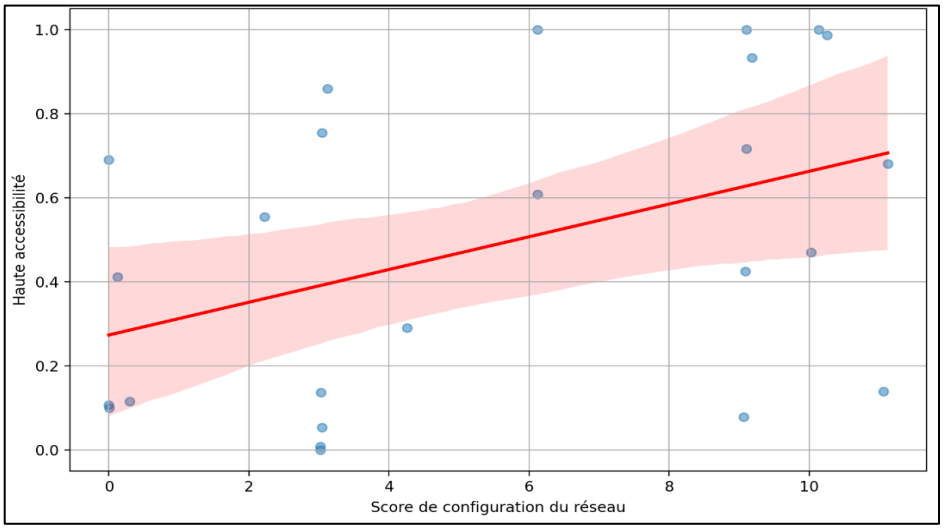



*Figure 6.19 Corrélation entre le « score de configuration du réseau »et la « haute accessibilité », auteure 2024*

L'analyse met en évidence une corrélation négative modérée (r = -0.343) entre le score de configuration du réseau et l'accessibilité moyenne, que nous allons ici associer aux niveaux « Bon »et « Moyen »de la PTAL. Ce résultat souligne un paradoxe : les UV qui présentent un réseau de transport plus complexe ont tendance à avoir une accessibilité de niveau moyen, telle que définie par la PTAL, moins élevée.

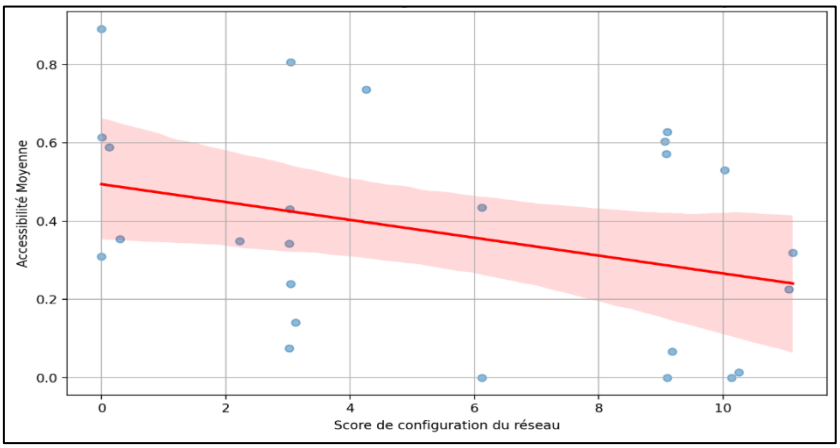



*Figure 6.20 Corrélation entre le " « score de configuration du réseau » et « l'accessibilité moyenne », auteure 2024*

Nous pourrions émettre l'hypothèse que dans les zones avec un réseau de transport très développé, la complexité des itinéraires et la concentration des ressources dans certaines zones peuvent désavantager les zones qui n'ont pas une position privilégiée comme l'UV N°13, l'UV N°09 et l'UV N°05, en termes de fréquence, d'arrêts, de temps d'attente. Nous pouvons aussi émettre l'hypothèse que l'indicateur ICL (ou score de configuration du réseau) favorise les zones de forte connectivité, ce qui ne correspond pas forcément aux zones avec

une accessibilité de niveau moyen. Le graphique montre une tendance générale à une diminution de l'accessibilité en fonction du score de configuration, et confirme cette idée.

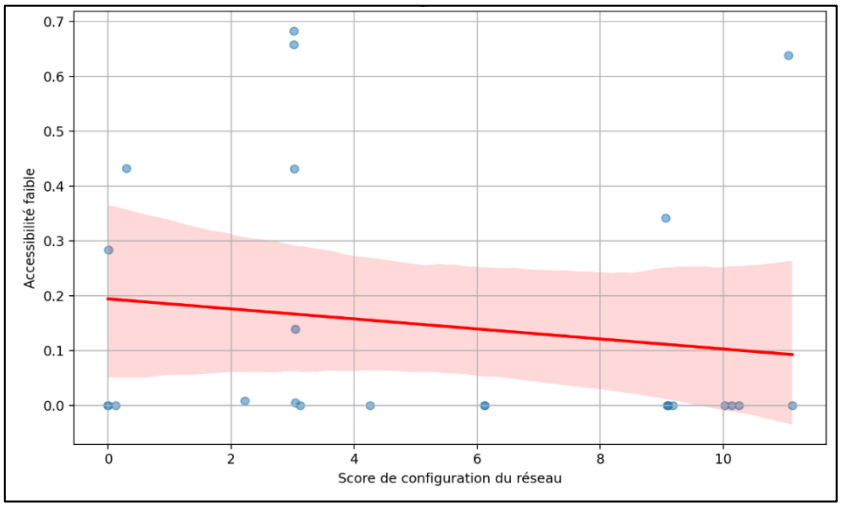



*Figure 6.21 Corrélation entre le « score de configuration du réseau » et « l'accessibilité faible », auteure 2024*

L'analyse démontre une corrélation négative faible (r = -0.154) entre le score de configuration du réseau et les niveaux Faible et Très Faible de l'accessibilité PTAL. Cette faible corrélation suggère que la configuration du réseau ne constitue pas un facteur déterminant pour l'accessibilité dans les zones mal desservies, selon la perspective de la méthode PTAL. Cela signifie qu'un réseau plus ou moins dense et connecté n'est pas suffisant pour améliorer la situation des zones qui sont considérées comme ayant une faible accessibilité par l'approche PTAL comme « Les 4 chemins », l'UV N°21, l'UV N°20. Dans ces zones, d'autres facteurs jouent un rôle plus important (éloignement des arrêts, faibles fréquences, temps d'attente, lacunes en matière d'aménagement urbain, etc.). Le nuage de points est très dispersé, ce qui confirme que le score de configuration ne peut pas être mis en relation avec l'accessibilité PTAL de niveau faible.

En résumé, l'analyse PTAL révèle une relation complexe entre la configuration du réseau et l'accessibilité. Une faible corrélation positive pour l'accessibilité élevée, une corrélation négative pour l'accessibilité moyenne, et l'absence de corrélation pour la faible accessibilité, indiquent un impact contrasté de la configuration. Ainsi, l'accessibilité ne se réduit pas à la structure du réseau, mais nécessite de considérer la qualité de l'offre, les fréquences, la proximité des arrêts, et l'aménagement urbain.

❖ **Autres facteurs spécifiques à Ali Mendjeli :**

*a- L'impact du Développement Historique de la ville Ali Mendjeli sur l'Accessibilité aux Transports en Commun (PTAL) :*

L'étude du développement historique d'Ali Mendjeli, de 1993 à 2022, révèle une transformation urbaine rapide et radicale, passant d'une petite agglomération à une ville en pleine expansion. Cette évolution spatio-temporelle a des implications profondes sur l'accessibilité aux transports en commun, en structurant les flux de mobilité et en créant des disparités géographiques.

- Polarisation spatiale : L'histoire de la ville d'Ali Mendjeli a créé une polarisation spatiale entre des zones denses, bien desservies en transports, et des zones périphériques ou en développement avec une accessibilité plus limitée. Les pôles universitaires, le centre-ville et les axes commerciaux concentrent une forte accessibilité en transport au détriment des zones périphériques.
- Inégalités d'accessibilité : L'expansion urbaine rapide et parfois désordonnée a généré des inégalités en matière d'accès aux transports. Les unités de voisinage les plus anciennes (UV N°06, UV N°08), avec un héritage de planification datant des années 2000, sont souvent mieux intégrés au réseau, tandis que les extensions plus récentes (UV N°21) manquent souvent d'une desserte de qualité.
- Dépendance à l'automobile : Le développement tentaculaire de la ville, combiné à une offre de transports en commun perfectible, a favorisé l'usage de l'automobile individuelle, renforçant les problèmes de congestion et d'inégalité dans la mobilité.
- Manque de vision intégrée : L'histoire du développement de la ville d'Ali Mendjeli dévoile une insuffisance de vision intégrale dans la planification de l'expansion urbaine et des systèmes de transport. Les infrastructures de transport ont souvent été construites après l'implantation des logements, et se retrouvent non ajustées sur le développement urbain.

- Défis de la mobilité douce : La priorité donnée au développement rapide et aux pôles d'activité n'a pas laissé la place à la mise en œuvre d'infrastructures pour la mobilité douce (carence en cheminements piétons, absence des pistes cyclables).

b- *Héritage de la planification urbaine à Ali Mendjeli : Incohérences et impacts sur l'accessibilité :*

L'analyse des plans d'aménagement d'Ali Mendjeli révèle un héritage de planification fragmentée, résultant d'un manque de vision unitaire à l'échelle du territoire. Cette situation a engendré des incohérences spatiales significatives entre quartiers, se traduisant par des lacunes infrastructurelles, des dysfonctionnements de la mobilité et un impact négatif sur l'accessibilité aux transports en commun. Les principales incohérences incluent :

- Une absence de cheminements piétons cohérents, obligeant les piétons à des parcours dangereux et peu adaptés, ce qui favorise la dépendance automobile.
- Un manque de connexions entre les réseaux routiers, entraînant des détours inutiles, une complexité des déplacements et limitant l'efficacité des transports publics.
- Une carence en mobilier urbain informatif, rendant difficile l'orientation des usagers.
- Un déficit de systèmes de transport intelligents, nuisant à l'efficacité et à l'attractivité du réseau.
- Une implantation tardive de feux tricolores, témoignant d'un manque de coordination entre les modes de transport.

Ces incohérences ont eu des conséquences directes sur l'accessibilité :

- L'absence de cheminements piétons sécurisés complique l'accès aux arrêts de bus et aux stations de tramway, réduisant l'attractivité des transports publics.
- Le manque de continuité du réseau routier entrave la circulation et allonge les temps de trajet, tandis que le déficit d'information désoriente les usagers.
- La dépendance à la voiture individuelle se trouve ainsi renforcée, contribuant à la congestion, à la pollution et aux inégalités d'accès.
- Les incohérences spatiales ont un impact direct sur l'équité territoriale.
- Les difficultés d'implantation de nouvelles lignes de bus ou de nouvelles stations de tramway soulignent les contraintes d'une planification qui manque de vision d'ensemble. En outre, il existe un déficit dans l'intégration des mobilités douces.

L'analyse de cet héritage met en évidence la nécessité d'une approche plus holistique et intégrée de la planification urbaine et des transports. Une vision unitaire à l'échelle du

territoire est indispensable, en accordant une priorité à la mobilité douce et à l'optimisation du maillage routier.

L'implantation de systèmes de transport intelligents, d'un mobilier urbain informatif, et des évaluations ex post (a posteriori) des plans est essentielle afin d'améliorer la qualité de l'espace public, l'efficacité des transports en commun, et l'équité territoriale. Il est impératif de corriger ces erreurs héritées des phases de développement afin de promouvoir une mobilité urbaine plus durable, inclusive, et efficiente.

## 6.2 La méthode Isochronique : Analyse spatio-temporelle de l'accessibilité

L'approche par isochrones vient compléter la méthode PTAL en offrant une perspective spatio-temporelle de l'accessibilité, basée sur les temps de trajet réels plutôt que sur des indices composites. Cette méthode permet de visualiser l'étendue du territoire accessible depuis chaque arrêt de bus, en fonction de seuils temporels prédéfinis.

### 6.2.1 Génération et visualisation des isochrones :

La cartographie par isochrones visualise spatialement l'étendue de l'accessibilité aux transports en commun pour chaque unité de voisinage (UV) d'Ali Mendjeli. Au lieu d'un indice unique comme le PTAL, cette approche cartographie les zones accessibles depuis les arrêts de bus et les stations du tramway en fonction du temps de trajet. Cette méthode permet de visualiser directement l'étendue du territoire accessible en un temps donné.

La visualisation des isochrones nécessite plusieurs jeux de données :

- Les points de départ de l'analyse : Les arrêts de bus et les stations de tramway SAPs, qui servent de points de départ pour le calcul des isochrones.
- Le réseau routier : Un modèle numérique du réseau routier d'Ali Mendjeli, qui décrit l'ensemble des voies carrossables, et qui permet de modéliser les temps de trajet des bus et tramway.
- Les horaires de passage des bus et tramway : Les données relatives aux lignes de transport en commun, aux arrêts qu'elles desservent, ainsi que leurs horaires de passage, sont indispensables pour calculer les isochrones en tenant compte du temps d'attente.
- Les seuils temporels : Des valeurs de temps (ex: 5, 10, 15, 20 minutes), qui permettent de délimiter les zones accessibles en un temps donné, et de visualiser l'accessibilité de manière concrète.

*Tableau 6.6 : palette des couleurs sur la carte des isochrones, auteure 2024*

| ISOCHRONES | Plage de l'indice d'accessibilité | Couleur de la carte |
|---|---|---|
| **5** | 0-5 minutes | |
| **10** | 5-10 minutes | |
| **15** | 10-15 minutes | |
| **20** | 15-20 minutes | |
| **>20** | > 20 minutes | |

### 6.2.2 Analyse quantitative et spatiale des isochrones :

Cette section vise à analyser les résultats de la modélisation par isochrones, en quantifiant l'accessibilité spatio-temporelle et en mettant en évidence les disparités entre les unités de voisinage (UV). L'analyse s'appuie sur le tableau récapitulatif des surfaces accessibles par isochrones (Tableau 6.7), ainsi que sur les visualisations cartographiques (Figures 6.22 et 6.23).

Le tableau 6.7 présente, pour chaque unité de voisinage (UV), la surface (en m²) accessible depuis les arrêts de bus, pour différents seuils temporels (5, 10, 15, 20 minutes, et même >20 minutes). Il permet également de calculer la part de chaque UV qui est accessible dans ces seuils de temps (en pourcentage).

- Accès en 5 minutes (ISO 5) : En moyenne, une faible partie du territoire des UV est accessible en 5 minutes, avec une moyenne de 19698 m², et un écart-type de 22525, ce qui montre une dispersion importante des valeurs. La proportion moyenne de surface des UV accessible en 5 minutes est de 25% (avec un écart-type de 28%). La plupart des UV sont loin d'avoir une grande partie de leur superficie accessible en 5 minutes. Certaines UV (comme les UV N°07, N°08 et N°15) ont une proportion importante de leur territoire accessible en 5 minutes (respectivement 47%, 68% et 34%), ce qui témoigne de leur proximité par rapport aux arrêts de bus. A l'inverse, l'extension Sud (3%) ou l'UC3 (6%) ne possèdent qu'une très faible portion accessible en 5 minutes.
- Accès en 10 minutes (ISO 10) : On observe une augmentation notable des surfaces accessibles en 10 minutes (109461 m² en moyenne, un écart-type de 79841), et 41% de surfaces couvertes en moyenne (avec un écart type de 27%). Ces valeurs sont bien supérieures à celles en 5 minutes. Les UV N°08, N°15 et N°19 sont entièrement

couvertes en 10 minutes (100%) et l'UV 6 est presque entièrement couverte (99%). D'autres UV comme UV N°07, N°13 et N°14 ont un fort pourcentage couvert, respectivement 51%, 65% et 76%. Les UV qui ont la plus faible proportion de leur territoire accessible en 10 minutes sont principalement la zone de l'extension Sud (13%), le pôle universitaire UC3 (37%), ainsi que l'extension Ouest UV N°21 (53%) et celle des quatre chemins (29%).

- Accès en 15 minutes (ISO 15) : La surface accessible moyenne est de 164396 m² (un écart-type de 296662). Le pourcentage moyen de surface accessible dans les UV en 15 minutes est de 62% (avec un écart type de 32%). On constate que le maximum de surface accessible en 15 minutes est de 296662 m² (UV 21) et le minimum est de 0 m². On constate l'apparition de plusieurs UV qui sont entièrement accessibles en 15 minutes : 4, 9, 15, 17. Plusieurs UV présentent encore des portions de territoire non accessible en 15 minutes : il s'agit de l'UV 21 (73%), de l'extension sud (68%), du centre UC3 (68%), des quatre chemins (49%).
- Accès en 20 minutes (ISO 20) : La surface accessible moyenne est de 187283 m² (un écart-type de 247283). En moyenne 47% des UV sont accessibles en 20 minutes, avec un écart-type important (30%), ce qui signifie une grande variabilité des valeurs. Seules les UV 12, 17, 19 et la ZAM sont complètement couvertes en 20 minutes. Par contre l'extension sud (62%), le centre universitaire UC3 (64%), et l'UV 21 (87%) ne sont que partiellement accessibles en 20 minutes.
- Accès en plus de 20 minutes (>20) : Le tableau fait apparaître des surfaces d'UV qui sont inaccessibles en 20 minutes. Il s'agit notamment de l'extension Sud et du pôle de l'UC3, ainsi que les quatre chemins et l'UV N°21. La surface moyenne accessible en plus de 20 minutes est de 60262m² (écart type 96722), ce qui est une valeur très faible par rapport à la surface des UV. Le pourcentage moyen de surface des UV accessible en plus de 20 minutes est de 24% (écart-type de 32%). L'extension Sud et l'université UC3 présentent une part non négligeable de leur surface non accessible en 20 minutes (respectivement 60% et 10%). Les 4 chemins, présentent encore 45% de leur territoire non accessible en 20 minutes. Cette observation souligne une carence en transports en commun dans ces zones.

*Tableau 6.7 Tableau récapitulatif des surfaces accessibles par isochrones, auteure 2024*

| UV | area | ISO 5 | pourcentage ISO 5 | ISO 10 | pourcentage ISO 10 | ISO 15 | pourcentage ISO 15 | ISO 20 | pourcentage ISO 20 | >20 | pourcentage ISO >20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 40,758 | 40,541 | 99% | 40,764 | 100% | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 8 | 22,525 | 15,33 | 68% | 22,529 | 100% | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 15 | 52,338 | 33,55 | 64% | 52,346 | 100% | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 14 | 49,39 | 6,235 | 13% | 37,616 | 76% | 49,215 | 100% | 49,398 | 100% | 0 | 0% |
| 13 | 55,971 | 10,467 | 19% | 54,455 | 97% | 55,98 | 100% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 21 | 408,005 | 90,151 | 22% | 217,792 | 53% | 296,662 | 73% | 355,656 | 87% | 52,415 | 13% |
| 2 | 50,634 | 22,941 | 45% | 44,054 | 87% | 50,642 | 100% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 3 | 34,966 | 20,472 | 59% | 34,972 | 100% | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 4 | 73,911 | 20,313 | 27% | 48,155 | 65% | 69,793 | 94% | 73,923 | 100% | 0 | 0% |
| 18 | 108,207 | 17,274 | 16% | 51,035 | 47% | 98,584 | 91% | 105,539 | 98% | 2,686 | 2% |
| 17 | 84,73 | 47,392 | 56% | 84,744 | 100% | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 19 | 64,062 | 16,789 | 26% | 52,89 | 83% | 64,073 | 100% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 20 | 46,233 | 1,547 | 3% | 10,507 | 23% | 36,835 | 80% | 46,241 | 100% | 0 | 0% |
| 1 | 83,641 | 25,877 | 31% | 79,392 | 95% | 83,654 | 100% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 10 | 41,092 | 0 | 0% | 20,549 | 50% | 39,422 | 96% | 41,099 | 100% | 0 | 0% |
| 12 | 25,44 | 0 | 0% | 16,019 | 63% | 23,793 | 94% | 25,444 | 100% | 0 | 0% |
| 9 | 66,544 | 11,992 | 18% | 47,905 | 72% | 63,098 | 95% | 66,555 | 100% | 0 | 0% |
| 7 | 85,587 | 52,014 | 61% | 85,601 | 100% | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 5 | 107,816 | 26,28 | 24% | 84,011 | 78% | 106,371 | 99% | 107,834 | 100% | 0 | 0% |
| ZAM | 130,619 | 16,855 | 13% | 61,642 | 47% | 129,588 | 99% | 130,64 | 100% | 0 | 0% |
| 16 | 130,779 | 38,946 | 30% | 120,288 | 92% | 130,736 | 100% | 130,8 | 100% | 0 | 0% |
| 11 | 85,718 | 10,814 | 13% | 22,623 | 26% | 30,966 | 36% | 53,135 | 62% | 87,727 | 102% |
| UC3 | 172,063 | 10,745 | 6% | 63,015 | 37% | 116,975 | 68% | 161,26 | 94% | 10,831 | 6% |
| ext-sud | 473,502 | 15,254 | 3% | 60,479 | 13% | 115,997 | 24% | 187,283 | 40% | 285,649 | 60% |
| 4 chemins | 165,832 | 15,418 | 9% | 48,569 | 29% | 81,585 | 49% | 91,806 | 55% | 74,53 | 45% |
| TOTAL | 2660,363 | 567,197 | 21% | 1461,952 | 55% | 1643,969 | 62% | 1626,613 | 61% | 513,838 | 19% |
| ecartype | 108,734508 | 19,6968589 | 0,25644784 | 41,752227 | 0,28700308 | 64,9128435 | 0,41915582 | 83,3514079 | 0,47018084 | 60,2621967 | 0,24360387 |
| min | 22,525 | 0 | 0 | 10,507 | 0,12772702 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| max | 473,502 | 90,151 | 0,99467589 | 217,792 | 1,00017758 | 296,662 | 1,00017171 | 355,656 | 1,00017304 | 285,649 | 1,02343732 |

La carte ci-dessous (figure 6.23 permet de visualiser, pour chaque UV, la proportion de surface accessible en différents temps de trajet (5, 10, 15, 20, >20 minutes) depuis les arrêts de bus et les stations du tramway.

- Zones centrales : Les UV situées au centre de la ville d'Ali Mendjeli (UV N°02, N°03, N°06, N°07, N°08, N°09, N°15, N°16, N°17 et N° 19) présentent une part importante de leur territoire accessible en moins de 10 minutes, ce qui indique une bonne accessibilité au réseau de transport.
- Zones périphériques : Les UV situées à la périphérie (extension sud, 4 chemins, UC3 et UV N°21) présentent une part importante de leur territoire inaccessible en 20 minutes. Il s'agit bien de zones marginalisées.
- Décroissance de l'accessibilité : La carte confirme que l'accessibilité diminue à mesure que l'on s'éloigne du centre-ville, notamment du fait de la localisation de la ligne de tramway et des principaux axes de circulation des bus.

La carte (figure 19) visualise les zones accessibles depuis les arrêts de bus et les stations du tramway, pour des seuils de temps de 5, 10, 15, 20 minutes et supérieur à 20 minutes.

- Densité des isochrones : Les zones où les isochrones sont denses et se chevauchent (centre-ville) correspondent aux zones de forte accessibilité.
- Zones isolées : Les zones où les isochrones sont clairsemées et ne couvrent pas tout le territoire (périphéries) sont les zones les moins bien desservies.
- Effet du réseau : La configuration du réseau routier influence la forme des isochrones, par exemple avec des axes de pénétration de l'accessibilité le long des principales routes. La carte montre une concentration de l'accessibilité sur les axes principaux, avec des zones qui sont mal connectées.
- Gare bimodale : L'implantation de la gare bimodale apparait comme le point de connexion le plus efficace, comme en atteste son isochrone en 5 minutes qui est bien plus étendu que les autres. La gare est de fait un pôle d'accessibilité majeur.

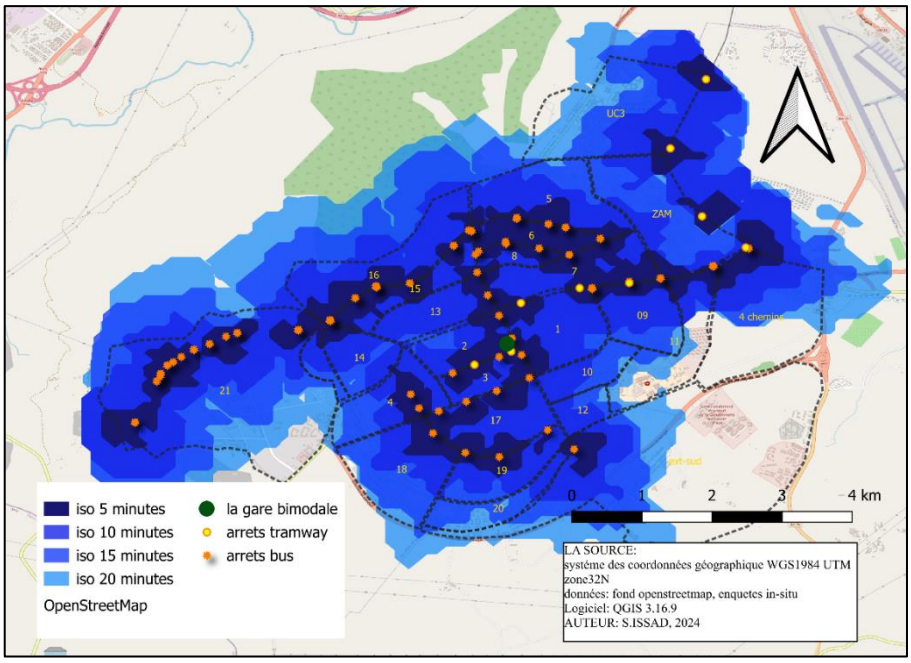



*Figure 6.22 : Classification des isochrones dans la ville Ali Mendjeli, auteure 2024*

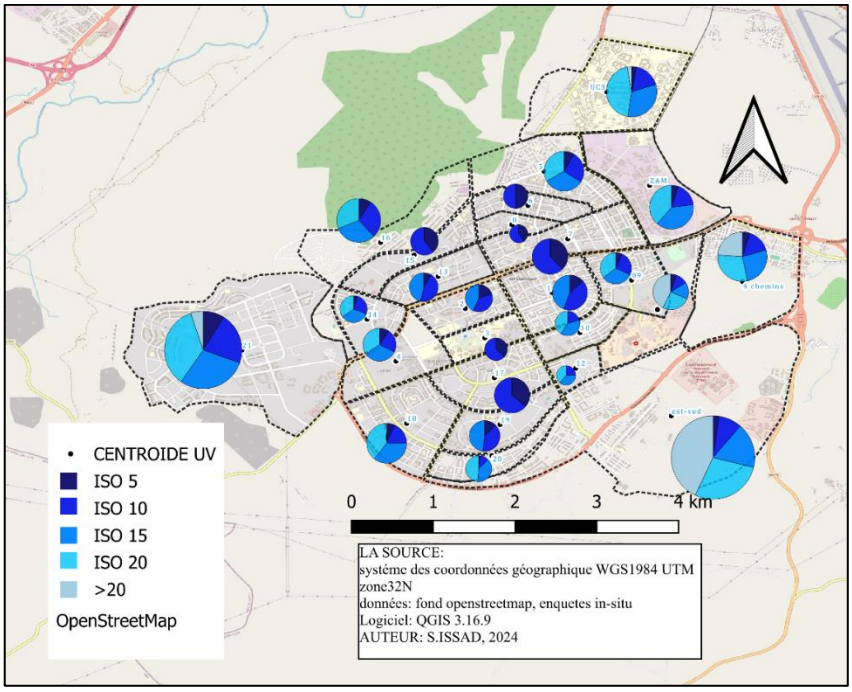



*Figure 6.23 Proportion des isochrones dans la ville Ali Mendjeli par UV, auteure 2024*

### 6.2.3 Corrélations et facteurs explicatifs des disparités d'accessibilité selon les isochrones :

Ce niveau d'analyse vise à analyser les disparités d'accessibilité aux transports à Ali Mendjeli via les isochrones, pour identifier, quantifier et comprendre les facteurs explicatifs de l'accessibilité spatio-temporelle. Au-delà d'une corrélation linéaire, nous adoptons des

approches multi-niveaux et une interprétation contextuelle. Afin de comparer les PTAL et isochrones, une adaptation de la classification des UV, conservant les catégories (Haute, Moyenne, Faible Accessibilité), est proposée, assurant une cohérence méthodologique.

*Tableau 6.8 Niveaux d'accessibilité isochrones par UV, auteure 2024*

| Niveau d'accessibilité | Surfaces Ha | UV | Densité de la population | Nombre d'équipement |
|---|---|---|---|---|
| **HAUT** | 763,59 | 6 | 228,667 | 9 |
| | | 8 | 576,471 | 4 |
| | 28,91% | 15 | 138,523 | 4 |
| | | 3 | 0 | 1 |
| | | 17 | 356,249 | 9 |
| | | 16 | 95,581 | 7 |
| | | 13 | 343,928 | 8 |
| | | 2 | 295,355 | 21 |
| | | 14 | 253,088 | 6 |
| | | 19 | 210,733 | 5 |
| | | 7 | 278,08 | 29 |
| | | 1 | 470,762 | 24 |
| **MOYEN** | 522,90 | ZAM | 0 | 0 |
| | | 5 | 561,651 | 16 |
| | 19,80% | 10 | 102,21 | 6 |
| | | 9 | 217,901 | 10 |
| | | 4 | 47,354 | 10 |
| | | 12 | 82,547 | 0 |
| | | 18 | 272,626 | 13 |
| | | 20 | 465,036 | 5 |
| | | 16 | 95,581 | 7 |
| **FAIBLE** | 1354,65 | 21 | 171,861 | 1 |
| | | UC 3 | 13,367 | 5 |
| | 51,29% | 4 chemins | 47,85 | 9 |
| | | 11 | 0 | 7 |
| | | ext-sud | 84,202 | 14 |

La redéfinition de la classification se base sur les principes suivants :

- Seuils d'accessibilité temporelle : L'accessibilité est évaluée en fonction de la proportion de la surface de l'UV accessible dans des seuils temporels prédéfinis. Ces

seuils sont définis selon l'hypothèse qu'un accès rapide aux services de transport est un facteur clé de l'accessibilité effective pour les usagers. Le seuil de 10 minutes est considéré comme une référence pour une accessibilité élevée, tandis que le seuil de 15 minutes représente une accessibilité moyenne. Ces seuils temporels sont justifiés par une littérature existante qui considère qu'un temps de marche supérieur à 10 minutes commence à décourager les usagers.

- Indicateur de surface relative : L'indicateur utilisé est la proportion de surface de l'UV accessible dans les seuils temporels prédéfinis. Cela permet de normaliser l'accessibilité en tenant compte de la surface totale de chaque UV, et de comparer les UV entre elles, quelle que soit leurs tailles. Cet indicateur permet de quantifier l'accessibilité à une échelle spatiale relative.
- Classification en catégories mutuellement exclusives : Les seuils choisis définissent des catégories d'accessibilité mutuellement exclusives, garantissant une classification des UV ans aucune ambiguïté.

Sur la base de ces précédentes explications, la classification des UV est redéfinie comme suit :

- Haute accessibilité (Isochrones) : Une UV est classée dans cette catégorie si la proportion cumulée de sa surface accessible en moins de 10 minutes (ISO 10) est supérieure ou égale à 0.75 (75 %). Ce seuil indique qu'une proportion majoritaire et significative de l'UV est accessible dans un temps de trajet considéré comme très rapide et acceptable pour la plupart des usagers. Il est implicite que les zones où la surface accessible en moins de 10 minutes est supérieure à 75% sont considérées comme très bien desservies par le transport en commun.
- Accessibilité moyenne (Isochrones) : Une UV est classée dans cette catégorie si la proportion cumulée de sa surface accessible en moins de 15 minutes (ISO 15) est supérieure ou égale à 0.75 (75 . Ce seuil indique qu'une part importante de l'UV est accessible dans un temps de trajet considéré comme raisonnable pour les déplacements du quotidien. Les zones ou les surfaces accessibles en moins de 15 minutes est inférieure à 100% indiquent une desserte qui pourrait être améliorée.
- Faible accessibilité (Isochrones) : Une UV est classée dans cette catégorie si la proportion de sa surface accessible en moins de 15 minutes est strictement inférieure à 0.75 (75 %). Ce seuil indique que la majorité de l'UV est mal desservie par les

transports en commun, ou que l'offre de transport en commun nécessite d'être renforcée.

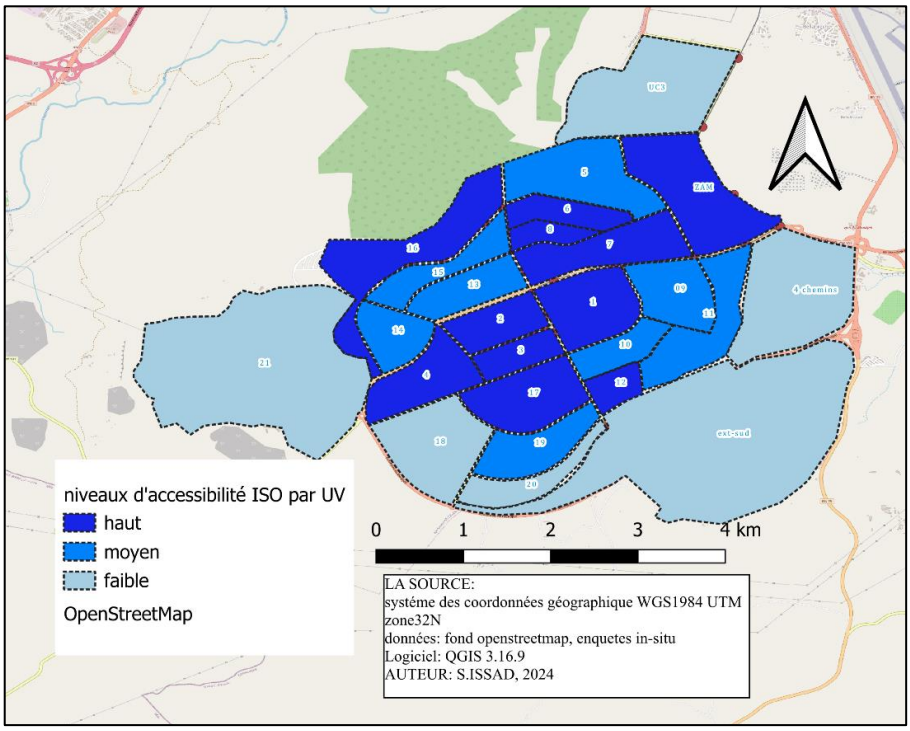



*Figure 6.24 Niveaux d'accessibilité isochrones par UV, auteure 2024*

Les disparités d'accessibilité observées peuvent être attribuées à plusieurs facteurs :

❖ **<u>Densité de population et accessibilité isochrones :</u>**

Nous passons maintenant à une analyse fouillée de la corrélation entre la densité de population et l'accessibilité aux transports en commun dans la ville d'Ali Mendjeli. L'étude utilise l'approche par isochrones, une méthode spatio-temporelle qui permet de visualiser l'accessibilité en fonction du temps de trajet. Pour mieux comprendre les variations de cette relation, l'analyse distingue les trois niveaux d'accessibilité : Élevée, Moyenne et Faible. Cette méthodologie repose sur l'exploitation de données quantitatives, telles que les coefficients de corrélation, ainsi que sur des données qualitatives issues d'analyses de nuages de points, accompagnées d'une interprétation contextuelle des résultats. L'analyse des UV à haute accessibilité (ISO 10 ≥ 75%) ne révèle aucune corrélation significative avec la densité de population ($r \approx 0.0084$), rejetant l'hypothèse d'un lien direct. La densité varie considérablement (0-576.47 habitants/km²) sans influencer les pourcentages ISO 10 (76%-100%). Ainsi, à Ali Mendjeli, l'accessibilité en moins de 10 minutes n'est pas conditionnée par la densité, soulignant un déséquilibre territorial.

Cette conclusion est renforcée par l'observation d'une hétérogénéité marquée au sein des UV à accessibilité élevée. La densité de population varie considérablement, allant de zones à forte densité (par exemple, les UV N°08 et N°01) à des zones à densité moyenne (UV N°06, N°07 et N°17), ou faible, voire nulle (UV N°03, N°12 …).

Cette hétérogénéité de la densité, couplée à des configurations spatiales très diversifiées (centre-ville, périphérie, zones d'activité, pôles universitaires, zones commerciales) met en évidence la complexité de la relation entre la concentration de la population et l'accessibilité, et souligne l'importance d'autres facteurs, notamment ceux liés à l'organisation du réseau de transport en commun.

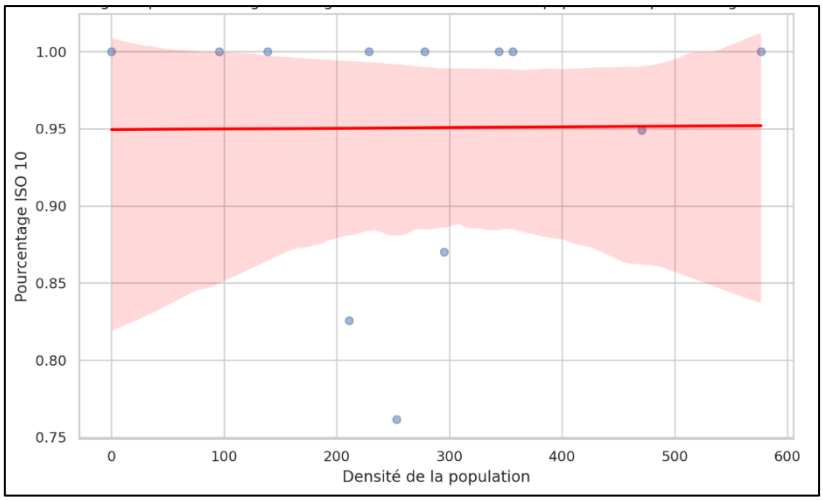



*Figure 6.25 Corrélation entre la densité de population et pourcentage ISO 10, auteure 2024*

Les UV à accessibilité moyenne (ISO 15 ≥ 75%) présentent une corrélation négative modérée avec la densité ($r \approx -0.436$), suggérant qu'une densité élevée peut nuire à l'accessibilité en raison de la congestion. Cette relation inverse remet en question l'hypothèse d'un lien linéaire densité-accessibilité, soulignant la nécessité d'adapter le réseau de transport au contexte local pour garantir des déplacements fluides en zones denses.

L'analyse des unités de voisinage (UV) à accessibilité moyenne révèle une hétérogénéité significative de la densité de population, allant de zones à faible densité (ZAM, UV N°04, N°10, N°16) à des zones à densité moyenne (UV N°11, N°18) et à forte densité (UV N°05, N°14). Cette diversité remet en question l'existence d'une relation déterministe entre densité de population et accessibilité à un seuil de 15 minutes. Le fait que certaines zones peu denses présentent une accessibilité moyenne confirme que d'autres facteurs, au-delà de la densité, influencent la performance des transports en commun. Ces résultats soulignent la nécessité d'une planification des transports qui soit adaptée aux spécificités

locales et à la configuration du réseau, afin de garantir une accessibilité optimale aussi bien dans les zones denses que dans les zones peu denses.

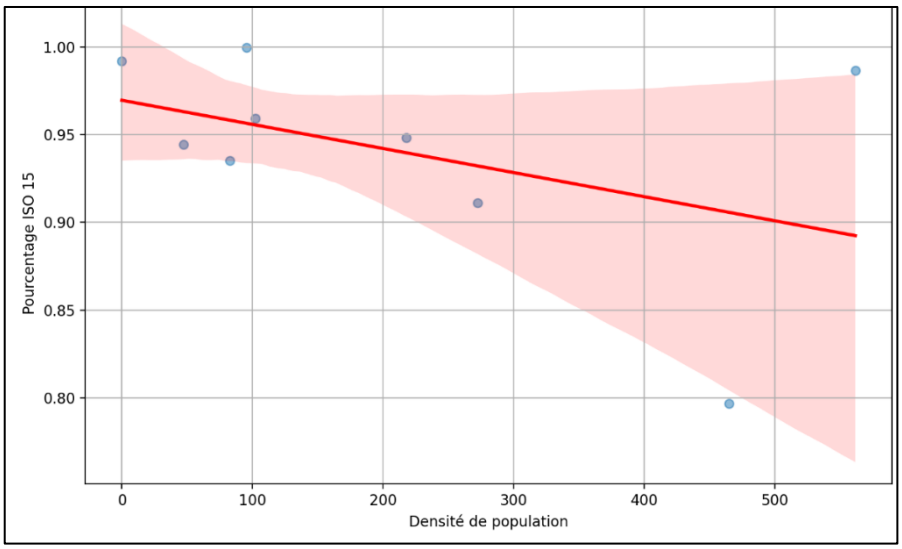



*Figure 6.26 Corrélation entre la densité de population et pourcentage ISO 15, auteure 2024*

L'analyse des unités de voisinage (UV) classées dans la catégorie d'accessibilité faible (moins de 75% de surface accessible en moins de 15 minutes) révèle une absence de relation statistiquement significative entre la densité de population et les indicateurs d'accessibilité à des seuils temporels de 20 minutes (Pourcentage ISO 20, $r \approx 0.13$) et de plus de 20 minutes (Pourcentage ISO > 20, $r \approx -0.13$). La faible amplitude des coefficients de corrélation, combinée à une dispersion des données observée dans les nuages de points, confirme que la densité de population n'exerce pas d'influence significative sur l'étendue de l'accessibilité aux transports en commun dans les zones mal desservies. Les résultats mettent en évidence que l'accessibilité est déterminée par d'autres facteurs, qui sont liés à la configuration du réseau, à la qualité et la fréquence des services de transport, ou à la configuration du territoire lui-même.

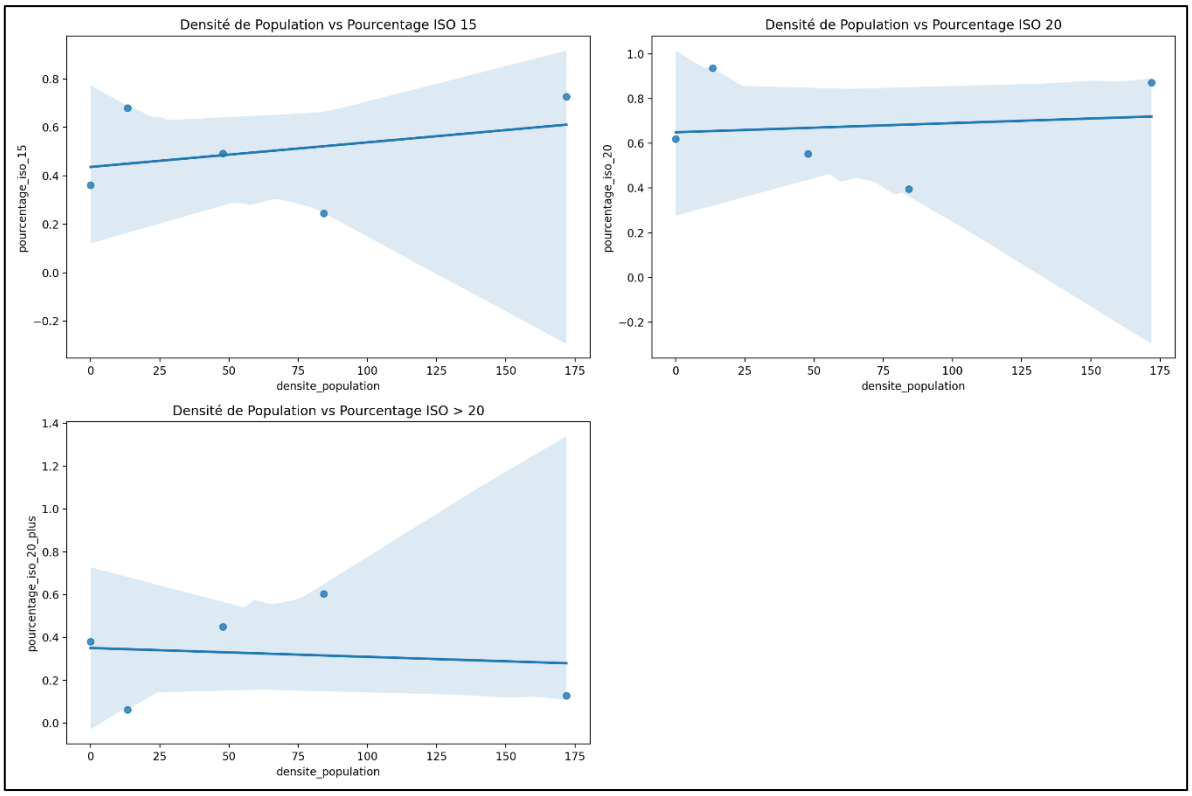



*Figure 6.27 Corrélation entre la densité de population et le pourcentage ISO <15, la densité de population et pourcentage ISO 20 et la densité de population et pourcentage ISO >20, auteure 2024*

❖ **<u>Nombre d'équipement par UV et Accessibilité Isochrones :</u>**

L'analyse de l'accessibilité élevée, évaluée par le pourcentage ISO 10 (proportion de la surface accessible en moins de 10 minutes), révèle une absence de relation linéaire avec le nombre d'équipements. Le coefficient de corrélation de 0.0035, extrêmement proche de zéro, confirme l'indépendance statistique entre ces deux variables. Le nuage de points, avec sa dispersion importante et sa ligne de régression quasi-horizontale, renforce cette absence de relation. Ces résultats indiquent que, dans le contexte étudié, l'implantation d'un nombre élevé d'équipements ne garantit pas une accessibilité améliorée en termes de temps de trajet inférieur à 10 minutes, et souligne la complexité des mécanismes qui sous-tendent l'accès au transport en commun. L'exemple de l'UV N°07 qui a un nombre important d'équipement (29) mais qui ne manifeste pas une accessibilité supérieure est un élément qui met en évidence que l'impact du nombre d'équipements est à nuancer.

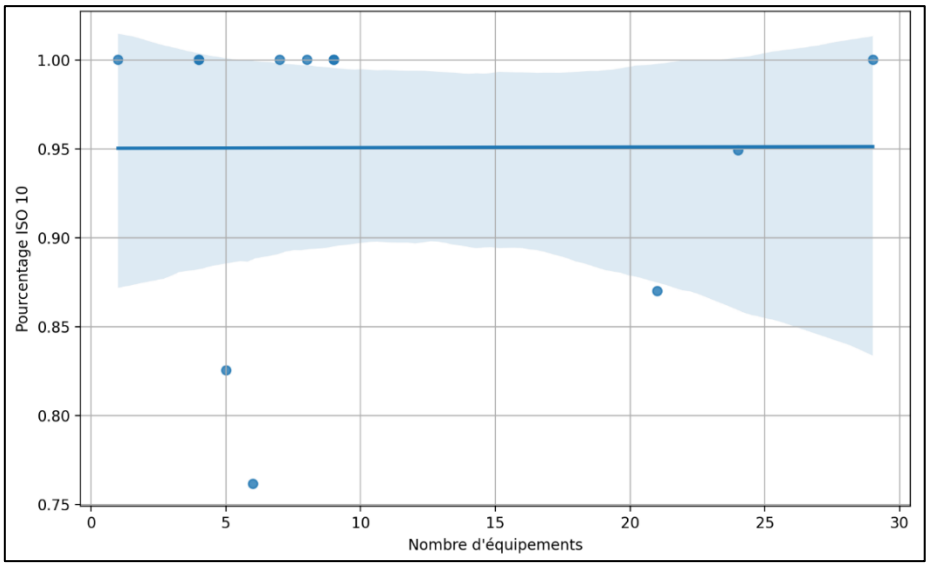



*Figure 6.29 Corrélation entre le nombre d'équipements et le pourcentage ISO 10, auteure 2024*

L'analyse de l'accessibilité moyenne, évaluée par le pourcentage ISO 15 (proportion de la surface accessible en moins de 15 minutes), révèle une corrélation positive, mais d'une intensité très faible (0.0797) avec le nombre d'équipements. Cette corrélation à la limite de la non significativité, ne permet pas de conclure à une influence du nombre d'équipement sur la proportion de surface accessible à 15 minutes. Le nuage de points confirme visuellement cette absence de relation, en montrant une distribution dispersée des données et une droite de régression quasiment horizontale. L'analyse montre que la présence d'équipements ne se traduit pas de manière linéaire par un avantage en termes de temps d'accès pour cette catégorie d'accessibilité, ou du moins par une plus grande superficie accessible.

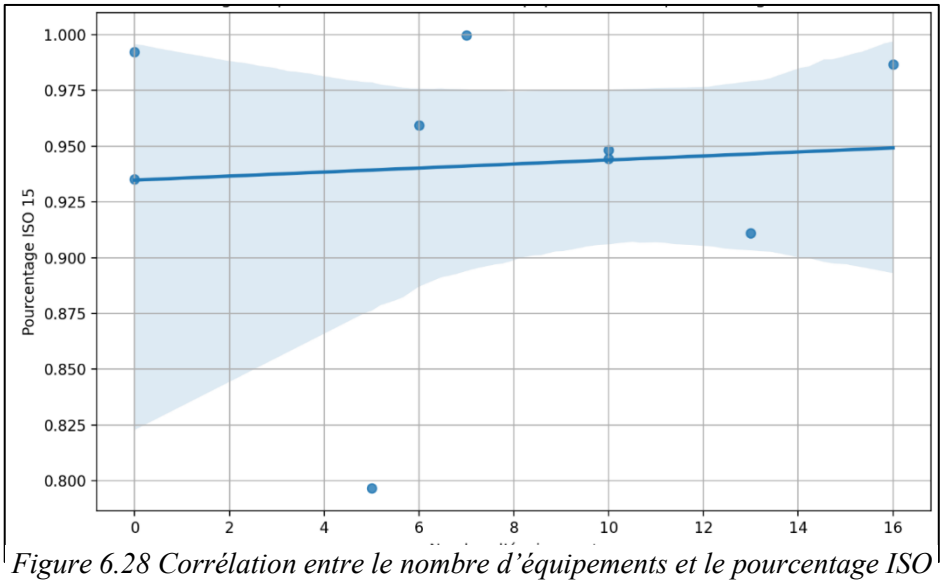



*Figure 6.28 Corrélation entre le nombre d'équipements et le pourcentage ISO 15, auteure 2024*

L'étude des UV à faible accessibilité, utilisant les indicateurs Pourcentage ISO 20 et Pourcentage ISO > 20, révèle des relations complexes et non linéaires. Les nuages de points ne montrent pas de tendance nette, et les corrélations ne permettent pas de dégager une relation probante entre l'étendue des zones accessibles à 20 minutes ou au-delà, et le nombre d'équipement. L'analyse du nuage de points sur le Pourcentage ISO 15 indique une certaine concentration des valeurs avec une forte accessibilité quand le nombre d'équipements est fort, mais la tendance ne se confirme pas sur le Pourcentage ISO 20 et ISO > 20. Les résultats montrent une absence de relation nette, et surtout que le nombre d'équipements, seul, ne suffit pas à comprendre pourquoi ces zones ont des difficultés d'accès au transport en commun. Nous pouvons avancer l'hypothèse que les équipements, quand ils existent dans les zones avec une faible accessibilité, sont mal connectés au réseau de transport en commun (ou qu'ils sont implantés à des endroits où les temps d'accès sont longs ou difficiles). De fait, l'absence de lien entre le nombre d'équipements et l'accessibilité confirme que d'autres facteurs, notamment liés à la structuration du réseau, sont les plus déterminants pour l'accessibilité.

- **Analyse de la configuration du réseau et de son impact sur l'accessibilité isochrones :**

Nous explorons à ce niveau l'influence de la configuration du réseau de transport en commun sur l'accessibilité, en utilisant l'approche par isochrones. L'analyse se base sur le « score de configuration du réseau » (que l'on peut assimiler à l'ICL soit_l'Indice de Connectivité de la Ligne considérée) et son lien avec les différents niveaux d'accessibilité, définis à partir des surfaces accessibles en divers seuils de temps (ISO 10, ISO 15, ISO 20, et ISO > 20). L'objectif est de comprendre comment la densité et la connectivité du réseau influencent l'étendue spatio-temporelle de l'accessibilité.

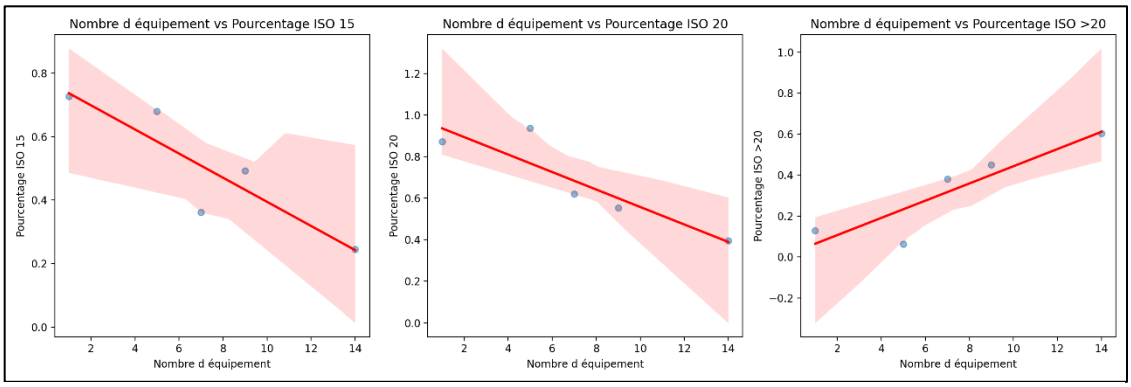



*Figure 6.30 Corrélation entre le nombre d'équipements et le pourcentage ISO <15, la densité de population et pourcentage ISO 20 et la densité de population et pourcentage ISO >20, auteure 2024*

L'analyse des unités de voisinage (UV) classées comme ayant une accessibilité élevée, définie par un pourcentage ISO 10 supérieur à 75 %, révèle une corrélation positive modérée (r = 0.359) entre le « score de configuration du réseau »et le pourcentage ISO 10 (FIGURE). Cette relation indique une tendance : les UV disposant d'un réseau plus dense, mieux connecté, avec des arrêts proches les uns des autres et une présence de points de correspondance, ont également tendance à avoir une proportion plus élevée de leur territoire accessible en moins de 10 minutes (UV6, UV8, UV1). Cependant, la corrélation n'étant que modérée, cette relation n'est pas déterministe, et d'autres facteurs doivent être pris en compte. Le nuage de points confirme visuellement cette tendance, avec une dispersion notable, ce qui met en évidence qu'un réseau bien structuré est un facteur favorable, mais non suffisant, pour garantir une accessibilité élevée.

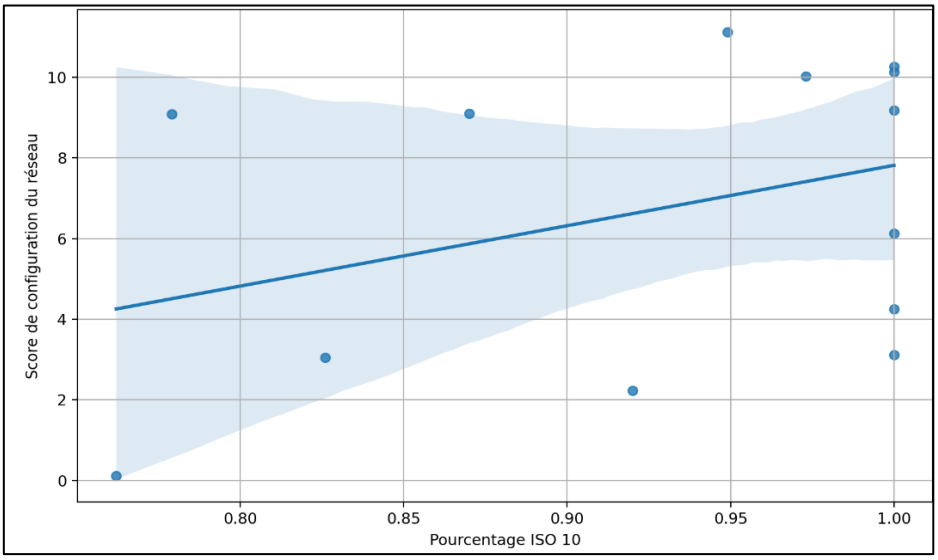



*Figure 6.31 Corrélation entre Configuration du Réseau et le pourcentage ISO 10, auteure 2024*

L'analyse complémentaire avec le filtre ISO 15> 75%, montre que cette corrélation devient plus forte (r=0.475) en se concentrant sur les zones d'accessibilité moyenne. Ces deux résultats tendent à indiquer que la configuration du réseau impacte positivement les zones ayant un accès au transport de qualité, tout en soulignant que d'autres paramètres influencent également ce résultat.

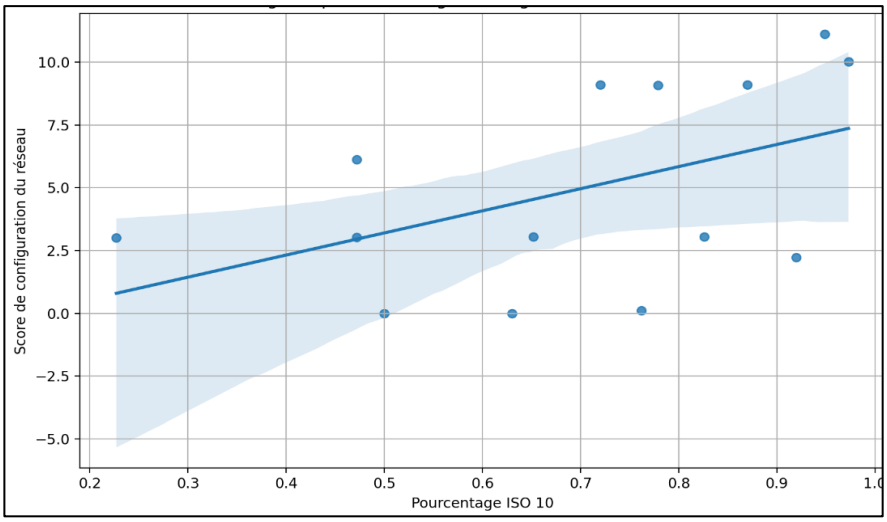



*Figure 6.32 Corrélation entre la Configuration du Réseau et le pourcentage ISO 15, auteure 2024*

L'analyse met en évidence un paradoxe : une corrélation négative modérée est observée entre le score de configuration du réseau et les pourcentages des surfaces ISO 15 <75% (r = -0.456) et ISO 20 (r = -0.462) pour les zones considérées comme ayant une accessibilité faible. Ce résultat indique que, contrairement à l'accessibilité élevée, les zones ayant une configuration du réseau plus complexe ont tendance à avoir une proportion plus faible de leur territoire accessible en 15 et 20 minutes. Cette relation inverse met en évidence une complexité dans l'impact de la configuration du réseau. En effet, la complexité des itinéraires, les difficultés de correspondances, les temps d'attente et l'hétérogénéité de l'offre peuvent expliquer ce phénomène, qui est confirmé visuellement par les nuages de points.

Enfin, l'analyse des zones qui ont les pourcentages de surface accessibles dans des délais supérieurs à 20 minutes (ISO > 20), révèle une corrélation très faible et non significative (r = 0.050). L'absence de corrélation, confirmée par la dispersion des points sur les graphiques, indique que la configuration du réseau, telle qu'elle est mesurée par l'ICL, n'est pas un facteur déterminant de l'accessibilité dans ces zones. Ce résultat montre que d'autres facteurs que la structure du réseau, comme la distance aux arrêts, la faiblesse des fréquences, ou les problèmes d'aménagement, jouent un rôle plus important dans les zones

où l'accès au transport en commun est difficile. Ainsi, un réseau plus dense ou plus connecté ne permet pas de résorber les inégalités dans les zones périphériques ou mal desservies.

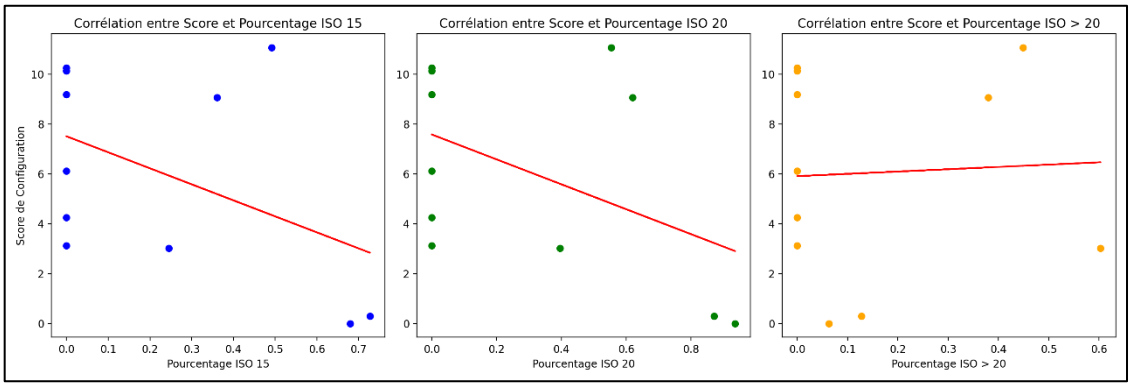



*Figure 6.33 Corrélation entre Configuration du Réseau et pourcentage ISO <15, la densité de population et pourcentage ISO 20 et la densité de population et pourcentage ISO >20, auteure 2024*

## 6.3 La méthode combinée PTAL et isochrones pour l'analyse de l'accessibilité à Ali Mendjeli.

L'analyse de l'accessibilité aux transports en commun à Ali Mendjeli a été enrichie par une approche combinée, qui intègre les forces respectives de la méthode PTAL et celle de l'analyse par isochrones. Cette combinaison permet de dépasser les limites inhérentes à chaque méthode prise isolément et d'offrir une compréhension plus fine et plus précise des enjeux de mobilité.

## 6.4 Apports et Limites des Approches Individuelles.

Aux termes de cette expérience d'utilisation de ces deux méthodes, nous pouvons apporter notre prise de position quant à la contribution et aux limites de celles-ci.

### 6.4.1 La méthode PTAL : Une vision synthétique mais incomplète

La méthode PTAL, basée sur un indice composite combinant la fréquence et la proximité des arrêts, offre une vision synthétique de l'accessibilité. Elle permet de quantifier rapidement l'accessibilité et de mettre en évidence des inégalités spatiales, notamment entre les zones centrales et périphériques d'Ali Mendjeli. Néanmoins, elle présente des limites importantes :

- Elle se base sur des hypothèses simplificatrices (temps d'attente moyen basé sur la fréquence, distance à vol d'oiseau, etc.).
- Elle ne prend pas directement en compte le temps de trajet en transport en commun, mais seulement le temps d'attente.

- Elle ne considère pas la qualité du trajet à pied (pénibilité, sécurité), ni la qualité des infrastructures.
- Elle peut conduire à des résultats contre-intuitifs (relation négative entre fréquence et accessibilité).
- Elle n'intègre pas la complexité de la configuration du réseau (les interconnexions, la redondance des itinéraires, etc.).

### 6.4.2 L'analyse isochrones : une méthode spatio-temporelle mais limitée.

L'analyse isochrone offre une perspective spatio-temporelle de l'accessibilité, basée sur les temps de trajet réels. Elle permet de visualiser l'étendue des zones accessibles en fonction de seuils de temps prédéfinis, et d'évaluer la performance du réseau. L'analyse par isochrones met en évidence l'importance de la structure du réseau routier, et la concentration des services sur les principaux axes. Elle permet de bien voir les zones de chevauchement, et les zones isolées. Malgré ses avantages, la méthode isochrone présente des limites :

- Elle peut simplifier l'expérience réelle de l'usager, en ne tenant pas compte des temps d'attente réels, de la qualité des infrastructures, etc.
- Elle ne prend pas directement en compte la fréquence des lignes.
- Elle dépend des données du réseau, et de leurs mises à jour régulières.
- Elle n'est pas un indice composite.

### 6.4.3 Apports de la combinaison des méthodes

La combinaison des méthodes PTAL et isochrones a permis de dépasser les limites de chaque méthode, pour une précision accrue et une analyse plus approfondie, en :

- Validant et détaillant les résultats : La combinaison des deux méthodes a confirmé certaines tendances observées avec l'une des deux méthodes (la polarisation entre zones centrales et périphériques, l'importance de la proximité, l'influence du temps d'accès total, etc.), tout en mettant en évidence des nuances importantes et en invalidant certaines hypothèses (Par exemple « l'impact positif de la densité et du nombre d'équipements », ou « l'impact positif de la fréquence »).
- Complétant la vision de l'accessibilité : La méthode PTAL, centrée sur la proximité et la fréquence, est complétée par les isochrones, qui mettent l'accent sur les temps de trajet et la couverture spatiale. Ainsi, la combinaison des deux méthodes permet de mieux appréhender les enjeux liés à l'accessibilité, en quantifiant non seulement le potentiel d'accès (PTAL), mais aussi la réalité du déplacement (isochrones).

- Mise en évidence des paradoxes : La méthode combinée a permis de révéler des résultats paradoxaux et contre-intuitifs, comme le fait qu'un réseau dense n'est pas forcément plus efficace, ou que les zones de forte accessibilité ne sont pas forcément celles avec une forte densité. Ces paradoxes ne peuvent s'expliquer qu'en croisant les résultats des deux méthodes.
- L'ICL comme facteur discriminant : La combinaison de l'ICL aux deux types d'analyse permet de voir que cet indicateur favorise uniquement les zones de haute accessibilité, et qu'il n'est pas suffisant pour améliorer l'accessibilité de l'ensemble du territoire, ce qui est un résultat important.
- Intégration de l'expérience de l'usager : La combinaison des deux méthodes permet de mieux cerner la perception de l'accessibilité par les usagers, en tenant compte à la fois de la proximité des arrêts (PTAL) et des temps de trajet réels (isochrones), et de mettre en lumière des problèmes tels que le manque d'information, le manque d'infrastructures ou le manque de cohérence du réseau.
- Préparation pour l'action : En comparant les résultats des deux méthodes, les zones qui nécessitent une intervention en priorité sont mieux identifiées, et les leviers d'action qui sont les plus pertinents sont suggérés.

### 6.5 Facteurs impactant l'accessibilité : Une vision combinée.

La méthode combinée PTAL et isochrones permet de mieux comprendre l'influence des différents facteurs sur l'accessibilité :

- Facteurs Socio-Économiques : La densité de population et le nombre d'équipements ont un impact indirect sur l'accessibilité. Bien qu'une tendance positive soit observée pour l'accessibilité élevée, ces facteurs ne sont pas des déterminants majeurs, ce qui invite à se concentrer sur la qualité de l'offre de transport. La corrélation positive entre la densité et le nombre d'équipement souligne que le développement urbain a tendance à se concentrer dans des zones spécifiques, ce qui est un élément à considérer pour des politiques d'aménagement plus équilibrées.
- La structure du réseau : La complexité du réseau, et le niveau d'interconnexion des différents modes de transport (bus et tramway), sont des éléments qui permettent de mieux comprendre l'accessibilité. Une forte connectivité n'implique pas forcément une accessibilité accrue, et certaines zones bien connectées peuvent ne pas être bien desservies. La structure du réseau est un facteur qui doit être pris en compte dans la planification de l'offre de transport.

- Proximité et temps d'accès total TAT : Ces facteurs sont confirmés comme étant des éléments centraux de l'accessibilité, tant du point de vue du PTAL que des isochrones. Un temps d'accès total trop long, ou une distance aux arrêts trop élevée, ont un impact négatif important sur l'accessibilité, et doivent être des priorités d'action.
- Fréquence : L'analyse combinée devra permettre de mettre en lumière l'impact réel de la fréquence sur l'accessibilité, en intégrant non seulement les temps d'attentes, mais également l'efficacité du réseau, les correspondances, etc. L'approche par isochrones permettra de mettre en évidence si les temps de trajets, et l'étendue des zones accessibles, sont cohérentes avec l'offre de fréquence.
- Facteurs contextuels et historiques : L'approche combinée permet de confirmer l'impact structurant du développement historique et des plans d'aménagement, et souligne que les inégalités d'accessibilité ont des causes profondes et sont difficiles à corriger à court terme. La coordination entre planification urbaine et transports est une priorité.

Les analyses PTAL et isochrones ont révélé une série de défis et d'opportunités pour améliorer l'accessibilité aux transports en commun à Ali Mendjeli. Ces recommandations sont formulées en tenant compte des spécificités locales, et en s'appuyant sur les résultats combinés des deux approches, avec un objectif de transformation vers un système plus équitable et efficace.

### 6.6 Priorités stratégiques pour une accessibilité plus équitable

- Cibler les zones défavorisées : Prioriser les interventions dans les zones périphériques (Extension Sud, 4 Chemins, UV N°21) et les espaces fonctionnels (UC3), qui présentent un déficit d'accessibilité important selon les deux approches. Ces zones nécessitent une attention particulière et des solutions sur mesure. L'approche PTAL a révélé qu'elles sont caractérisées par des indices d'accessibilité faibles et les isochrones confirment un déficit de couverture.
- Consolider les zones intermédiaires : Améliorer l'accessibilité dans les UV qui présentent un niveau d'accessibilité moyen, en renforçant le réseau et en consolidant l'offre de transport. Ces zones ne sont ni celles situées au centre ni celles en périphérie. L'analyse combinée PTAL et isochrones a révélé des contrastes entre la configuration du réseau et la qualité de l'offre de transport. Il est donc nécessaire de ne pas les négliger et de consolider l'offre.

- Agir sur la polarisation spatiale : Éviter la concentration des infrastructures de transport dans les zones les plus accessibles, et privilégier une approche de la planification urbaine axée sur l'équité sociale, en desservant les zones périphériques et en limitant les phénomènes de centralisation. La forte polarisation entre zones centrales et périphériques est un élément qui ressort aussi bien de l'analyse PTAL que des isochrones.
- Optimiser la configuration du réseau : L'analyse conjointe de la PTAL et des isochrones a montré que la configuration du réseau n'est pas un facteur suffisant pour garantir une bonne accessibilité. Il est nécessaire d'optimiser le maillage des lignes de bus, en évitant les doublons, et en favorisant des correspondances faciles et efficaces. Il faut également reconsidérer l'implantation des arrêts de bus, afin de mieux desservir le territoire, et limiter les phénomènes de centralité.
- Améliorer la fréquence et la fiabilité : La fréquence des lignes de bus doit être réétudiée revue, en particulier dans les zones qui sont les moins bien desservies, notamment les zones périphériques. L'analyse a montré qu'une forte fréquence dans un endroit n'est pas synonyme d'une bonne accessibilité. Il est donc nécessaire de ne pas simplement augmenter les fréquences, mais de les adapter à la structure du réseau et aux besoins locaux. Il faut également garantir une meilleure fiabilité des services, en informant clairement les usagers en temps réel, en respectant les horaires et en limitant les perturbations.
- Réduire le temps d'accès total : Agir sur les deux composantes du TAT :
- Le temps de marche : Améliorer les cheminements piétons vers les arrêts de bus (aménagement des trottoirs, signalétique, passages piétons sécurisés). Favoriser la mobilité douce (pistes cyclables, parkings vélos aux arrêts).
- Le temps d'attente : Mieux adapter les fréquences aux besoins locaux, et fournir des informations sur les horaires en temps réel. L'approche isochrone a mis en évidence des zones qui sont pénalisées par des temps de marche élevés, et l'approche PTAL a montré que le temps d'attente était un facteur déterminant. Il s'agit donc d'agir simultanément sur ces deux leviers.
- Développer l'intermodalité : La gare bimodale est un pôle d'accessibilité important, ce qui indique la nécessité d'améliorer l'intermodalité en général, et de favoriser le rabattement vers le tramway, en particulier, par des lignes de bus qui desservent l'ensemble des territoires. La création de pôles d'échange doit être étudiée pour améliorer les correspondances.

- Améliorer l'information et la lisibilité du réseau : Mettre en place des systèmes d'information performants pour les usagers (affichage des horaires, plans du réseau aux arrêts, applications mobiles, etc.), et assurer la lisibilité du réseau en optimisant la signalétique. Des systèmes d'aide à la navigation (selon les divers parcours) doivent être pensés pour aider les usagers à se déplacer, en leur proposant un choix d'itinéraires adaptés.
- Planification intégrée transports et l'urbanisme : Les décisions d'aménagement urbain doivent intégrer les contraintes et les enjeux de la mobilité. La construction de nouveaux quartiers doit se faire en cohérence avec le développement du réseau de transport. Les schémas directeurs doivent intégrer la mobilité douce et privilégier une logique de ville dense, pour éviter l'étalement urbain et la dépendance à l'automobile.
- Priorisation de la mobilité douce : Mettre en œuvre un plan de développement de la mobilité douce, qui intègre des pistes cyclables, des cheminements piétons, des aires de stationnement pour les vélos, en vue de faciliter l'accès aux arrêts de bus, et favoriser un autre type de déplacement que la voiture. Les cheminements piétons doivent être sécurisés, confortables et adaptés aux besoins de tous (personnes âgées, personnes à mobilité réduite, familles avec poussette, etc).
- Implantation optimale des équipements : Éviter de continuer à concentrer les équipements dans les zones déjà bien desservies. Il s'agit de privilégier une répartition plus équilibrée des équipements dans l'ensemble de la ville et des quartiers, afin de limiter les besoins de déplacement, et de favoriser les zones de proximité. La présence d'équipements doit s'accompagner d'une bonne desserte en transport en commun.
- Une vision d'ensemble : Il est nécessaire d'avoir une vision globale à l'échelle de l'ensemble du territoire, pour ne pas créer de zones enclavées ou mal desservie.
- Mettre en place des solutions progressives : L'ensemble de ces recommandations ne peut pas être mis en place du jour au lendemain. Il est nécessaire de prioriser, de mettre en place des solutions progressives et de les évaluer régulièrement.
- Évaluation continue : Mettre en place des indicateurs de suivi régulier de l'accessibilité (temps d'accès, fréquences, taux de satisfaction des usagers, etc). Réaliser des évaluations ex-post pour mesurer l'impact des actions mises en place, et adapter la stratégie en fonction des résultats pour apporter des correctifs au fur et à mesure.

- Approche participative : Associer les habitants et les associations locales à l'élaboration des plans d'aménagement et des plans de transport, en tenant compte de leurs besoins et de leurs attentes. La participation des usagers est un élément clé de la réussite des projets de mobilité.
- Une approche multiscalaire : il faut pouvoir mener des analyses à différents niveaux de granularité, pour s'adapter au mieux aux spécificités locales. Les recommandations qui sont faites ici doivent être déclinées au niveau des quartiers, et des UV pour une réponse adéquate aux échelles imbriquées de l'ensemble du territoire.
- Innovation : Les solutions qui vont être mises en œuvre doivent être innovantes, pour répondre aux besoins actuels, et également aux enjeux de demain, en termes de mobilité durable, de développement économique et de qualité de vie.

Ces recommandations, issues d'une approche combinée PTAL et isochrones, constituent des pistes opérationnelles pour améliorer l'accessibilité aux transports en commun à Ali Mendjeli. Elles mettent l'accent sur la nécessité d'agir de manière globale et intégrée, en considérant à la fois les aspects spatiaux, temporels, qualitatifs, et sociaux de la mobilité. La mise en œuvre de ces recommandations, accompagnée d'une évaluation régulière et d'une approche participative, permettra de progresser vers un système de transport plus équitable, plus efficace et plus adapté aux besoins des habitants de la ville d'Ali Mendjeli.

## 6.7 Conclusion :

L'analyse combinée des approches PTAL et isochrones pour évaluer l'accessibilité aux transports en commun à Ali Mendjeli a permis de dépasser les limites des méthodes individuelles qui œuvrent séparément et de révéler la complexité des enjeux de mobilité dans cette ville en pleine expansion.

L'approche PTAL, en se concentrant sur la proximité et la fréquence des services, a permis de quantifier les inégalités spatiales et de mettre en évidence les zones les plus vulnérables (périphéries, zones en développement, espaces fonctionnels). Mais, vu que celle-ci utilise un indice composite, elle ne permet pas d'appréhender tous les enjeux de l'accessibilité (temps de trajet, qualité de l'offre, perception des usagers). L'approche par isochrones a complété cette analyse, en cartographiant les temps de parcours réels et en montrant l'impact de la configuration du réseau routier sur l'étendue des zones accessibles. Les deux approches ont permis de confirmer l'importance des facteurs contextuels, et

notamment des choix de planification urbaine, qui structurent l'accessibilité d'une manière générale.

La combinaison de ces deux approches a permis de nuancer les résultats, et de révéler des paradoxes (une configuration du réseau performante ne garantit pas une accessibilité à tous les niveaux, une forte fréquence ne compense pas les limites d'un réseau mal organisé, etc), qui appellent à une lecture croisée des résultats. L'analyse montre que ni la densité, ni le nombre d'équipements, ne sont des déterminants de l'accessibilité, et que la configuration du réseau, le temps d'accès aux arrêts, les temps de trajets, et la qualité de l'offre, sont beaucoup plus importants.

Cette approche combinée, en intégrant des données quantitatives et des éléments qualitatifs, a souligné l'importance d'une vision multidimensionnelle de l'accessibilité, qui dépasse la simple considération de la distance ou du temps. Il est nécessaire d'avoir une approche holistique qui prenne en compte non seulement la structure du réseau, mais également l'aménagement urbain, l'expérience des usagers, et la qualité des services de transport.

Ainsi, les recommandations opérationnelles formulées dans ce chapitre, en s'appuyant sur les résultats des deux méthodes combinées, constituent des pistes concrètes pour une planification des transports et de l'urbanisme, en coordination, plus équitable et efficiente. Elles mettent en lumière la nécessité de :

- Cibler les zones défavorisées : En privilégiant des interventions dans les zones périphériques et les espaces fonctionnels, qui souffrent d'un manque d'accessibilité.
- Repenser l'offre de transport : En optimisant la configuration du réseau, en améliorant la fréquence et la fiabilité, en réduisant le temps d'accès total et en favorisant l'intermodalité.
- Planifier de manière intégrée : En intégrant systématiquement les enjeux de mobilité dans les plans d'aménagement urbain, en donnant la priorité à la mobilité douce et en limitant l'étalement urbain.
- Cette étude a permis de montrer que la combinaison des méthodes PTAL et isochrones est une approche pertinente et rigoureuse pour analyser l'accessibilité. Cette approche doit être complétée par d'autres analyses, notamment liées à l'analyse de la demande de transport~~,~~ et à l'impact social des inégalités d'accessibilité.

Les résultats de cette étude constituent un outil précieux pour les décideurs et les planificateurs. Ils ouvrent la voie à une action plus ciblée et plus adaptée au contexte spécifique de la ville d'Ali Mendjeli, pour construire un avenir urbain plus inclusif, plus durable, et plus respectueux des besoins des citoyens.

# CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES : REPENSER LA MOBILITE URBAINE A ALI MENDJELI ET AU-DELA, EQUITABLE, DURABLE ET INTELLIGENTE

Cette thèse de doctorat, consacrée à la modélisation combinée de l'accessibilité aux transports en commun dans la ville nouvelle d'Ali Mendjeli, qui se présente comme un cas révélateur de cette thématique. Vu son statut de ville nouvelle en construction, soit un laboratoire d'expérimentation pratique, ce travail a tenté d'apporter une valeur ajoutée à la thématique de la mobilité, après une mission d'investigation complexe et fondamentale pour l'avenir des villes.

En articulant deux approches méthodologiques complémentaires, la méthode PTAL (Public Transport Accessibility Level) et l'analyse des isochrones (un outil approprié pour déchiffrer les relations entre le temps, la distance et l'accessibilité dans un espace géographique donné), cette recherche a mis en lumière les dynamiques sous-jacentes de la mobilité urbaine, tout en révélant les limites des approches unidimensionnelles.

L'étude des facteurs contextuels, des disparités socio-spatiales et des enjeux de la planification a permis d'aboutir à des recommandations opérationnelles pour améliorer l'accessibilité, en s'appuyant sur une approche scientifique rigoureuse et sur une analyse critique des modèles urbains existants. Cette conclusion générale se propose de synthétiser les principaux résultats de la recherche, d'analyser ses apports méthodologiques et de discuter ses limites, tout en ouvrant des perspectives pour de futures recherches et des actions concrètes.

## 7.1 Synthèse des principaux résultats et apports de la recherche.

### 7.1.1 La complexité de l'accessibilité urbaine : Au-delà de la proximité et de la fréquence.

Les résultats de cette recherche ont mis en évidence que l'accessibilité urbaine est un **concept multidimensionnel e**t complexe, qui ne peut se réduire à de simples indicateurs de distance ou de fréquence des services mais qu'elle est tributaire **d'une multitude de facteurs, à la fois spatiaux, temporels, socio-économiques, et environnementaux.**

Elle a révélé que :

- La **proximité et la fréquence** ne suffisent pas : Bien que la distance aux arrêts et la fréquence des services soient des éléments importants de l'accessibilité, ils ne

suffisent pas à eux seuls à garantir une mobilité urbaine optimale. La qualité du service, les temps de trajet réels, les interconnexions entre les différents modes de transport, et l'aménagement de l'espace public sont des facteurs tout aussi déterminants. La méthode PTAL, qui se base sur la proximité et la fréquence, présente des limites importantes pour la prise en compte de ces éléments.

- Le rôle central du **temps de trajet** : La méthode des isochrones a permis de mettre en évidence l'importance capitale du temps de trajet réel comme déterminant de l'accessibilité. Il apparait que des zones proches en distance peuvent se révéler très différentes en termes de temps de trajet, en raison de la configuration du réseau, de la fréquence des services, et de la congestion routière, d'où l'impératif de prendre en compte la dimension temporelle de l'accessibilité. Cette méthode a manifesté les limites d'une approche basée uniquement sur la distance.
- La **configuration du réseau c**omme facteur clé : L'approche par isochrones a permis de mettre en évidence l'importance de la configuration du réseau pour l'accessibilité. Plus qu'un simple indicateur de densité de lignes, une bonne organisation des itinéraires, des temps de trajets rapides, une priorisation des transports en commun et une bonne intégration des différents modes de transport, sont des facteurs clés à prendre en compte pour garantir une accessibilité appropriée.
- Les l**imites d'une approche linéaire** : Les analyses ont révélé des relations complexes et non linéaires entre l'accessibilité et des facteurs tels que la densité de population ou le nombre d'équipements. L'augmentation de la densité ou du nombre d'équipements ne se traduit pas forcément par une amélioration automatique de l'accessibilité, voire parfois par une dégradation, ce qui souligne l'importance d'une approche contextuelle. La méthode PTAL, en utilisant seulement, un indicateur synthétique de l'accessibilité, n'est pas capable de mettre en évidence la complexité du réseau et des facteurs qui impactent la mobilité.

### 7.1.2 Les apports méthodologiques de l'approche combinée.

L'originalité de notre recherche demeure l'utilisation appariée de la PTAL et de l'analyse des isochrones qui s'est avérée particulièrement pertinente pour évaluer l'accessibilité aux transports en commun. Cette association nous a permis de :

- Dépasser les limites de chaque approche prise individuellement : L'approche PTAL, par son aspect synthétique, offre un cadre d'évaluation rapide et simple de l'accès au réseau de transports en commun, tandis que l'analyse par isochrones apporte une

perspective plus précise et temporelle de la connectivité spatiale. La combinaison des deux a offert une vision plus complète de l'accessibilité et de mieux comprendre les enjeux de mobilité.

- Valider et nuancer les résultats : La confrontation des résultats issus des deux méthodes a permis de valider les tendances générales tout en mettant en évidence des nuances et des spécificités locales. Les zones considérées comme ayant une bonne accessibilité par le PTAL sont souvent celles qui ont une bonne accessibilité en temps de trajet, mais cette corrélation n'est pas systématique. Ainsi, les deux approches permettent de mieux cerner les forces et les faiblesses de chaque unité de voisinage de la ville.
- Croiser les données : L'approche combinée a permis de mettre en évidence des paradoxes, comme le fait qu'un réseau dense ne garantit pas une accessibilité pour tous, ou que l'augmentation de la fréquence des lignes de bus ne se traduit pas forcément par une amélioration de l'accessibilité. Ces contradictions n'ont pu être mises en évidence qu'à travers le croisement des deux types de données.
- **Intégrer la dimension temporelle** : L'approche par isochrones a permis d'intégrer la dimension temporelle dans l'analyse, en tenant compte des temps de trajet réels et de la performance des services de transport en commun, notamment en fonction du moment de la journée. Cette approche a mis en évidence les différences d'accessibilité entre les heures de pointes et les heures creuses, et a également dévoilé des inégalités en termes d'accès pour les usagers qui ont des horaires atypiques ou qui se déplacent en dehors des horaires d'affluence (heure de pointe).
- Offrir une vision **plus réaliste de l'accessibilité** : La combinaison des deux approches a permis d'offrir une vision plus réaliste et plus complète de l'accessibilité, en tenant compte non seulement de la proximité des arrêts, de la fréquence des bus, mais aussi des temps d'attente, des temps de trajet, de la qualité des infrastructures et du confort des usagers.

### 7.1.3 Les inégalités d'accès : un enjeu d'équité sociale

L'analyse des résultats a dévoilé que les disparités en matière d'accessibilité ne sont pas seulement des questions techniques ou d'aménagement, mais qu'elles reflètent également des inégalités sociales profondes. L'étude a révélé que :

- Les zones périphériques sont défavorisées : Les zones périphériques de la ville d'Ali Mendjeli (l'extension Sud, l'UV N°21, l'UC3) présentent une accessibilité plus faible

que les zones centrales, ce qui met en évidence une polarisation spatiale de la mobilité. Les habitants de ces zones ont moins d'options de transport, des temps de trajet plus longs et des difficultés à accéder aux services et opportunités offertes par la ville. Il y a une réelle discrimination spatiale qui se manifeste et qui exclue les populations des zones périphériques.

- Les inégalités de mobilité : L'étude a démontré que les inégalités de mobilité sont intimement liées à des inégalités sociales plus significatives, notamment en termes de revenus, d'âge, de sexe et de mobilité réduite. Les personnes à faible revenu sont souvent plus dépendantes des transports en commun, et subissent de plein fouet les dysfonctionnements de ces services, ainsi que l'éloignement des centres d'activités. Les personnes à mobilité réduite sont souvent exclues du système de transport, en raison de l'absence d'infrastructures adaptées (trottoirs, rampes d'accès, information). Les femmes, quant à elles, sont davantage concernées par les enjeux de sécurité dans les transports en commun, ce qui peut limiter leur accès aux opportunités.
-

## 7.2 Limites de la recherche et perspectives futures.

### 7.2.1 Limites de l'approche et besoins en données

Malgré les apports de cette recherche, il est important d'en reconnaître les limites d'abord et les pistes d'amélioration en second :

- Nécessité de données plus précises et dynamiques : La modélisation de l'accessibilité repose sur la disponibilité de données précises et fiables. Les données utilisées pour cette étude ont été obtenues en combinant différentes sources (OSM, Google Maps, enquêtes in-situ, données de la direction des transports), mais elles pourraient être complétées par des données plus précises et actualisées sur les flux de passagers, la fréquentation des arrêts de bus, les temps de trajet réels, et les comportements de mobilité, notamment les fréquences réelles. L'accès à des données dynamiques, captées en temps réel, permettrait de réaliser une modélisation plus précise et plus proche de la réalité.
- Besoin de prise en compte de tous les facteurs qui impactent le choix modal : Il serait intelligent de mieux intégrer des variables qualitatives dans l'analyse, afin de mieux comprendre les facteurs qui motivent le choix modal des individus. Les enquêtes auprès des usagers, les groupes de discussions ou les études sur la qualité de

l'infrastructure, pourraient permettre de mieux comprendre l'impact d'éléments souvent négligés par les approches quantitatives. La modélisation de la pénibilité du parcours, du niveau de sécurité, du confort des arrêts, et du sentiment d'insécurité, pourraient améliorer l'analyse, et permettre de dégager des pistes d'actions concrètes pour améliorer l'expérience des usagers, en particulier les populations les plus vulnérables.

- Incertitudes sur les comportements de mobilité : Les modèles utilisés pour cette recherche, basés sur l'approche PTAL ou sur celle des isochrones, ne permettent pas de prendre en compte toute la complexité du comportement de déplacement des usagers, notamment leurs préférences personnelles, leurs contraintes de temps et de budget, leurs pratiques de mobilité et leurs choix individuels. D'autres modèles, comme les modèles de choix discrets, pourraient permettre de mieux appréhender l'hétérogénéité des pratiques de mobilité et d'évaluer l'impact de différents types de stratégies d'aménagement et de transport.
- Besoin de modélisations prospectives : Enfin, l'étude n'a été qu'une modélisation d'une situation figée dans le temps, alors qu'il aurait été important de pouvoir simuler des scénarios prospectifs, afin d'évaluer l'impact des choix d'aménagement ou de transport sur l'accessibilité à long terme. Des outils de prospective, comme les modèles d'équilibre général, pourraient permettre d'évaluer l'impact des politiques publiques sur les choix de localisation, l'évolution de la demande en transport, et la répartition des populations dans le territoire.

### 7.2.2 Ouverture vers des méthodologies plus performantes

L'étude a ouvert des pistes pour la mise en œuvre de méthodologies plus performantes :

- L'utilisation d'approches multi-agents : Ces modèles permettent de simuler le comportement individuel des usagers et leur interaction avec l'environnement urbain, ce qui permet de mieux appréhender la diversité des profils des usagers et leurs choix de mobilité.
- Le recours à l'intelligence artificielle : L'IA peut être utilisée pour traiter des données massives, pour identifier des tendances, pour automatiser des processus de modélisation, et pour créer des systèmes d'information en temps réel pour les usagers. L'analyse des données de géolocalisation, des données de billetterie électronique, ou des informations collectées par les applications mobiles, pourrait permettre de mieux

comprendre les pratiques de mobilité et de mieux adapter l'offre de transport aux besoins des usagers.

- L'intégration de méthodes qualitatives : Il serait pertinent d'enrichir l'analyse par des méthodes qualitatives, qui permettent de mieux comprendre l'expérience des usagers, leurs perceptions de l'accessibilité, et les obstacles à la mobilité qu'ils rencontrent. Les entretiens avec les habitants, les groupes de discussion et l'observation des pratiques quotidiennes pourraient apporter un éclairage précieux et un complément aux données quantitatives.
- L'adaptation du modèle au tramway : Le tramway est un élément structurant du réseau de transport de la ville d'Ali Mendjeli. Il faut donc l'intégrer à la modélisation pour appréhender son impact sur la ville et sur l'ensemble du réseau de transport, et ses articulations avec les autres modes de transports en commun.
- La nécessité de modèles « temps-espace » : Les villes sont des systèmes dynamiques qui évoluent dans le temps. La création d'un modèle spatio-temporel de l'accessibilité, qui prend en compte les évolutions urbaines, et les modifications du réseau de transport, serait un atout indéniable pour les autorités locales.

## 7.3 Recommandations pour une mobilité urbaine plus juste, plus durable et plus intelligente.

Sur la base des résultats obtenus et des limites identifiées, nous proposons une série de recommandations concrètes pour améliorer la mobilité urbaine à Ali Mendjeli, en tenant compte des enjeux d'équité sociale et de développement durable :

### 7.3.1 Renforcer la planification intégrée et la coordination des acteurs

- Une vision d'ensemble : il est nécessaire de mettre en place une autorité organisatrice des transports (AOTU), qui aurait pour objectif de planifier les transports à l'échelle du grand Constantine, de coordonner les différents acteurs (opérateurs publics et privés) et d'assurer une cohérence globale du système de transport.
- Des plans de mobilité urbaine : La création de Plans de Déplacement Urbain (PDU) est indispensable pour définir les objectifs en termes de mobilité durable, d'accessibilité et de qualité de vie. Ces plans doivent être élaborés en concertation avec la population, en tenant compte de leurs besoins et de leurs attentes, et en prévoyant des solutions de financement innovantes.

- Une coordination intersectorielle : Il est essentiel de renforcer la coordination entre les différents acteurs (urbanistes, architectes, ingénieurs de transport, sociologues, économistes), afin d'éviter les incohérences et les effets pervers des choix de planification.

### 7.3.2 Améliorer l'offre de transport en commun

- Prioriser les investissements dans le transport en commun : Pour améliorer l'accessibilité à long terme, il est impératif d'investir massivement dans le transport en commun, en développant des réseaux de bus, de tramway, et en garantissant leur accessibilité à tous, notamment aux populations les plus vulnérables. Ces investissements doivent être pensés avec une vision à long terme, en anticipant sur l'évolution de la ville et ses besoins en transport.
- Optimiser la configuration du réseau : Le réseau de transport doit être optimisé pour maximiser l'étendue des zones desservies, pour réduire les temps de trajet et pour faciliter les correspondances. Il est nécessaire d'envisager une organisation du réseau en étoile et en maillage, afin d'optimiser la fluidité et la robustesse du réseau, et d'assurer la redondance des lignes. Il faut aussi repenser l'implantation des arrêts et leur fréquence.
- Améliorer la fréquence et la fiabilité des services : Les fréquences de passage des transports en commun doivent être augmentées, particulièrement aux heures de pointe, afin de réduire les temps d'attente et de faciliter les déplacements. La fiabilité des services doit être assurée en améliorant la maintenance des véhicules et en utilisant des outils de gestion du trafic en temps réel ainsi que l'information aux usagers en temps réel.
- Développer la multimodalité et l'intermodalité : L'intégration des différents modes de transport (bus, tramway, mobilité douce) est essentielle pour optimiser l'accessibilité et favoriser des déplacements plus fluides et plus efficaces. La création de pôles d'échange, le développement de la billettique unifiée, et la planification d'itinéraires combinant plusieurs modes de transport, permettent d'offrir une meilleure expérience utilisateur.

### 7.3.3 Promouvoir la mobilité active et durable.

- Aménager des infrastructures pour la mobilité douce : créer des itinéraires sécurisés et confortables pour les piétons et les cyclistes, avec des pistes cyclables, des trottoirs

adaptés aux personnes à mobilité réduite, des zones piétonnes agréables et des espaces verts. L'investissement dans la mobilité douce contribue à la qualité de vie, à la santé publique et à la réduction de la dépendance à la voiture.

- Encourager la mobilité partagée : Développer des systèmes de covoiturage, de location de vélos et de voitures partagées, pour optimiser l'utilisation des véhicules et pour offrir des alternatives à la possession de la voiture. Ces systèmes, utilisant les nouvelles technologies numériques, peuvent permettre de réduire les émissions de CO2 et la congestion urbaine, tout en réduisant les contraintes économiques liées à la possession d'un véhicule.

### 7.3.4 Intégrer l'innovation et la mobilité intelligente.

- Développer des systèmes d'information voyageurs : Mettre en place des applications mobiles qui permettent aux usagers de planifier leurs déplacements, de connaître les horaires des bus en temps réel, de choisir les meilleurs itinéraires et de se déplacer avec une meilleure information. La dimension informationnelle du service est essentielle pour la performance du réseau de transport en commun, et son attractivité pour les usagers.
- Mettre en œuvre une gestion du trafic intelligente : Mettre en place des systèmes de gestion du trafic intelligents qui permettent d'optimiser les feux de circulation, de réduire la congestion et de mieux gérer les flux des déplacements.
- Adopter des technologies vertes : Favoriser l'utilisation de véhicules électriques, de bornes de recharge, de bus hybrides, et d'énergies renouvelables dans le secteur du transport. La transition vers une mobilité plus propre et moins polluante est un objectif prioritaire pour l'avenir des villes.

### 7.3.5 Adopter une approche inclusive et participative

- L'accessibilité pour tous : Les politiques de transport doivent être inclusives et garantir l'accès à la mobilité pour toutes les populations, en particulier les personnes à mobilité réduite, les personnes âgées et les populations à faibles revenus. La conception universelle doit être un principe directeur de la planification des infrastructures de transport et des services.
- La participation citoyenne : Impliquer la population dans le processus de prise de décision, en organisant des consultations publiques, des ateliers participatifs, et en utilisant les plateformes numériques pour recueillir les avis et les suggestions des

usagers. La co-construction (entre gestionnaires de la ville et habitants) des projets de transport permettra de mieux répondre aux besoins de la population et de créer un consensus autour des solutions proposées.

- Priorité à la sécurité : Garantir la sécurité des usagers dans les transports en commun et dans les espaces publics, notamment en améliorant l'éclairage, en renforçant la surveillance et en prévenant les actes de violence. La perception de la sécurité est un élément essentiel de l'attractivité des transports en commun.

## 7.4 Un apprentissage continu pour une mobilité urbaine en évolution

La modélisation de l'accessibilité aux transports en commun n'est pas une fin en soi, mais un processus d'apprentissage continu. La complexité des enjeux de mobilité urbaine exige une approche flexible et adaptative, où la recherche, l'innovation, l'expérimentation et l'évaluation régulière sont des composantes essentielles.

Cette recherche doctorale ne représente qu'une étape dans un processus d'amélioration continue de la mobilité à Ali Mendjeli.

La construction d'un système de transport urbain plus durable, plus intelligent, plus juste et plus inclusif est un défi complexe qui nécessite une réflexion collective, une planification probante, des choix politiques audacieux et des investissements importants. En s'appuyant sur des données fiables, des méthodes d'analyse pertinentes, des outils de simulation et en intégrant la participation citoyenne, il est possible de créer des villes plus humaines et plus adaptées aux besoins de tous.

A l'image de la ville nouvelle d'Ali Mendjeli, toutes les villes nouvelles sont des laboratoires pour l'expérimentation de solutions innovantes de mobilité urbaine. En intégrant les enseignements de cette recherche et en s'inspirant des meilleures pratiques internationales, Ali Mendjeli peut devenir un modèle pour d'autres villes en Algérie et dans le monde, en démontrant qu'une mobilité urbaine équitable et durable est un objectif accessible et réalisable.

## 7.5 Perspectives de recherche et d'action

Cette thèse ouvre plusieurs pistes pour de futures recherches ainsi que pour des actions concrètes :

- Développement d'un outil d'aide à la décision : La combinaison de l'approche PTAL et des isochrones peut servir de base au développement d'un outil d'aide à la décision,

qui permettra aux planificateurs urbains et aux autorités locales de mieux évaluer l'impact des projets de transport, de simuler différents scénarios et de prendre des décisions plus éclairées. Cet outil, intégré dans un SIG, permettrait de visualiser rapidement les zones à faible accessibilité, de comparer différentes alternatives d'aménagement, et de mesurer les effets des différents types de politiques de transport.

- Exploration de nouveaux outils de modélisation : L'utilisation de techniques de modélisation plus avancées (par exemple, les modèles multi-agents, l'apprentissage automatique, la simulation dynamique) pourrait permettre d'affiner l'analyse de l'accessibilité et de prendre en compte des facteurs plus complexes.
- Étude de l'expérience usager : Les futures recherches doivent s'attacher à comprendre comment les usagers perçoivent l'accessibilité, leurs besoins spécifiques en matière de mobilité, et les contraintes auxquelles ils sont confrontés au quotidien. L'utilisation de méthodes qualitatives (enquêtes, entretiens, observations) pourrait permettre d'enrichir l'analyse et de mettre en lumière des aspects souvent négligés par les approches quantitatives.
- Mesure de l'impact social des politiques de transport : Il est nécessaire d'évaluer l'impact des politiques de transport sur les inégalités sociales, la ségrégation spatiale et l'exclusion sociale. Des indicateurs d'équité et de justice spatiale doivent être développés et intégrés dans le processus d'évaluation des projets de transport.
- L'adaptation de l'analyse à la planification des autres villes nouvelles en Algérie : L'expérience menée à Ali Mendjeli doit servir de leçon/spécimen et de cadre théorique pour les autres villes nouvelles du pays, afin de les adapter aux spécificités locales et d'éviter de répéter les mêmes erreurs.
- Développement d'une plateforme de mobilité intégrée : La mise en place d'une plateforme de mobilité urbaine, qui combine les différents modes de transport (transport en commun, taxis, vélos, covoiturage) et qui offre des informations en temps réel sur la disponibilité des services, pourrait contribuer à améliorer l'accessibilité et la fluidité des déplacements dans la ville.
- Renforcement des compétences locales : Des formations et des échanges de bonnes pratiques avec d'autres villes sont essentiels pour permettre aux acteurs locaux de maîtriser les outils de planification et de gestion de la mobilité durable.
- Développement d'une méthodologie open-source : La méthode de modélisation, développée dans le cadre de cette étude, doit être accessible et partagée, afin de

permettre à d'autres chercheurs et/ou à d'autres collectivités de bénéficier de cette approche et de l'adapter à leurs propres contextes.

Cette thèse a démontré que l'accessibilité aux transports en commun est un défi multidimensionnel qui nécessite une approche intégrée, innovante et responsable dans un espace urbain. L'analyse a révélé les mécanismes complexes qui sous-tendent les disparités d'accès à la mobilité urbaine et a mis en évidence la nécessité d'une planification qui soit à la fois performante, équitable et durable.

Les recommandations formulées à l'issue de cette recherche, bien qu'elles concernent le cas spécifique d'Ali Mendjeli, peuvent être adaptées et appliquées dans d'autres contextes urbains, en particulier dans les villes nouvelles qui cherchent à construire un avenir de mobilité plus juste et plus durable pour tous.

En définitive, il s’avère que l'étude de l'accessibilité par le transport en commun à Ali Mendjeli ne se limite pas à l'exploration d'un cas d'étude spécifique, mais elle ouvre une voie vers la conception de villes où l'accessibilité est un droit fondamental et un atout pour le développement économique et social.

BIBLIOGRAPHIE :

Adhvaryu, B., Chopde, A., & Dashora, L. (2019). Mapping public transport accessibility levels (PTAL) in India and its applications: A case study of Surat. Case Studies on Transport Policy, 7(2), 293-300.

Aïchour, B. (2006). Problems of urban transport and their impact on traffic in Constantine

Les problèmes des transports urbains et leur impact sur la circulation à Constantine. Les Cahiers Scientifiques du Transport / Scientific Papers in Transportation, 50 | 2006, 35-60. doi: 10.46298/cst.12046

Alonso, W. (1964). Location and land use: Toward a general theory of land rent: Harvard university press.

Ariane, H., Benidir, F., & Zehioua, B. (2023). Couture urbaine/articulations entre micro-milieux: L'extension de la ligne du tramway vers la ville nouvelle d'Ali Mendjeli (Constantine). disP-The Planning Review, 59(1), 6-17.

BALLOUT, J.-M. Territorialisation par « ville nouvelle » au Maghreb Regard croisé sur les projets d'Ali Mendjeli (Constantine) et de Tamansourt (Marrakech).

Banister, D. (2005). Unsustainable transport: city transport in the new century: Routledge.

Barthelemy, M. (2019). The statistical physics of cities. Nature Reviews Physics, 1(6), 406-415.

Bellinger, G., Castro, D., & Mills, A. (2004). Data, information, knowledge, and wisdom.

Ben-Akiva, M. E., & Lerman, S. R. (1985). Discrete choice analysis: theory and application to travel demand (Vol. 9): MIT press.

Benevolo, L. (1983). Histoire de la ville: Editions Parenthèses.

Berry, B. J. (1960). The impact of expanding metropolitan communities upon the central place hierarchy. Annals of the Association of American Geographers, 50(2), 112-116.

Bertolini, L., Le Clercq, F., & Kapoen, L. (2005). Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. Transport policy, 12(3), 207-220.

Bonnel, P. (2002). Prévision de la demande de transport. Université Lumière - Lyon II. Retrieved from https://theses.hal.science/tel-00268919

Bonnel, P., Bouzouina, L., & Monchambert, G. J. C. E. J. o. G. (2013). Croissance urbaine et accessibilité: intérêts et limites de l'approche par les densités dans une perspective de modélisation de l'usage du sol.

Burton, E. (2000). The compact city: Just or just compact? A preliminary analysis. Urban studies, 37(11), 1969-2006.

Calthorpe, P. (1993). The next American metropolis (Vol. 23): New York: Princeton Architectural Press.

Castex, E. (2007). Demand Responsive Transport (DRT) in France : The present situation to future prospects. Modelling of functioning characteristics of DRT in order to develop future flexible modes. Université d'Avignon. Retrieved from https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00199865

Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. Transportation research part D: Transport and environment, 2(3), 199-219.

Côte, M. (2006). Constantine: cité antique et ville nouvelle: Média-Plus.

Côte, M. J. M. R. g. d. p. m. J. o. M. g. (2011). L'Algérie, mondialisation et nouvelles territorialités. (116), 77-84.

Debbabi, S., & Benidir, F. (2020). La polycentralité urbaine, pour la restructuration d'un territoire fragmente. Université Constantine 3 Salah Boubnider, Faculté d'architecture et d'urbanisme.

Edwards, D. (2000). Introduction to graphical modelling: Springer Science & Business Media.

Feuillet, T., Cossart, E., & Commenges, H. (2019a). Manuel de géographie quantitative. Malakoff: Armand Colin.

Feuillet, T., Cossart, É., & Commenges, H. (2019b). Manuel de géographie quantitative: Concepts, outils, méthodes: Armand Colin.

Gehl, J. (2013). Cities for people: Island press.

Geurs, K. (2006). Accessibility, land use and transport: accessibility evaluation of land-use and transport developments and policy strategy: Eburon Uitgeverij BV.

Geurs, K. T., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. Journal of Transport geography, 12(2), 127-140.

Ghenouchi, R. G. (2022). Le covoiturage, comme outil du management de la mobilité: une solution pour les 460 logements universitaires ville nouvelle Ali mandjeli, Algérie Carpooling as a mobility management tool: a solution for the 460 university housing units in the new town of ali mandjel, Algeria. Journal of Human Sciences, 863.

Goodchild, M. F., Longley, P. A., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). Geographic information systems and science. Wiley & Sons, West Sussex, UK, 17, 517.

Guicheteau, J., & Millette, L. (2012). Projets efficaces pour une mobilité durable: facteurs de succès: Presses inter Polytechnique.

Haezendonck, E. (2008). Transport project evaluation: Extending the social cost benefit approach. Maritime Economics & Logistics, 10(3), 322-324.

Hansen, W. G. (1959). How accessibility shapes land use. Journal of the American Institute of planners, 25(2), 73-76.

Harkat, I., Amar, N. N., Benrachi, B., & Gattuso, D. (2022). Evaluation of socio-economic variables for the constantine tramway line. Transport Problems, 17(3).

Hensher, D. A., & Button, K. J. (2007). Handbook of transport modelling: Emerald Group Publishing Limited.

Hernja, G., & Kaufmann, V. (2022). Mobilité durable et inclusive: quel processus éducatif? Paper presented at the Projet inclusion transition.

Ingram, D. R. (1971). The concept of accessibility: A search for an operational form. Regional studies, 5(2), 101-107.

Joly, I., Littlejohn, K., & Kaufmann, V. (2006). La croissance des budgets-temps de transport en question : nouvelles approches. Rapport de recherche final. Retrieved from https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00174992

L'Hostis, A., & Conesa, A. (2010). Définir l'accessibilité intermodale: Hermès.

Levinson, D. (2003). Perspectives on efficiency in transportation. International Journal of Transport Management, 1(3), 145-155.

Litman, T. (2008). Evaluating accessibility for transportation planning. Victoria Transport Policy Institute, Victoria, Canada.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). Geographic information science and systems: John Wiley & Sons.

Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: Where are we now? Transport policy, 20, 105-113.

Mercier, A. (2008). Accessibilité et évaluation des politiques de transport en milieu urbain : le cas du tramway strasbourgeois. Université Lumière - Lyon II. Retrieved from https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00354832

Miller, H. J., & Shaw, S.-L. (2001). Geographic information systems for transportation: principles and applications: Oxford University Press, USA.

Morris, A. E. J. (2013). History of urban form before the industrial revolution: Routledge.

O'Sullivan, D., Morrison, A., & Shearer, J. (2000). Using desktop GIS for the investigation of accessibility by public transport: an isochrone approach. International Journal of Geographical Information Science, 14(1), 85-104.

Picon, A. (2016). L'avènement de la ville intelligente. [The rise of the intelligent city]. 132(2), 9-24. doi: 10.3917/soc.132.0009

Picon, A. (2018). Villes et systèmes d'information : de la naissance de l'urbanisme moderne à l'émergence de la smart city. [Cities and information systems: From the birth of modern urbanism to the emergence of the smart city]. 111-112(1), 80-93. doi: 10.3917/flux1.111.0080

Pucher, J., & Buehler, R. (2008). Making cycling irresistible: lessons from the Netherlands, Denmark and Germany. Transport Reviews, 28(4), 495-528.

Rallet, A., Aguilera, A., & Guillot, C. (2009). Diffusion des TIC et mobilité : permanence et renouvellement des problématiques de recherche. [Diffusion of ICT and Mobility: Permanence and Renewal of Research Issues]. 78(4), 7-16. doi: 10.3917/flux.078.0007

Robic, M.-C. (1982). Cent ans avant Christaller... Une théorie des lieux centraux. L'Espace géographique, 5-12.

Romet, P. (2022). SURATRAM - Intelligent Transport System for freight management in urban areas

SURATRAM - Système de Transport Intelligent pour la gestion du fret de marchandises en zone urbaine. Université Bourgogne Franche-Comté. Retrieved from https://theses.hal.science/tel-03826751 Univ-bourgogne

Schürmann, C. (2004). Morphological analysis of urban areas based on 45-minute isochrones. Annex Report D to ESPON Project, 1(1).

Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. The Bell system technical journal, 27(3), 379-423.

Sheffi, Y. (1985). Urban Transportation Networks: Prentice-Hall, Inc.

Shikary, C., & Rudra, S. (2021). Measuring urban land use change and sprawl using geospatial techniques: A study on Purulia Municipality, West Bengal, India. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 49, 433-448.

Shuper, V. (1999). La théorie des lieux centraux et les phénomènes d'évolution. Cybergeo: European Journal of Geography.

SIGNOLES, R. S. B. E. P. Les villes nouvelles en Algérie : une question

apparemment réglée, mais une réalité complexe.

Soja, E. (2009). La ville et la justice spatiale. justice spatiale/spatial justice(1).

Stambouli, J. (2005). Les territoires du tramway moderne: de la ligne à la ville durable. Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie(Dossier 4).

Stubbs, P. C., Tyson, W. J., & Dalvi, M. Q. (2017). Transport economics: Routledge.

Wu, B. M., & Hine, J. P. (2003). A PTAL approach to measuring changes in bus service accessibility. Transport policy, 10(4), 307-320.

Zebiri, I. (2019). La politique des transports en Algérie: l'impact du tramway sur l'aménagement urbain de la ville de Constantine. Lyon.

Zeigler, B. P., Praehofer, H., & Kim, T. G. (2000). Theory of modeling and simulation: Academic press.

Aïchour, Boudjemâa. 2006. « Les problèmes des transports urbains et leur impact sur la circulation à Constantine ». Les Cahiers Scientifiques du Transport-Scientific Papers in Transportation 50. https://cst.episciences.org/12046.

Ariane, Houria, Fatiha Benidir, et Bernia Zehioua. 2023. « Couture Urbaine / Articulations Entre Micro-Milieux: L'extension de La Ligne Du Tramway Vers La Ville Nouvelle d'Ali Mendjeli (Constantine) ». disP - The Planning Review 59(1):6-17. doi:10.1080/02513625.2023.2229625.

Boubakour, Farès. 2008. « Les transports urbains en Algérie face aux défis du développement durable: sur les problèmes rencontrés et les solutions proposées ». Codatu 13:1-12.

Button, Kenneth. 2010. Transport economics. Edward Elgar Publishing.

DOCTORAT | VILLES ET PROJETS, SAVOIRS ET ACTIONS. 2018. https://vpsa.hypotheses.org/category/doctorat.

Feuillet, Thierry, Étienne Cossart, et Hadrien Commenges. 2019. Manuel de géographie quantitative: Concepts, outils, méthodes. Armand Colin.

Ghenouchi, Rana Ghoussoun. 2022. « Le covoiturage, comme outil du management de la mobilité: Une solution pour les 460 logements universitaires ville nouvelle Ali mandjeli, Algérie ». 73-862:(1)9 مجلة العلوم الانسانية لجامعة أم البواقي.

Houssem, Mouffouk, et Boubakour Fares. 2017. « The Social Dimension of Sustainable Transport: Investigating the Accessibility of Batna's Residents to Public Transport Systems ». 23-8:(13)7 مجلة الإستراتيجية والتنمية.

Issad, Sabrina. 2024. « Le tramway du Grand Constantine un catalyseur de l'accessibilité. Impact de son extension sur le transport en commun de la ville Ali Mendjeli ». P. 237-54 in.

Khelf, Mouloud, Salim Boukebbab, et Neila Bhouri. 2022. « Evaluation of the Tram Intelligent System Management by an Analysis of Its Key Performance Indicators for an Optimal Mixed Traffic Control in Algeria ». International Journal of Shipping and Transport Logistics 14(1/2):33. doi:10.1504/IJSTL.2022.120668.

Khelf, Mouloud, Salim Boukebbab, et Neila Bhouri. 2023. « The effect of tram management on road traffic fluidity and its influence on drivers behaviors at a critical junction in Algeria ». Transport Problems= Problemy Transportu 18(2):31-42.

Papa, Enrica, Cecilia Silva, Marco Te Brömmelstroet, et Angela Hull. 2016. « Accessibility instruments for planning practice: A review of European experiences ». Journal of Transport and Land Use 9(3):57-75.

RACHID SIDI BOUMEDINE ET PIERRE SIGNOLES. s. d. « Les villes nouvelles en Algérie : une question apparemment réglée, mais une réalité complexe ».

Sabrina, Issad, et Ariane Houria. 2024. « Evaluating Public Transport Accessibility Levels and The Potential for A 20-Minute City in Ali Mendjeli, Algeria Using a Geographic Information System (GIS) ». Algeria Using a Geographic Information System (GIS)(March 25, 2024).

Sustainable Urban Development & Planning | Masdar City. s. d. Consulté 15 octobre 2024. https://www.masdarcity.ae/sustainable-urban-development/Sustainability-at-masdar-city.

Zebiri, Imad. 2019. « La politique des transports en Algérie: l'impact du tramway sur l'aménagement urbain de la ville de Constantine ». PhD Thesis, Lyon.

# 7. ANNEXES

## Annexes A : Revue de Littérature : La Modélisation d'un SIG de l'Accessibilité Urbaine par les Transports en Commun à la Ville d'Ali Mendjeli

### Méthodologie de la Revue de Littérature : Une Démarche Systématique et Rigoureuse (Selon PRISMA)

Soucieux de garantir la rigueur, la transparence et la reproductibilité de notre travail, nous avons suivi les recommandations du modèle PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), un standard international pour la conduite et la diffusion des revues systématiques et des méta-analyses (Moher et al., 2009). Le tableau ci-dessous présente les différentes étapes de notre démarche :

| **Étape PRISMA** | **Nombre d'articles** | **Détails** |
|---|---|---|
| Identification | +5000 articles | Recherche des articles pertinents dans les bases de données et les autres sources (sites web d'organisations, bibliographies d'articles, etc.). **Cette phase d'identification a également intégré une exploration manuelle des fonds documentaires des bibliothèques universitaires de la Faculté d'Architecture et d'Urbanisme de Constantine 3, de l'École Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme (EPAU), de l'Université de Batna, et de l'École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE) de Lyon, lors d'un stage de recherche.** Un examen attentif des catalogues des librairies universitaires et spécialisées en urbanisme et en transport a complété cette phase. |
| **Bases de données :** Web of Science, Scopus, Google Scholar, Transport Research International Documentation, ScienceDirect, Cairn.info | | |

| | | |
|---|---|---|
| **Mots clés :** accessibilité urbaine, transport en commun, ville nouvelle, modélisation spatiale, indice PTAL, isochrones, justice spatiale, mobilité durable, mobilité intelligente, SIG, politiques du transport Algérie | | |
| Sélection | ~800 articles | Examen des titres et des résumés des articles identifiés et sélection des articles potentiellement pertinents. |
| **Critères d'inclusion :** Études empiriques, études de cas, revues de littérature, articles de synthèse qui traitent de la modélisation de l'accessibilité urbaine par les transports en commun, ou qui abordent les questions de mobilité dans les villes nouvelles, et qui proposent une analyse rigoureuse et pertinente. | | |
| **Critères d'exclusion :** Études qui se limitent à une description générale des transports en commun sans proposer d'analyse de l'accessibilité, articles de vulgarisation, et publications qui ne sont pas disponibles en français en anglais ou en arabe. | | |
| Éligibilité | ~200 articles | Examen du texte intégral des articles sélectionnés et détermination de leur éligibilité finale en fonction des critères d'inclusion et d'exclusion. |
| Inclusion | ~100 articles | Synthèse des informations pertinentes tirées des articles inclus. |
| **Autres sources :** Documents de planification urbaine, rapports d'études, actes de colloques, | | |

| | | |
|---|---|---|
| communications scientifiques, et travaux de recherche menés dans le cadre du laboratoire AUTES. | | |

Cette revue de littérature a été enrichie par une immersion dans le contexte local et par une collaboration étroite avec les acteurs de la mobilité. Au cours de ma première année de doctorat, nous avons participé à un atelier de construction d'une base de données sur la ville nouvelle d'Ali Mendjeli, en collaboration avec d'autres doctorants, des chercheurs du laboratoire AUTES, et des professionnels de l'urbanisme et des transports. Nous avons également eu l'opportunité de :

- Rencontrer des cadres de la direction des transports de la wilaya de Constantine, qui m'ont fourni des informations précieuses sur le réseau de transport, les projets en cours et les enjeux de la mobilité.
- Mener des entretiens avec des spécialistes (urbanistes, architectes, sociologues, géographes), qui m'ont éclairé sur l'histoire de la ville, les choix d'aménagement et les défis sociaux et économiques.
- Participer à des événements scientifiques (colloques, conférences, séminaires), qui m'ont permis de prendre connaissance des recherches les plus récentes et d'échanger avec d'autres chercheurs.

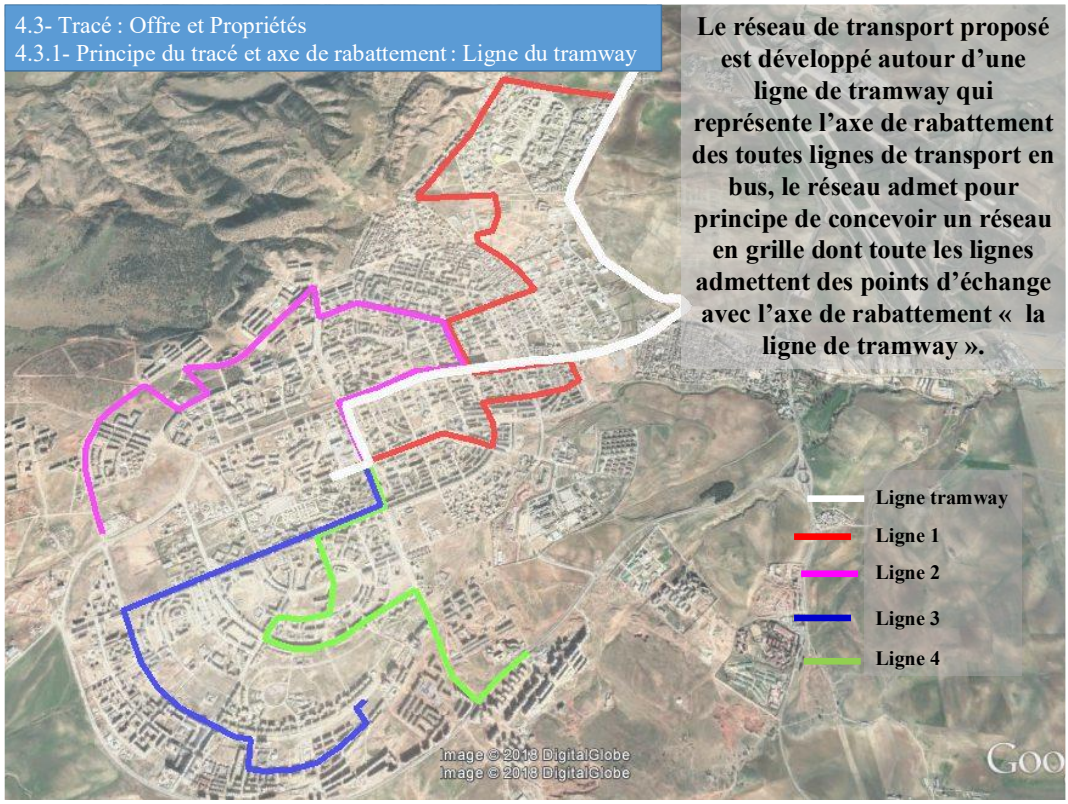
Cette expérience de terrain a été essentielle pour contextualiser ma recherche et pour orienter mes choix méthodologiques.

**Annexe B : Nouveau Réseau du Transport Urbain par Bus dans l'agglomération de la Ville Ali Mendjeli, 2018**

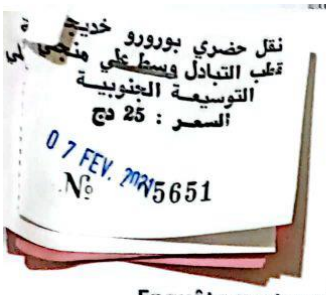
| **Plan de travail et sommaire** | Développé par : |
|---|---|
| 1- Introduction :<br>Intérêt du réseau de transport en commun par bus dans la planification | Hamlaoui + Mahfoud + M$^{elle}$ Issad + Ammamra |
| 2- Problématique :<br>Réseau : état des lieux et enjeux de la demande actuelle et de l'offre | Hamlaoui + Mahfoud + M$^{elle}$ Issad |
| 3- Diagnostic :<br>Données socio-économiques<br>Localisation des centres d'intérêt socio-économiques (centres commerciaux, hôpitaux, universités, administrations, etc.) dites pôles générateurs de flux | Sedrati + Bounaas |
| 4- Conception du nouveau réseau<br>4.1- Tracé des Lignes projetées<br>4.1.1- sur carte et tirage au format A2 et A3<br>4.1.2- Google Earth<br>4.1.1- format Pdf<br>4.1.1- Arc Gis : Sujet du thème Projeté par la Doctorante M$^{elle}$ Issad<br>4.2- Système d'Information et panneaux d'information<br>4.2.1- Système d'Information statique<br>4.2.1- Système d'Information dynamique : Sujet du thème Projeté par la Doctorante M$^{elle}$ Issad<br>4.3- Tracé : Offre et Propriétés<br>4.3.1- Principe du tracé et axe de rabattement : Ligne du tramway<br>4.3.2- Offre du tracé et axe de rabattement : Ligne du tramway<br>- couverture spatiale totale de la demande : habitation et centres d'intérêt | Bounaas + Boumazaar + Amamra + M$^{elle}$ Issad |

| | |
|---|---|
| - Liaison et transfert péri-urbain, inter-urbain et inter-wilaya | |
| 5- Recommandations d'aménagement et de mobilier urbain :<br>5.1- Aménagements<br>5.1.1- Aires d'arrêt (Photos + Croquis d'aménagement) en coordination avec DUAC, Sous Recommandation de Mr le Wali<br>5.1.2- Giratoires : réaménagement en coordination avec DTP Sous Recommandation de Mr le Wali<br>5.1- Signalisation horizontale et verticale et Marquage au Sol des aires d'arrêt<br>5.2- Abris et Mobilier Urbain | Groupe |
| 6- Scénario du tracé futur : Extension, Création ou Modification<br>6.1- Rabattement au pôle d'échange après mise en exploitation du tramway<br>6.2- Rabattement vers l'arrêt principal du tramway desservant l'UC 3 , après mise en exploitation du tramway | Groupe |
| 7- Scénario de gestion et d'exploitation du réseau<br>7.1- Gestion et exploitation Classique multi-opérateurs : Avantages et inconvénients<br>7.2- Gestion et exploitation du réseau Organisée : Vision de l'**Autorité Organisatrice des Transports**<br>7.2.1- Exploitation par opérateur unique par ligne ou par lot de lignes : Avantages et inconvénients<br>7.2.2- Exploitation multi-opérateurs regroupée : Avantages et inconvénients | Groupe |

4.3- Tracé : Offre et Propriétés
4.3.1- Principe du tracé et axe de rabattement : Ligne du tramway



**Annexe C : enquêtes sur terrain(exemples effectués par mes étudiants , vérifiés et actualisé)**




**Enquête sur terrain sur le réseau de transport en commun de la VNAM**

Date : 25/01/2021

Enquêteurs ( nom, prénom , année , email et numéro de téléphone)

- Kenaiche Chaima , master 2 , Ilmenite 4P gmail.com 06.74.18.22.77

Ligne : SNTV de Ali Mendjeli - Bab Ksantina Bardo

Démarrage (heure + endroit): 13:06 faculté d'architecture et d'urbanisme Université contst.

Arrivé (heure + endroit): 17:47 Résidence universitaire AIN El Bey 3.

| Arrêt | Temps d'attente | Personnes Montées | Personnes descentes |
|---|---|---|---|
| SNTV Ali Mendjeli | 5 min | 36 | 0 |
| La Poste UV4 | 30 S | 0 | 6 |
| cosider | 1 min | 0 | 7 |
| El Fermo | 1 min | 2 | 5 |
| Tindouf | 1 min | 4 | 0 |
| Istiklal | 30 S | 2 | 0 |
| Tramway | 1 min | 4 | 5 |
| 4 chemins | 30 S | 2 | 0 |
| La cité Larcher 2 | 30 S | 2 | 1 |
| DNC | 30 S | 1 | 1 |
| Zarzara | 30 S | 0 | 0 |
| Mentouri (Rectorat) | 1 min | 0 | 2 |
| UNV1 | 1 min | 2 | 0 |
| SNTV | 30 S | 1 | 11 |
| Brachemi | 30 S | 1 | 5 |
| - | 30 S | 0 | 1 |
| chalet | 1 min | 0 | 0 |
| - | 30 S | 0 | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| DNC | 1 min | 1 | 0 |
| Zaouia | 1 min | 2 | 0 |
| Mentouri | 1 min | 0 | 2 |
| UNV | 15 S | 0 | 0 |
| El grenata | 1 min 30 S | 0 | 0 |
| Jeune Entreprise | 2 min | 10 | 0 |
| Ben Boubat | 05 | 0 | 0 |
| Polygone | 1 min | 1 | 0 |
| El Kaicha 1 | 3 min | 7 | 4 |
| Rond Point | 1 min | 6 | 4 |
| El Kaicha 2 | 30 S | 0 | 1 |
| SNTV (Bastos) | 1 min | 3 | 0 |

**Synthèse :**

Le 25/01/2021 On a décidés moi et ma collègue Krazza Lahia de faire cette enquête donc on a sortie de l'UNV à 13:15 et on a fait le lieu inter de Ali Mendjeli à côté de l'UNV constatation 3. Nous allons retrouver un bus à 13:17 après à 13:22 le bus démarre. On a retiré à la gare routière de Ali Mendjeli à 13:49. puis on a cherché un bus de Bastos. à 13:52 nous allons entrer au bus de Bastos. après 5 min d'attente le bus démarre et nous allons passer par les différents arrêts expliquées au début jusque au dernier Arrêt qui est nommé SNTV de Bastos mais le bus fait le tour avant d'entrer à la gare routière. le temps d'entrée de Bastos à 13:52.

Ligne : Ali Mendjeli-Boussouf.

Démarrage : SNTV Ali Mendjeli. **11 : 49.**

Arrivé : Boussouf. **12 : 58.**

| Arrêt | Temps d'attente | Personnes montées | Personnes descendues. |
|---|---|---|---|
| **01** | < 1 minute. | 2 | 0 |
| **02** | < 1 minute. | 2 | 0 |
| **03** | < 1 minute. | 1 | 0 |
| **04** AADL مسجد الريان | < 1 minute. | 3 | 0 |
| **05** Rond-point. | / | / | / |
| **06** L'ancien terminus. | < 1 minute. | 2 | 0 |
| **07** حي الشهيد قرين بلقاسم | < 1 minute. | 2 | 0 |
| **08** L'ancien Ritdej. | Une minute. | 1 | 3 |
| **09** Sans visa. | Une minute. | 12 | 1 |
| **10** | < 1 minute. | 2 | 0 |
| **11** الاستقلال | 2 minutes. | 1 | 1 |
| **12** | < 1 minute. | 1 | 0 |
| **13** Tramway. | 1 minute. | 0 | 5 |
| **14** | < 1 minute. | 0 | 0 |
| **15** 04 chemins. | < 1 minute. | 0 | 4 |
| **16** Zouaghi. | 1 minute. | 4 | 3 |
| **17** | < 1 minute. | 0 | 2 |
| **18** زرزارة | < 1 minute. | 2 | 0 |
| **19** Paramédical. | 1 minute. | 1 | 0 |
| **20** Mentouri. | < 1 minute. | 2 | 2 |
| **21** Rond-point. الاقامة الجامعية عائشة | < 1 minute. | 1 | 0 |
| **22** جنان الزيتون | 1 minute. | 0 | 15 |
| **23** بن بولعيد | 1 minute. | 5 | 2 |
| **24** Baligoune. | 1 minute. | 4 | 3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **25** Boussouf. | 1 minute. | 11 | 5 |
| **26** Terminus. | 1 minute. | 7 | 8 |

Retour :

Démarrage : Boussouf. **13 : 00.**

Arrivé : SNTV Ali Mendjeli. **13 : 57.**

| Arrêt | Temps d'attente | Personnes montées | Personnes descendues. |
|---|---|---|---|
| 01 | < 1 minute. | 0 | 0 |
| 02 | < 1 minute. | 1 | 1 |
| 03 Baligoune. | < 1 minute. | 3 | 0 |
| 04 بن بولعيد | < 1 minute. | 5 | 0 |
| 05 Mentouri. | < 1 minute. | 0 | 1 |
| 06 DNC. | 1 minute. | 2 | 2 |
| 07 Zouaghi. | < 1 minute. | 0 | 4 |
| 08 | < 1 minute. | 0 | 0 |
| 09 04 chemins. | 3 minutes. | 8 | 2 |
| 10 Première / Deuxième. | < 1 minute. | 1 | 0 |
| 11 Commissariat. | < 1 minute. | 1 | 0 |
| 12 | < 1 minute. | 1 | 0 |
| 13 | < 1 minute. | 0 | 1 |
| 14 El firma. | 1 minute. | 0 | 0 |
| 15 400 | 1 minute. | 0 | 1 |
| 16 CEM | 1 minute. | 0 | 5 |
| 17 | < 1 minute. | 0 | 4 |
| 18 | < 1 minute. | 0 | 4 |
| 19 16ème. | 1 minute. | 4 | 1 |
| 20 L'ancien terminus. | < 1 minute. | 0 | 1 |
| 21 Rond-point. | < 1 minute. | 1 | 5 |
| 22 AADL. | < 1 minute. | 0 | 1 |
| 23 Polyclinique. | < 1 minute. | 0 | 6 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 24 | / | 0 | 8 |

Observation :

On a démarré a 11 : 25 depuis l'université de Constantine 03, en véhicule particulier.

Y'avais 17 personnes déjà au bus quand on est montée.

On n'a pas changé de bus car il ne s'est pas arrêté à Boussouf.

## Annexe D : score de configuration du réseau par UV

| UV | niveau ISO | niveau PTAL | IM | icl | score de configuration du réseau | pourcentage ISO 10 | pourcentage ISO 15 | pourcentage ISO 20 | pourcentage ISO >20 | haute accessibilité | Accessibilité Moyenne | Accessibilité faible |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | haut | haut | 0,255 | 10 | 10,255 | 100,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,98665293 | 0,01349428 | 0 |
| 8 | haut | haut | 0,135 | 10 | 10,135 | 100,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 1,00022198 | 0 | 0 |
| 15 | moyen | moyen | 0,255 | 4 | 4,255 | 100,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,29030532 | 0,73583247 | 0 |
| 14 | moyen | moyen | 0,121 | 0 | 0,121 | 76,2% | 99,6% | 100,0% | 0,0% | 0,41152055 | 0,58866167 | 0 |
| 13 | moyen | moyen | 0,03 | 10 | 10,03 | 97,3% | 100,0% | 0,0% | 0,0% | 0,47020779 | 0,52995301 | 0 |
| 21 | faible | faible | 0,3 | 0 | 0,3 | 53,4% | 72,7% | 87,2% | 12,8% | 0,11518731 | 0,35430203 | 0,4322349 |
| 2 | haut | haut | 0,1 | 9 | 9,1 | 87,0% | 100,0% | 0,0% | 0,0% | 1,000158 | 0 | 0 |
| 3 | haut | haut | 0,12 | 6 | 6,12 | 100,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 1,0001716 | 0 | 0 |
| 4 | haut | haut | 0,045 | 3 | 3,045 | 65,2% | 94,4% | 100,0% | 0,0% | 0,75450204 | 0,24023488 | 0,00542544 |
| 18 | faible | faible | 0,03 | 3 | 3,03 | 47,2% | 91,1% | 97,5% | 2,5% | 0,13679337 | 0,43054516 | 0,4317558 |
| 17 | haut | haut | 0,12 | 3 | 3,12 | 100,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,85962469 | 0,14061135 | 0 |
| 19 | moyen | moyen | 0,045 | 3 | 3,045 | 82,6% | 100,0% | 0,0% | 0,0% | 0,05407262 | 0,80649995 | 0,13958353 |
| 20 | faible | faible | 0,015 | 3 | 3,015 | 22,7% | 79,7% | 100,0% | 0,0% | 0 | 0,34228798 | 0,65799321 |
| 1 | haut | haut | 0,12 | 11 | 11,12 | 94,9% | 100,0% | 0,0% | 0,0% | 0,68077857 | 0,31938882 | 0 |
| 10 | moyen | moyen | 0 | 0 | 0 | 50,0% | 95,9% | 100,0% | 0,0% | 0,10685778 | 0,8911467 | 0 |
| 12 | haut | haut | 0 | 0 | 0 | 63,0% | 93,5% | 100,0% | 0,0% | 0,69005503 | 0,31006289 | 0 |
| 9 | moyen | moyen | 0,105 | 9 | 9,105 | 72,0% | 94,8% | 100,0% | 0,0% | 0,71647331 | 0,62815581 | 0 |
| 7 | haut | haut | 0,18 | 9 | 9,18 | 100,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,93349457 | 0,06665732 | 0 |
| 5 | moyen | moyen | 0,09 | 9 | 9,09 | 77,9% | 98,7% | 100,0% | 0,0% | 0,4245752 | 0,57227128 | 0 |
| ZAM | haut | haut | 0,12 | 6 | 6,12 | 47,2% | 99,2% | 100,0% | 0,0% | 0,60813511 | 0,43449268 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | haut | haut | 0,225 | 2 | 2,225 | 92,0% | 100,0% | 100,0% | 0,0% | 0,55516558 | 0,34934508 | 0,00885463 |
| 11 | moyen | moyen | 0,06 | 9 | 9,06 | 26,4% | 36,1% | 62,0% | 38,0% | 0,07864159 | 0,60326886 | 0,3415152 |
| UC3 | faible | moyen | 0,006 | 0 | 0,006 | 36,6% | 68,0% | 93,7% | 6,3% | 0,10006219 | 0,61472833 | 0,28407037 |
| ext-sud | faible | faible | 0,015 | 3 | 3,015 | 12,8% | 24,5% | 39,6% | 60,3% | 0,00832309 | 0,07530697 | 0,68269194 |
| 4 chemins | faible | faible | 0,06 | 11 | 11,06 | 29,3% | 49,2% | 55,4% | 44,9% | 0,13917097 | 0,22552342 | 0,63851368 |

## Annexe E : score AiBus, AiTramway etAiPOI

| POI | AiBus | AiTram | AiPOI | PTAL | description |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7,146502 | 7,064052 | 14,21055 | 6 | excellent |
| 2 | 6,477183 | 7,730165 | 14,20735 | 6 | excellent |
| 3 | 6,490525 | 7,708202 | 14,19873 | 6 | excellent |
| 4 | 7,193015 | 6,943638 | 14,13665 | 6 | excellent |
| 5 | 8,193948 | 5,940924 | 14,13487 | 6 | excellent |
| 6 | 7,43629 | 6,683233 | 14,11952 | 6 | excellent |
| 7 | 7,590169 | 6,447033 | 14,0372 | 6 | excellent |
| 8 | 7,064649 | 6,947704 | 14,01235 | 6 | excellent |
| 9 | 7,199035 | 6,933119 | 14,13215 | 6 | excellent |
| 10 | 6,601924 | 7,127679 | 13,7296 | 5 | very good |
| 11 | 5,928624 | 7,70616 | 13,63478 | 5 | very good |
| 12 | 7,226525 | 6,322144 | 13,54867 | 5 | very good |
| 13 | 5,296028 | 8,193948 | 13,48998 | 5 | very good |
| 14 | 5,824533 | 7,570709 | 13,39524 | 5 | very good |
| 15 | 6,22265 | 7,089719 | 13,31237 | 5 | very good |
| 16 | 6,063566 | 7,210567 | 13,27413 | 5 | very good |
| 17 | 5,859529 | 7,164685 | 13,02421 | 5 | very good |
| 18 | 6,60405 | 6,412243 | 13,01629 | 5 | very good |
| 19 | 6,180825 | 7,199762 | 13,38059 | 5 | very good |
| 20 | 5,45176 | 7,489642 | 12,9414 | 4 | good |
| 21 | 5,541064 | 7,330341 | 12,8714 | 4 | good |
| 22 | 8,089502 | 4,736307 | 12,82581 | 4 | good |
| 23 | 5,509928 | 7,26739 | 12,77732 | 4 | good |
| 24 | 7,279497 | 5,42639 | 12,70589 | 4 | good |
| 25 | 4,934288 | 7,597129 | 12,53142 | 4 | good |
| 26 | 8,134557 | 4,389989 | 12,52455 | 4 | good |
| 27 | 5,243364 | 7,245706 | 12,48907 | 4 | good |
| 28 | 6,676153 | 5,8108 | 12,48695 | 4 | good |
| 29 | 4,987602 | 7,467511 | 12,45511 | 4 | good |
| 30 | 7,178811 | 5,26961 | 12,44842 | 4 | good |
| 31 | 5,825094 | 6,607122 | 12,43222 | 4 | good |
| 32 | 6,698791 | 5,732319 | 12,43111 | 4 | good |
| 33 | 6,569188 | 5,812787 | 12,38198 | 4 | good |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 34 | 7,045273 | 5,274114 | 12,31939 | 4 | good |
| 35 | 6,018833 | 6,267215 | 12,28605 | 4 | good |
| 36 | 5,638834 | 6,614595 | 12,25343 | 4 | good |
| 37 | 5,681318 | 6,570625 | 12,25194 | 4 | good |
| 38 | 5,740484 | 6,416902 | 12,15739 | 4 | good |
| 39 | 5,821502 | 6,271881 | 12,09338 | 4 | good |
| 40 | 6,561238 | 5,521674 | 12,08291 | 4 | good |
| 41 | 6,220337 | 6,243812 | 12,46415 | 4 | good |
| 42 | 5,601836 | 6,332271 | 11,93411 | 3 | moderate |
| 43 | 5,746659 | 6,136348 | 11,88301 | 3 | moderate |
| 44 | 6,08504 | 5,628185 | 11,71322 | 3 | moderate |
| 45 | 5,446827 | 6,238117 | 11,68494 | 3 | moderate |
| 46 | 5,404728 | 6,26755 | 11,67228 | 3 | moderate |
| 47 | 5,558161 | 6,113128 | 11,67129 | 3 | moderate |
| 48 | 6,507657 | 5,157328 | 11,66499 | 3 | moderate |
| 49 | 5,916883 | 5,720608 | 11,63749 | 3 | moderate |
| 50 | 5,128361 | 6,446152 | 11,57451 | 3 | moderate |
| 51 | 6,0103 | 5,526185 | 11,53649 | 3 | moderate |
| 52 | 6,155974 | 5,348791 | 11,50477 | 3 | moderate |
| 53 | 6,409412 | 5,09178 | 11,50119 | 3 | moderate |
| 54 | 5,527798 | 5,911893 | 11,43969 | 3 | moderate |
| 55 | 5,631157 | 5,802061 | 11,43322 | 3 | moderate |
| 56 | 6,016545 | 5,382705 | 11,39925 | 3 | moderate |
| 57 | 5,429542 | 5,829759 | 11,2593 | 3 | moderate |
| 58 | 6,320311 | 4,919154 | 11,23947 | 3 | moderate |
| 59 | 5,633457 | 5,530431 | 11,16389 | 3 | moderate |
| 60 | 5,056773 | 6,104338 | 11,16111 | 3 | moderate |
| 61 | 5,483633 | 5,651385 | 11,13502 | 3 | moderate |
| 62 | 6,009105 | 5,034257 | 11,04336 | 3 | moderate |
| 63 | 6,522648 | 4,516875 | 11,03952 | 3 | moderate |
| 64 | 5,721066 | 5,294702 | 11,01577 | 3 | moderate |
| 65 | 5,482535 | 5,529271 | 11,01181 | 3 | moderate |
| 66 | 5,7836 | 5,646386 | 11,42999 | 3 | moderate |
| 67 | 4,987711 | 5,992959 | 10,98067 | 2 | poor |
| 68 | 5,281798 | 5,663452 | 10,94525 | 2 | poor |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 69 | 6,094235 | 4,816373 | 10,91061 | 2 | poor |
| 70 | 6,504006 | 4,375407 | 10,87941 | 2 | poor |
| 71 | 5,433621 | 5,433017 | 10,86664 | 2 | poor |
| 72 | 6,018669 | 4,786035 | 10,8047 | 2 | poor |
| 73 | 5,466068 | 5,288733 | 10,7548 | 2 | poor |
| 74 | 5,407233 | 5,346102 | 10,75334 | 2 | poor |
| 75 | 5,149884 | 5,572388 | 10,72227 | 2 | poor |
| 76 | 6,06219 | 4,616844 | 10,67903 | 2 | poor |
| 77 | 5,603068 | 5,055423 | 10,65849 | 2 | poor |
| 78 | 5,913404 | 4,741987 | 10,65539 | 2 | poor |
| 79 | 4,979272 | 5,654891 | 10,63416 | 2 | poor |
| 80 | 5,352564 | 5,209083 | 10,56165 | 2 | poor |
| 81 | 5,823682 | 4,656491 | 10,48017 | 2 | poor |
| 82 | 5,319774 | 5,153566 | 10,47334 | 2 | poor |
| 83 | 5,333522 | 5,130606 | 10,46413 | 2 | poor |
| 84 | 5,647087 | 4,809341 | 10,45643 | 2 | poor |
| 85 | 5,319573 | 5,083927 | 10,4035 | 2 | poor |
| 86 | 5,29876 | 5,039999 | 10,33876 | 2 | poor |
| 87 | 5,257665 | 5,066762 | 10,32443 | 2 | poor |
| 88 | 5,056941 | 5,259166 | 10,31611 | 2 | poor |
| 89 | 5,640312 | 4,668052 | 10,30836 | 2 | poor |
| 90 | 5,802566 | 4,48102 | 10,28359 | 2 | poor |
| 91 | 5,545665 | 4,710261 | 10,25593 | 2 | poor |
| 92 | 5,28231 | 4,964031 | 10,24634 | 2 | poor |
| 93 | 5,27243 | 4,964053 | 10,23648 | 2 | poor |
| 94 | 5,62026 | 4,580155 | 10,20042 | 2 | poor |
| 95 | 5,324684 | 4,789292 | 10,11398 | 2 | poor |
| 96 | 5,150163 | 4,951764 | 10,10193 | 2 | poor |
| 97 | 5,244668 | 4,818667 | 10,06333 | 2 | poor |
| 98 | 5,044052 | 5,01868 | 10,06273 | 2 | poor |
| 99 | 5,197642 | 4,844878 | 10,04252 | 2 | poor |
| 100 | 5,525378 | 4,476376 | 10,00175 | 2 | poor |
| 101 | 5,469437 | 5,000582 | 10,47002 | 2 | poor |
| 102 | 5,211308 | 4,746298 | 9,957606 | 1 | very poor |
| 103 | 5,196667 | 4,750489 | 9,947156 | 1 | very poor |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 104 | 5,183998 | 4,715486 | 9,899484 | 1 | very poor |
| 105 | 5,429643 | 4,454577 | 9,88422 | 1 | very poor |
| 106 | 5,020807 | 4,787648 | 9,808455 | 1 | very poor |
| 107 | 5,129111 | 4,666373 | 9,795484 | 1 | very poor |
| 108 | 5,267805 | 4,525328 | 9,793134 | 1 | very poor |
| 109 | 5,364277 | 4,412576 | 9,776853 | 1 | very poor |
| 110 | 5,129492 | 4,617264 | 9,746756 | 1 | very poor |
| 111 | 5,101911 | 4,596071 | 9,697981 | 1 | very poor |
| 112 | 5,32185 | 4,345882 | 9,667732 | 1 | very poor |
| 113 | 5,092713 | 4,567252 | 9,659965 | 1 | very poor |
| 114 | 5,148955 | 4,506755 | 9,655709 | 1 | very poor |
| 115 | 5,204684 | 4,362233 | 9,566917 | 1 | very poor |
| 116 | 5,057946 | 4,475954 | 9,5339 | 1 | very poor |
| 117 | 5,064435 | 4,444297 | 9,508732 | 1 | very poor |
| 118 | 5,04895 | 4,448214 | 9,497164 | 1 | very poor |
| 119 | 5,103328 | 4,352622 | 9,455949 | 1 | very poor |
| 120 | 5,182396 | 4,253367 | 9,435763 | 1 | very poor |
| 121 | 5,012313 | 4,363422 | 9,375735 | 1 | very poor |
| 122 | 5,03125 | 4,318438 | 9,349689 | 1 | very poor |
| 123 | 5,157326 | 4,510026 | 9,667352 | 1 | very poor |

**Annexe F: Journal of Urban and Landscape Planning · June 2024**

# EVALUATING PUBLIC TRANSPORT ACCESSIBILITY LEVELS AND THE POTENTIAL FOR A 20-MINUTE CITY IN ALI MENDJELI, ALGERIA USING A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)

**Issad Sabrina[1]*, Ariane Houria [2]***

1. Laboratory AUTES, Department of Urbanism, Faculty of Architecture and Urbanism, Salah Boubnider University of constantine3, Algeria
2. Laboratory AUTES, Department of Urbanism, Faculty of Architecture and Urbanism, Salah Boubnider University of constantine3, Algeria

Sabrina.issad@univ-constantine3.dz

houria.ariane@univ-constantine3.dz

**Abstract**

This study examines the accessibility of transportation, in Ali Mendjeli, Algeria using the concept of a "20-minute city" where essential amenities reachable within a 20-minute walk or bike ride. By utilizing Geographic Information System (GIS) technology and the Public Transport Accessibility Level (PTAL) method we analyze pedestrian access to transport hubs, service frequency and travel durations while considering footpath infrastructure and peak usage times. The PTAL maps generated reveal variations between the connected city center and the accessible peripheries. Our investigation delves into how this data can inform enhancements to transport links, expansion of services in underserved regions and promotion of access to opportunities. Through assessing the convenience of reaching destinations within 20 minutes this research offers insights for fostering a convenient and inclusive urban setting in Ali Mendjeli. The outcomes highlight challenges as prospects in realizing the vision of a 20 minute city through sustainable transportation options targeted improvements and incorporating accessibility, into urban planning strategies and regulations.

**Keywords : 20 Minute City, Public Transport Accessibility Level (PTAL), GIS , Ali Mendjeli, sustainable urban mobility.**

## INTRODUCTION

The rise of cities has resulted in people living in urban areas offering both advantages and difficulties. (UN Habitat, 2022). While cities promote growth and a rich cultural life they also face issues, like traffic jams, pollution, social disparities and inefficient land usage (Litman, 2017). As the population expands it is increasingly important to focus on development. (Allam et al., 2020) (Moreno et al., 2021).

Establishing a 20-minute city relies heavily on how efficient and accessible public transportation systems. A reliable public transport system provides an alternative, to cars reducing traffic congestion and its adverse effects, on the environment and society. It also encourages inclusivity by making sure that individuals of varying incomes, ages and physical abilities can conveniently access services and opportunities. (Lucas, 2012).

To ensure the success of a 20-minute city it is crucial to establish public transportation networks. A trustworthy public transit network provides residents with an option to reduce reliance, on vehicles thus alleviating traffic congestion and its negative impact, on the environment and community. Additionally, it fosters inclusivity by guaranteeing that individuals of varying income brackets, ages and physical capabilities can readily access services and opportunities. (Lucas, 2012).

Hence, it's crucial to assess and understand the availability of transportation to determine the viability of a 20-minute city and devise approaches to improve mobility and overall well-being. Geographic Information Systems (GIS) offer resources for analyzing data that highlight accessibility patterns and identifying regions lacking access (Geurs & van Wee, 2004). Through the use of GIS technology urban planners and policymakers can gain insights, into the distribution of public transport access in areas and its influence, on urban development.

Ali Mendjeli, a city located in Algeria presents a scenario for exploring the challenges and opportunities of creating a 20-minute city amidst rapid urban growth. Originally founded as part of Constantine in the 1990s Ali Mendjeli has experienced population growth and urban development. The downtown area reaps the rewards of transportation connections. The emerging neighborhoods, on the outskirts face challenges due to limited accessibility leading to unequal spatial conditions that hinder the realization of a vision for a 20-minute city. In Ali Mendjeli public transportation primarily comprises buses and trams with efforts to improve and expand these services. However persistent issues related to service frequency, route coverage and alignment with planning goals highlight the need to assess transportation accessibility, in Ali Mendjeli and develop strategies to rectify existing deficiencies while promoting fairness.

In the region of Ali Mendjeli there is an exploration, into the feasibility of establishing a 20 minute city amidst its expansion as studied by (Cherrad and Benmechiche
,2019). In the 1990s Ali Mendjeli, a part of Constantine experienced growth, in its population and urban infrastructure. While the central area provides transportation options the newer surrounding neighborhoods are encountering connectivity issues that create disparities and impede the realization of the 20-minute city concept. Our research will delve into how these discoveries influence planning and decision making in Ali Mendjeli. This involves devising strategies to enhance transportation connectivity extend services to underserved areas and

promote mobility options. By assessing accessibility to destinations within a 20-minute timeframe our study aims to offer insights, for nurturing a sustainable and inclusive urban landscape that resonates with the vision of a 20-minute city.

## 1. RESEARCH ISSUES AND HYPOTHESES

This study investigates the following research issues:

Spatial Distribution of Public Transport Accessibility: How does public transport accessibility vary across different areas of Ali Mendjeli? Are there significant disparities between the city center and the peripheral urban extensions? What factors contribute to these disparities?

Potential for a 20-Minute City: To what extent does the existing public transport network in Ali Mendjeli support the principles of the 20-minute city? Which areas show the greatest potential for achieving this vision, and which areas face significant challenges?

Policy Implications: How can the findings of this study inform urban planning and policy interventions aimed at improving public transport accessibility and creating a more sustainable and equitable urban environment in Ali Mendjeli?

We hypothesize that:

There exists a significant disparity in public transport accessibility between the city center and the peripheral areas of Ali Mendjeli.

The existing public transport network in Ali Mendjeli does not fully support the principles of the 20-minute city, particularly in the newer urban extensions.

Improving public transport accessibility is crucial for achieving the vision of a 20- minute city in Ali Mendjeli and requires targeted interventions such as infrastructure investments, service expansions, integration with land-use planning, and policies that promote modal shift.

This research project aims to achieve the following objectives;

- Measure and visually represent the status of public transportation accessibility, in Ali Mendjeli using GIS technology and the Public Transport Accessibility Level (PTAL) approach. This involves analyzing information like the locations of public transport stops, frequency of services and walking distances to evaluate accessibility levels in parts of the city.
- Identify and examine the factors that contribute to differences in public transportation accessibility within Ali Mendjeli. This includes studying land use patterns, population density, availability of infrastructure and provision of services to understand the root causes of accessibility disparities.
- Assess the feasibility of creating a 20-minute city concept in Ali Mendjeli based on the existing public transportation system and land use patterns. This assessment involves evaluating how close residential areas are to amenities and services well as pinpointing areas with high potential for realizing the vision of a 20-minute city.
- Put forward data supported suggestions for urban planning and policy interventions designed to enhance public transportation accessibility and encourage sustainable urban

growth in Ali Mendjeli. These recommendations encompass proposing strategies for investing in infrastructure expanding services adjusting land use planning and implementing policies that promote a shift, towards public transportation usage and active modes of mobility.

# 2. METHODOLOGY

## 2.1. Adaptation to the Algerian Context:

This research modifies the Public Transport Accessibility Level (PTAL) approach, initially created by Transport, for London to suit the circumstances of Ali Mendjeli, Algeria. The adjustments involve:

- The peak hour timing, for analysis is set between 7;30 AM and 8;30 AM as from 4;30 PM to 5;30 PM taking into account local commuting trends and past research.
- Adjusting the walking speed to 3.6 km/h due to the absence of designated pedestrian infrastructure and potential obstacles based on real world observations.
- A reliability factor (K) : of one minute is allocated for trams and two and a half minutes for buses factoring in the differing reliability levels of each transportation mode, in Ali Mendjeli .

**Table. 1:** Comparison between London and Ali Mendjeli (PTAL Input Parameters)

| **Parameter** | **London** | **Ali Mendjeli** |
|---|---|---|
| Peak hour | 8 :15 AM–9 :15 AM | 7 :30 AM–8 :30 AM<br>16:30 – 17:30 |
| Walk speed | 4.8 km/h<br>80 m/min | 3.6 km/h<br>60 m/min |
| Reliability (K)<br>Bus<br>Tram | <br>2.0 min<br>0.75 min | <br>2.5 min<br>1.0min |
| Max walk time<br>Bus<br>Tram | <br>8 min<br>12 min | <br>10 min<br>15 min |
| Max walk distance<br>Bus<br>Tram | <br>640 m<br>960 m | <br>600 m<br>900 m |

- Grid Approach: Due to the unavailability of detailed building footprint data, a 500m² grid is overlaid on the study area. The centroid of each grid cell serves as a Point of Interest (POI) for accessibility calculations, ensuring comprehensive coverage of the city.

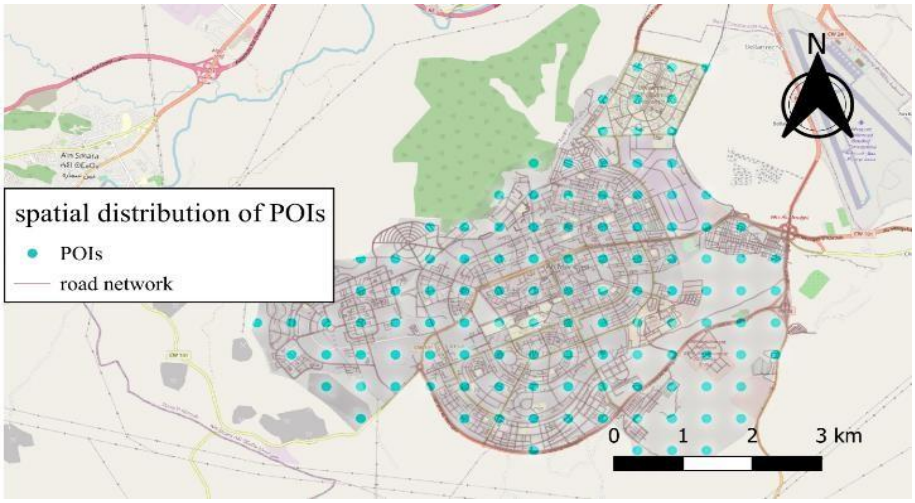



**Figure 1:** Spatial Distribution of Points of Interest (POIs) in the Study Area

The map shows figure.1 the streets and locations labeled as "POIs" or Points of Interest scattered throughout what seems to be a city or urban area.

## 2.2. **Data Collection :**

1- Public Transport Network Data :

- Routes and schedules: Obtain data on bus and tram routes, including stops, frequencies, and operating hours. This information we have acquired from through field surveys (April 2022-june 2022).
- Network maps: Collect digital maps of the public transport network, including bus stops, tram stations, and routes, field surveys (April 2022-june 2022).

2- Urban Amenities Data:

Points of Interest (POIs): Gather data on the location and type of essential amenities, we have classified them on categories, we have obtained from open data portals, and through field surveys.

**Table. 2:** Number of Amenities by Category in the Study Area

| **amenities** | **number** |
|---|---|
| administrative | 585 |
| commercial | 4070 |
| educational | 855 |
| hospital | 15 |
| hotel | 100 |
| leisure | 635 |

| | |
|---|---|
| mosque | 350 |
| restaurant | 890 |
| service | 835 |
| **Total general** | **8335** |

## 2.3. **GIS Tools and Analysis:**

1- GIS Software:

QGIS: A powerful open-source GIS software suitable for data analysis, visualization, and map creation.

ArcGIS: A comprehensive commercial GIS software with advanced functionalities for spatial analysis and modeling.

2- PTAL Calculation and Mapping:

**Step 1:** Specify the types of public transport stops considered as SAPs (e.g., bus stops, tram stations). Mention that the selection of SAPs is based on a field survey conducted in 2022.

**Step 2:** Explain how the actual road network distance is measured (e.g., using GIS tools, network analysis) and how the walk time is calculated based on the assumed walking speed of 3.6 km/h.

**Step 3:** Define the "valid routes" considered in this step (e.g., routes operating during the peak hour) and elaborate on how the average waiting time (AWT) is calculated. Include the formula for AWT with a clear explanation of each variable: AWT = (0.5 * Headway) + K

Where:

Headway: The time interval between consecutive vehicles on a specific route.

K: The reliability factor, which accounts for potential delays and variations in service. **Step 4:** Explain how the total access time (TAT) is calculated by adding the walk access time (WAT) and the average waiting time (AWT).

**Step 5:** Clarify the concept of Equivalent Doorstep Frequency (EDF) and its purpose in representing accessibility. Provide the formula for EDF:

EDF = 30 / TAT

Where:

30: Represents the reference time period in minutes. TAT: The total

access time calculated in Step 4.

**Step 6:** Explain how the Accessibility Index (AI) is calculated for each POI, considering the EDF of the most frequent route and applying a weighting factor for alternative routes. Provide the formula for AI:

AI = Σ (EDF_i * W_i)

Where:

$EDF_i$ : The Doorstep Frequency Equivalent of route i

$W_i$ : while the weighting factor, for route i (1.0 for the route and 0.5 for other routes).

## 2.4. **Include Visual Aids:**

- Accessibility Maps: To enhance understanding visual aids like Accessibility Maps can be utilized to illustrate variations Accessibility Maps PTAL across neighborhoods highlighting regions with both good and poor accessibility.
- For a 20 Minute City Analysis;
- Service Area Analysis: involves using GIS tools to create service area polygons around amenities indicating areas reachable within a 20 minute walk or bike ride.
- Overlay Analysis :entails merging service area polygons with PTAL maps to pinpoint locations where public transport can aid in realizing the 20 minute city concept.
- Spatial Statistics : calculations include determining statistics like the percentage of amenities within a 20 minute walk or bike ride distance, from SAPs.

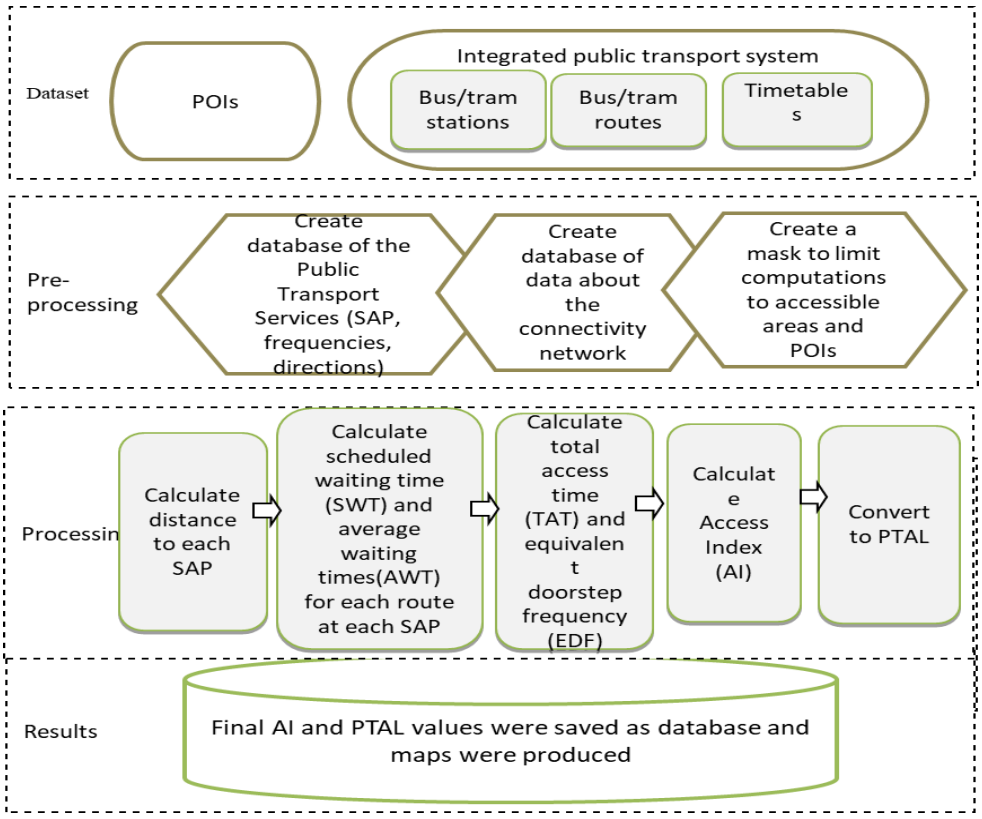



**Figure 2:** Methodology for Calculating Public Transport Accessibility Levels (PTAL) and Access Index (AI)

Figure.2 details the procedures and computations required to establish public transportation accessibility metrics such, as PTAL and Access Index. This involves utilizing input data sets related to points of interest, transportation networks/schedules and executing tasks like database creation, distance calculations wait times assessment, access time estimations ultimately transforming the outcomes into PTAL and AI metrics.

# 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

## 3.1. Ali Mendjeli City's Spatio-Temporal Evolution and Public Transport Development

The map shows how Ali Mendjelis public transportation network has evolved over time along, with Marc Cotes analysis of the citys development stages. This provides a foundation for grasping the citys growth path and its impact, on realizing a 20- minute city concept.

1. Early Stages and Geographers' Vision (1980s-1990s):

According to Cote (2006) Ali Mendjeli was created by geographers, with a vision to tackle the urbanization issues in Constantine. The early focus was on setting up the layout and necessary infrastructure. The 2002 map illustrates this phase displaying

a developed area centered around the core (NU6) and the start of a basic public transportation network, within the city mainly comprising bus routes.

2. Architects' Shaping and Policy-Driven Growth (1990s-2010s):

During this era the impact of architects is clearly seen in how the city was designed, moving away, from the development seen in traditional Algerian cities. The map shows a growth radiating from the city center with the creation of neighborhoods (NU1, NU2, NU3) and the expansion of the public transportation network to accommodate these areas.

During Cotes "policy time", from 2000 to 2010 there was an increase in population due to housing policies. This sudden growth probably put a strain on the existing infrastructure and services including transportation. The 2013 map indicates expansion. It also suggests possible issues with accessibility, in outlying areas particularly since the public transportation system mainly depends on bus routes.

3. The Living City and Emerging Technologies (2010s-Present):

Changing Trends; Cotes depiction of the communitys evolution signals a shift, toward a livelier and varied urban landscape. The rise of institutions, commercial centers and contemporary facilities mirrors the evolving desires and ambitions of the expanding populace. A comparison, between the maps of 2018 and 2022 showcases this transformation highlighting heightened concentration and progress spreading towards the western outskirts.

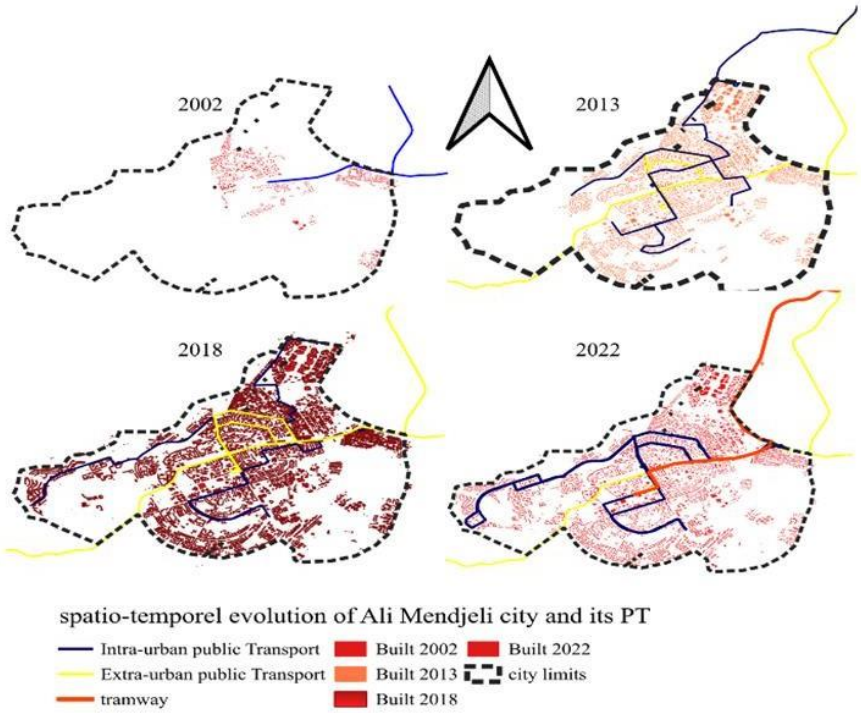



**Figure 3:** Spatio-temporal Evolution of Urban Growth and Public Transport Network in Ali Mendjeli City

The illustration shows how the urban area, in Ali Mendjeli city has expanded spatially across years (2002, 2013, 2018 2022) along with the progress of the public transportation system comprising inner city transport, inter city transport and the tram system. It also includes markings indicating the city boundaries for context.

This figures.3 concisely describes the visualization of development and transportation network changes, in Ali Mendjeli over time.

**The tramway** line introduced on the 2022 map, in Ali Mendjelis public transportation network serves **as a catalyst**, for progress. This efficient mode of transportation enhances connectivity. Has the potential to influence development by adhering to Transit Oriented Development (TOD) principles.

Ali Mendjelis progress reflects the idea of growth, which involves the emergence of various hubs of activity, within a city lessening the focus on a singular core and fostering a more equitable development approach (Kloosterman & Musterd 2001). The city's initiatives to enhance transportation and encourage forms of mobility are in line with the values of sustainable urban mobility prioritizing the reduction of reliance, on cars and endorsing eco friendly modes of transportation (European Commission, 2013).

Ali Mendjelis changing landscape involves a mix of city planning, policies and population changes. Though progress has been made in enhancing transportation fully realizing the 20 minute city concept necessitates growth, coordination, with land usage plans and a dedication to encouraging walking and biking. By incorporating ideas from Marc Cote and other development and transportation studies this research can play a role, in shaping an enjoyable tomorrow for Ali Mendjeli.

## 3.2. Ali Mendjeli's Public Transport Network and Preliminary Accessibility

- **Public Transport Infrastructure :**

**Bacbone Tramway ;** With ten tram stops the tramway serves as a backbone of the citys public transportation network running in an east west direction as depicted in the diagram., suggests it serves as a central corridor connecting different parts of Ali Mendjeli.

**Bus Network Coverage**: With 78 bus stops, the bus network appears to provide more localized coverage, potentially reaching areas not directly served by the tramway. However, the text mentions that recent urban expansion has led to some areas, particularly in the south and west, being beyond the 600-meter threshold for PTAL calculations, indicating potential accessibility gaps

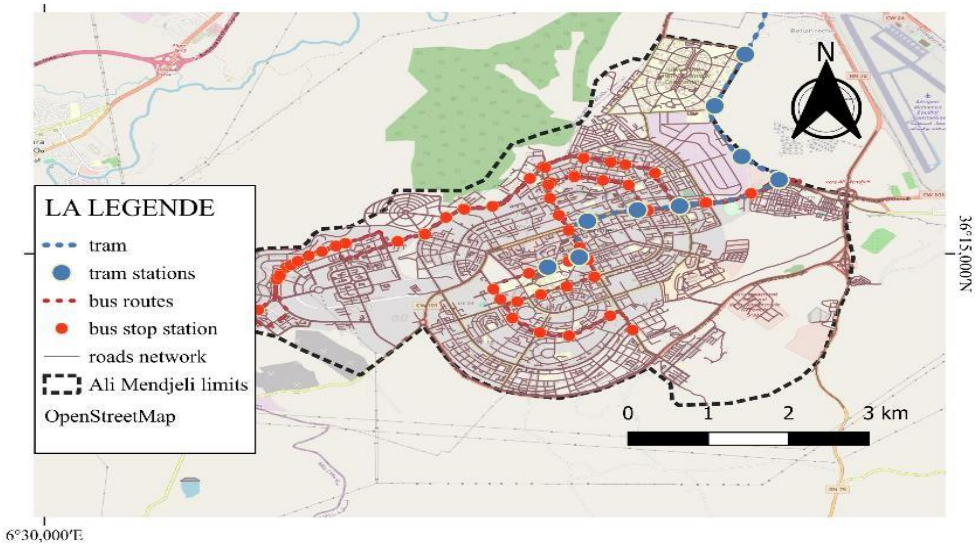



**Figure 4:** Public Transportation Network in Ali Mendjeli

This map figure.4 displays the public transportation system, in Ali Mendjeli featuring the tram lines (marked in blue) tram stations ( dots) bus routes (highlighted in red) and bus stop stations ( dots). It also showcases the road layout. Outlines the city boundaries giving a snapshot of the transit infrastructure coverage throughout the region.

- **Service Frequency and Routes:**

Table 2 reveals the frequency of both tram and bus services during the morning peak hour. The tram operates with a frequency of 8 minutes, suggesting a relatively reliable and frequent service along its route. Bus frequencies vary depending on the route, with R2 having the highest frequency (33 departures per hour) and R3 having the lowest (18 departures per hour). This variation suggests potential differences in service quality and accessibility depending on the specific bus route and neighborhood.

| Route | Direction | Frequency |
|---|---|---|
| Tram | Bimodal urban station | 8 |

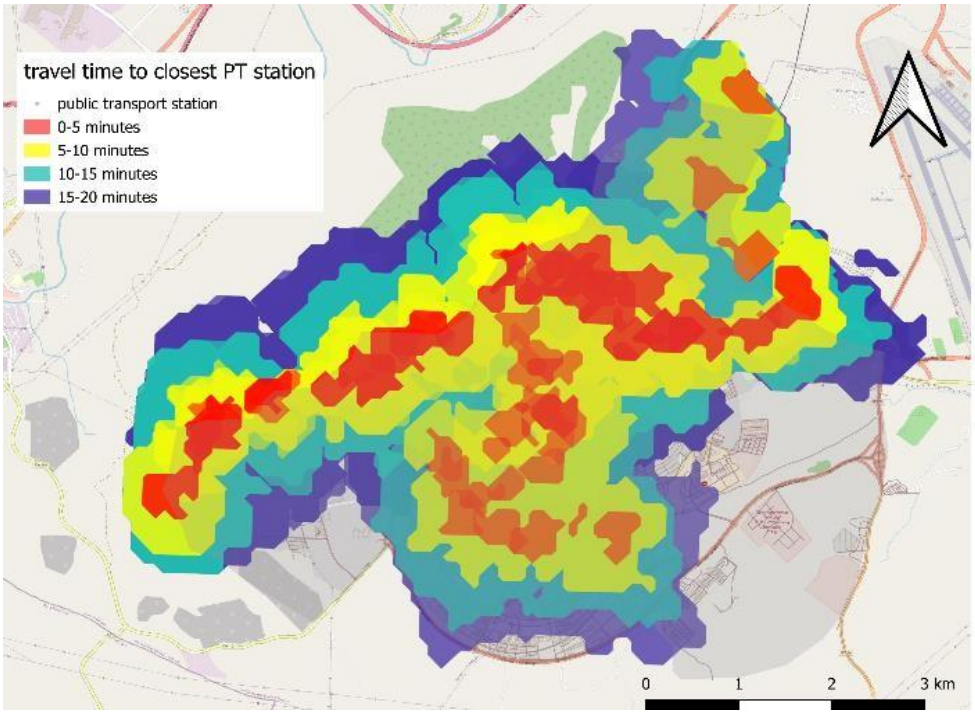
| | | |
|---|---|---|
| R1 | Bimodal urban station – UV 21 | 15 |
| R2 | Tram-UV21 | 33 |
| R3 | Tram-UV20 | 18 |
| R4 | Bimodal urban station- tram | 21 |
| | | |

**Table. 3** : Bus Route Frequencies in Ali Mendjeli

The table.3 appears to show bus routes or lines their destinations or directions. How often (potentially, in minutes) the buses operate on each route. Naming it "Bus Route Frequencies" neatly summarizes the details outlined in the table headings.

Figure 5 provides a visual representation of travel time to the closest public transport station, highlighting potential accessibility disparities within Ali Mendjeli. The city center and areas along the tramway corridor appear to have the best accessibility, with travel times of less than 5 minutes to the nearest station.

Areas of Concern: The map shows that the southern and western parts of the city, which coincide




with the areas mentioned as being beyond the 600-meter threshold for PTAL calculations, experience longer travel times, ranging from 10 to 20 minutes, indicating potential accessibility challenges for residents in these areas.

**Figure 5:** Walking Access Time to Nearest Public Transport Station in Ali Mendjeli

The map **figure.5** displays zones, in Ali Mendjeli indicating how long it takes to walk to the nearest public transport station. The legend shows walking time ranges of 0 5 minutes, 5 10

minutes 10 15 minutes and 15 20 minutes. This analysis helps show how easily pedestrians can access transportation in neighborhoods, throughout the city.

## 3.3. Accessibility Index (AI) for Buses and Trams : Bus Accessibility:

The map reveals a distinct cluster of high bus accessibility (AI values between 6.00 and 8.00) surrounding the urban core (NU6) and the Ali Mendjeli bus station. This indicates that residents in these central areas enjoy excellent access to bus services, likely due to a combination of factors such as:

- High service frequency: Buses serving this area are likely to have frequent departures, minimizing waiting times for passengers.
- Dense network of routes: A variety of bus routes likely converge in the city center, providing connections to various destinations within Ali Mendjeli.
    - Short walking distances: The proximity of bus stops to residential and commercial areas ensures convenient access for residents and visitors.
    - Moderate Accessibility Zone:vExtending outwards from the city center, a larger portion of Ali Mendjeli exhibits moderate bus accessibility (AI values between 4.01 and 6.00). These areas, located primarily in the west, southeast, and north of the city, still offer relatively good access to the bus network, but with potentially less frequent service or longer walking distances to bus stops compared to the central core.
    - Peripheral Areas with Limited Accessibility: The remaining areas of Ali Mendjeli, particularly in the peripheral zones, show lower AI values (0.01 to 4.00), indicating limited bus accessibility. Residents in these areas likely face challenges such as:
    - Longer walking distances: Bus stops might be sparsely distributed, requiring residents to walk longer distances to access the bus network.
    - Lower service frequency: Bus routes serving these areas might have lower frequencies, leading to longer waiting times and inconvenience for passengers.
    - Limited route options: Fewer bus routes might serve these areas, potentially restricting access to certain destinations within the city.

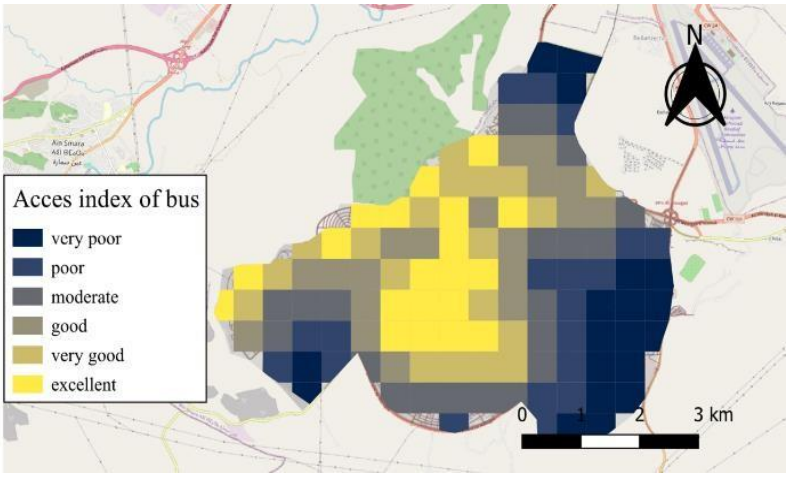


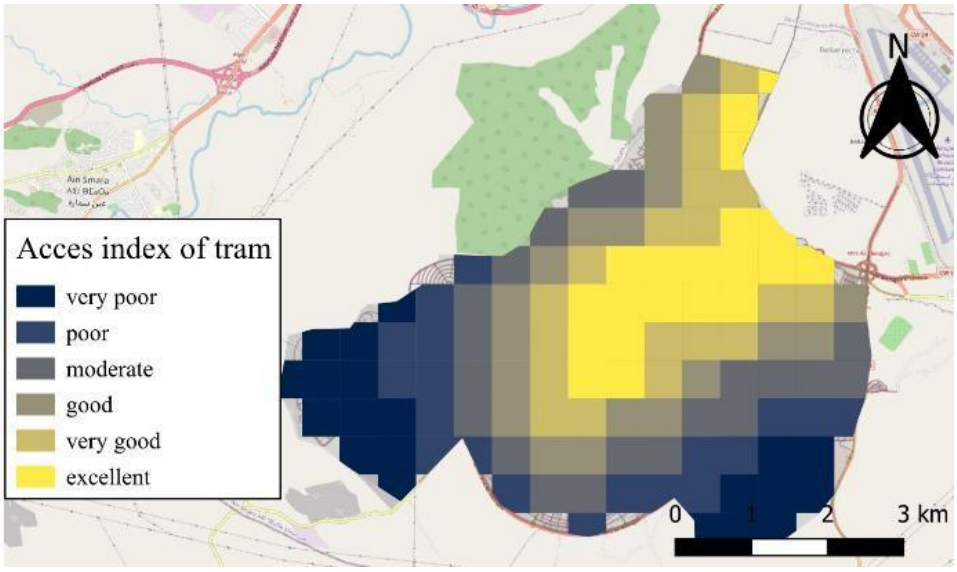
**Figure 6:** Access Index of Bus" based on the text label

The map shows color coded zones in the area probably denoting levels of bus accessibility indicated by categories, like "very poor" to "excellent", in the legend. **Tram Accessibility:**

The map clearly demonstrates a tram-centric accessibility pattern, with high AI values concentrated around each of the ten tram stations. This is a direct consequence of the tram's linear route and the defined maximum walking distance of 900 meters for PTAL calculations. Residents living within this catchment area of the tram stations enjoy excellent to good accessibility levels, indicating convenient access to the tram service and potentially shorter travel times.

Varying Accessibility Levels:

- Excellent Accessibility: The areas immediately surrounding the tram stations, covering approximately 385 hectares or 15.77% of Ali Mendjeli, exhibit the highest AI values (5.50 to 7.80), representing excellent accessibility to the tram network.
- Good Accessibility: Expanding outwards from the tram stations, a larger portion of the city (920 hectares or 37.69%) experiences good accessibility levels (AI values between 2.51 and 5.50). These areas, often located near universities, malls, and the main boulevard, benefit from the tram's reach while still within a reasonable walking distance.
- Low Accessibility: The remaining areas, primarily the southern and western urban extensions, encompassing a significant portion of Ali Mendjeli (1130 hectares or 46.5%), show the lowest AI values (0.01 to 2.50). Residents in these areas face challenges due to their distance from the tram line, indicating limited access to this mode of public transport.




**i. Figure 7: Access Index of Tram**

The map, in figure 7 shows color coded zones or sections in the area indicating levels of accessibility or service quality for the tram system. These levels range from " poor" to "excellent" as, per the legend categories.

**Centralized High Accessibility**: The map clearly demonstrates a centralized pattern of high accessibility, with the city center and areas along the central boulevard exhibiting predominantly good and excellent PTAL scores. This suggests that these areas benefit from both convenient access to bus and tram services, making them well-connected to various destinations within Ali Mendjeli.

**Peripheral Accessibility Challenges:** As we move outwards from the city center, the PTAL scores gradually decrease, with peripheral areas, especially in the south and west, showing predominantly moderate to poor accessibility levels. This indicates that residents in these areas face limitations in accessing public transport, potentially leading to increased reliance on private vehicles and longer travel times.

## 3.4. Analysis of PTAL Results and Discussion of Implications for Ali Mendjeli

### - PTAL Distribution and Disparities:

Spatial Disparities: The overall PTAL map (Figure 6), which combines the AI values for both buses and trams, highlights significant disparities in public transport accessibility across Ali Mendjeli.

High Accessibility Zones: The city center (NU6, NU7, NU8, NU5), particularly around the bimodal bus and tram station (NU2) ,along the central boulevard and around the universities (NU3), exhibits the highest PTAL values, indicating excellent accessibility and the potential for realizing the 20-minute city concept in these areas.

Low Accessibility Zones: The peripheral areas, especially in the south and west, experience significantly lower PTAL values, ranging from poor to very poor. This suggests that residents in these areas face challenges in accessing public transport and are likely more reliant on private vehicles

### - Factors Contributing to Accessibility:

Tramway as a Backbone: The introduction of the tramway is recognized as a significant factor in improving accessibility, especially in the central corridor. The study acknowledges the role of intermodality between tram and bus services in enhancing connectivity.

Bus Network Coverage: While the bus network provides wider coverage than the tram, the analysis identifies limitations in service frequency and route options in peripheral areas, contributing to lower accessibility levels.

Recent Developments and Taxi Services: The study acknowledges the expansion of taxi services and the rearrangement of bus routes to complement the tramway. This demonstrates the city's efforts to adapt and improve the public transport system.

This map Figure 8 shows how public transportation access varies in Ali Mendjeli, Algeria using a classification method. The colors, on the map indicate levels of accessibility ranging from 'very poor' to 'excellent' based on the proximity and frequency of public transportation

services. By visualizing this data it highlights how accessibility changes from the city center towards the outskirts clearly identifying areas that require infrastructure enhancements to meet the goal of creating a 20 minute city.

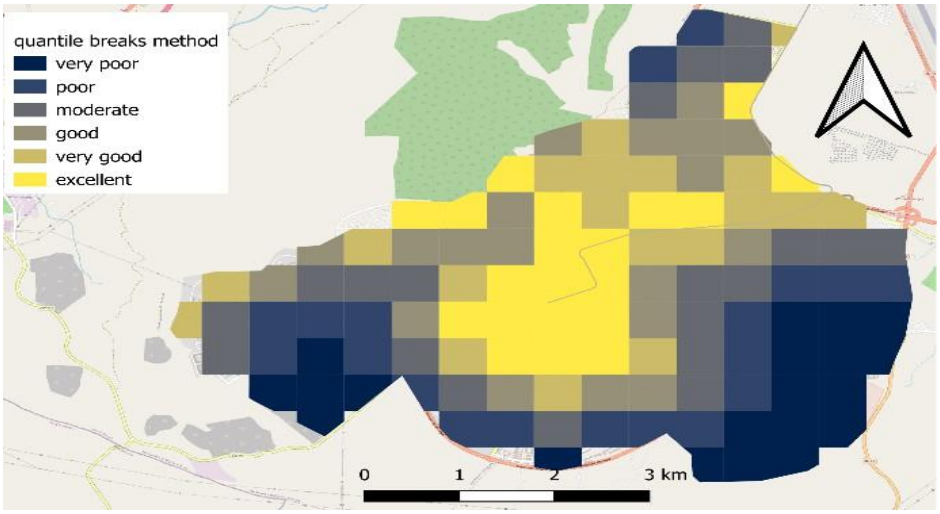



**Figure 8:** Public Transport Accessibility Levels in Ali Mendjeli: A GIS-Based Quantile Breaks Analysis

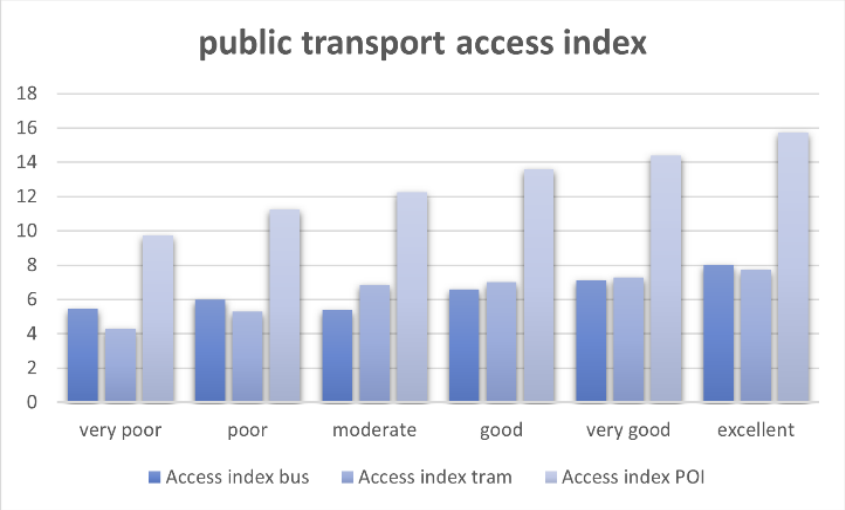



**Figure 9:** Comparison of Public Transport and Points of Interest Accessibility by Quality Levels in Ali Mendjeli

This bar graph Figure 9 displays the public transportation access rating, in Ali Mendjeli, classified by quality levels ranging from 'very poor' to 'excellent'. It contrasts the accessibility metrics for bus and tram services along with points of interest (POIs) demonstrating a spread across the categories. The graph showcases how types of public transportation relate to their accessibility pointing out areas for enhancing urban mobility and access, to necessary services and facilities.

Accessibility Index Distribution: The bar chart showcases the distribution of Accessibility Index (AI) values for bus, tram, and overall Point of Interest (POI) accessibility. The ascending trend from "very poor" to "excellent" indicates a general increase in accessibility levels as we move towards higher PTAL categories.

Disparity Between Modes: There's a noticeable disparity between bus and tram accessibility. Tram scores are consistently higher than bus scores, especially in the "good," "very good," and "excellent" categories. This suggests that the tram system provides superior accessibility compared to the bus network, likely due to factors like higher frequency, speed, and more direct routes.

The combined POI accessibility index demonstrates a relatively balanced distribution, with moderate to good accessibility levels across most categories. However, the significantly higher value for "excellent" indicates that areas with the best accessibility are concentrated, likely around the tram line and in the city center.

## 3.5. Spatial Distribution of Urban Amenities and Public Transport Accessibility in Ali Mendjeli, Algeria: Challenges and Opportunities for a 20-Minute City

Centralized Accessibility: The map clearly illustrates the concentration of amenities within areas exhibiting "excellent" and "very good" PTAL scores, primarily located in the city center and along the central corridor. This pattern aligns with the principles of a 20-minute city, suggesting that residents in these areas benefit from convenient access to a wide range of services and opportunities, such as:

Commercial Activities: The abundance of commercial establishments indicates a vibrant retail environment and easy access to shopping and other commercial services.

Educational Institutions: The presence of educational facilities suggests good accessibility to schools, universities, and other learning opportunities, promoting educational attainment and social mobility.

Administrative Services: Access to administrative offices and services contributes to convenience and efficiency for residents in their daily lives.

In contrast the map shows a difference, in the outskirts in the southern and western regions, where facilities are limited and PTAL ratings are classified as "poor" or "very poor." This underscores the challenges that residents, in these areas encounter when trying to access services:

Limited-Service Availability; The absence of amenities implies that residents might have to travel to access services, like grocery stores, healthcare facilities or recreational areas.

Reliance on Transportation; The low PTAL scores indicate a lack of public transportation options, which could result in increased reliance on cars and the associated financial and environmental impacts.

Concerns About Social Equality; The unequal distribution of amenities raises worries about fairness and equal access to opportunities for residents living in parts of the city.

Spatial Layout and City Development; The map also shows patterns that reflect the citys growth and planning history;

Linear Focus; The clustering of amenities along the central corridor suggests an emphasis on linear development along major transport routes possibly influenced by the tramway line and its accessibility advantages.

Radial Expansion; The presence of isolated areas with scores and more amenities on the outskirts indicates a trend toward outward expansion but with limited connections, to the wider public transport network.

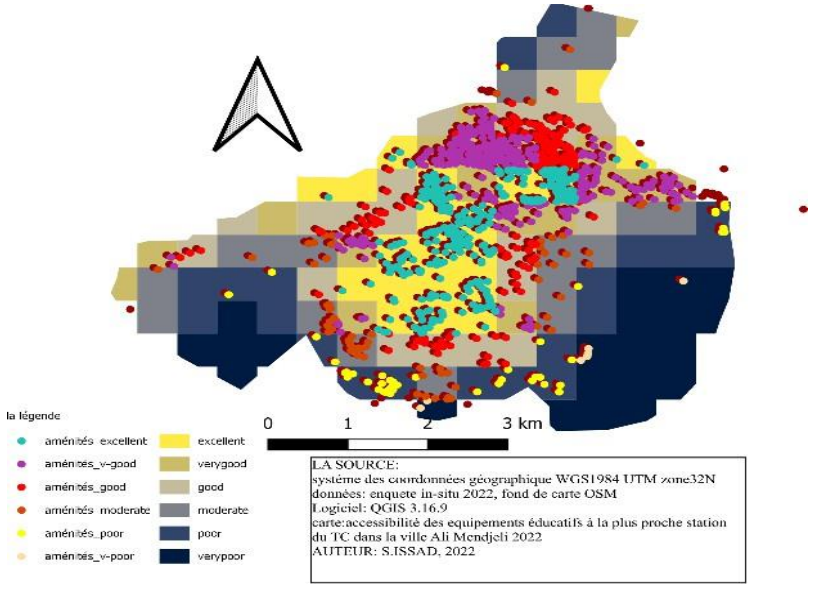



**Figure 10:** Spatial Distribution of Amenities Accessibility Relative to Public Transport in Ali Mendjeli

This map Figure 10 shows how easy it is to reach facilities, from transport stations in Ali Mendjeli with a focus on educational institutions. The colors represent levels of accessibility from 'very poor' to 'excellent' layered over a background that shows the connectivity of transportation. It gives a look at how accessibility changes across parts of the city pinpointing areas with many accessible amenities and those needing improvements to meet the goal of a 20 minute city. The map highlights the connection between city infrastructure and essential services serving as a tool, for planning and development.

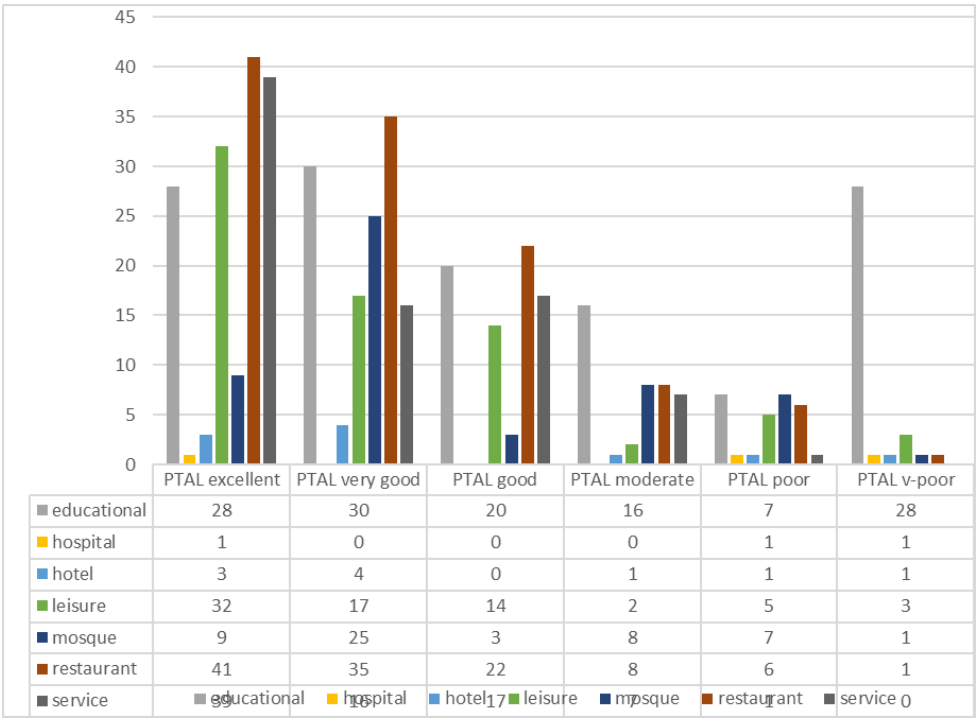
Commercial Dominance Across Levels PTAL: Commercial businesses are widespread, across all levels. Their representation dwindles in less accessible areas. This implies that although commercial ventures are citywide residents in regions with PTAL ratings might have fewer choices than those, in well linked areas.

Shifting Distribution of Educational Facilities: The proportion of educational facilities remains relatively stable across excellent, very good, and good PTAL areas, indicating consistent access to education in these well-connected parts of the city. However, their presence diminishes considerably in moderate, poor, and very poor PTAL areas, suggesting potential challenges for residents in these areas regarding access to educational opportunities.

Limited Healthcare Accessibility: Hospitals have a consistently low representation across all PTAL categories, highlighting a potential accessibility gap for healthcare services throughout the city. This raises concerns about equitable access to healthcare for residents, particularly those in areas with lower PTAL scores.

Varied Distribution of Other Amenities: The distribution of other amenities, such as hotels, leisure facilities, places of worship (mosques), restaurants, and services, varies across PTAL levels. Some categories, like restaurants, show a relatively consistent presence, while others, like

hotels and leisure facilities, are more concentrated in areas with higher PTAL scores.




| | PTAL excellent | PTAL very good | PTAL good | PTAL moderate | PTAL poor | PTAL v-poor |
|---|---|---|---|---|---|---|
| educational | 28 | 30 | 20 | 16 | 7 | 28 |
| hospital | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| hotel | 3 | 4 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| leisure | 32 | 17 | 14 | 2 | 5 | 3 |
| mosque | 9 | 25 | 3 | 8 | 7 | 1 |
| restaurant | 41 | 35 | 22 | 8 | 6 | 1 |
| service | 39 | 16 | 17 | 7 | 1 | 0 |

**Figure 11:** Public Transport Accessibility Level (PTAL) and Amenity Distribution in Ali Mendjeli

This bar graph Figure 11 shows how different amenities are spread out in Ali Mendjeli based on the Public Transport Accessibility Level (PTAL) ranging from 'excellent', to 'very poor'. Each bar represents the number of a type of amenity such as schools, hospitals and eateries in each PTAL group. The data indicates that while places like restaurants are plentiful in areas with 'excellent' PTAL crucial services like hospitals are lacking across all levels. This information could help guide enhancements in public transportation services and urban development to ensure access, to essential amenities.

## 3.6. Discussion and Policy Implications

Challenges for 20-Minute City: The PTAL analysis reveals that achieving a 20-minute city across the entire Ali Mendjeli might be challenging due to the existing disparities in public transport accessibility. The peripheral areas require significant improvements to ensure residents have convenient access to essential amenities and services within a short travel time.

Expansion and Integration: Expanding the public transport network, particularly in underserved areas, is crucial. This could involve extending the tramway line, increasing bus service frequency and coverage, or introducing new modes of transport. Additionally, improving integration between bus and tram networks can enhance connectivity and reduce travel times.

Transit-Oriented Development (TOD): Promoting TOD around existing and future public transport hubs can create walkable, mixed-use neighborhoods where residents have easy access to daily needs and rely less on private vehicles.

Active Mobility Infrastructure: To enhance mobility, it's crucial to invest in pedestrian and cycling

infrastructure, in regions well served by public transportation. This not offers residents choices, for short journeys but also encourages healthier and more eco-friendly lifestyles.

Policy interventions: To promote the use of transportation and encourage a move, towards mobility, , like offering fare discounts introducing comprehensive ticketing systems, managing parking effectively and establishing car free zones can be implemented .

Equity and Social Inclusion: Considering equity and social inclusion is key when evaluating the effects of PTAL and the idea of a 20 minute city, on demographics and income brackets. It is vital to guarantee access, to transportation and facilities to foster a genuinely inclusive urban environment.

Data Limitations: Limitations of the methodology include its emphasis, on peak hour travel and its incapacity to encompass all facets of accessibility. Supplemental examinations and qualitative data can offer a insight into the mobility requirements and encounters of residents.

Future Growth and Development: For the progress of Ali Mendjeli it is crucial to strategize for public transportation requirements and guarantee that the expansion adheres to the vision of a 20 minute city and sustainable urban development principles.

# 4. CONCLUSION

Ali Mendjeli could surpass the idea of a 20-minute city. Set an example, for fair urban development in the area. Through the adoption of cutting-edge technologies planning based on data and a focus on people the city has the opportunity to establish an inclusive community, for everyone residing there.

To make the vision of a 20-minute city a reality it's important to prioritize fairness and inclusivity. It's vital that everyone, in the city no matter their status or where they live has access to opportunities and essential services. This is key, to building an fair community.

Embracing Future Changes; It's crucial for the city to stay flexible and open, to trends, in transportation, technology and population dynamics. This way the transportation system and city layout can meet the demands and obstacles effectively.

Ali Mendjeli has the opportunity to lead the way, in development by establishing a vibrant 20-minute city that can serve as a blueprint for other cities in the area and, beyond.

## 8. REFERENCES


1. Allam, Z., Newman, P., & Sharifi, A. (2020). The 20-minute city: An analytical review of its conceptualisation, implementation and challenges. Journal of Transport and Land Use, 13(1), 1031-1051. https://doi.org/10.5198/jtlu.2020.1625
2. Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., & Pratlong, F. (2021). Introducing the "20-minute city" concept in Paris: An urban experiment in progress. Cities, 112, 103146. https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103146
3. Litman, T. (2017). Evaluating accessibility for transportation planning. Victoria Transport Policy Institute. https://www.vtpi.org/access.pdf
4. Geurs, K. T., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport

strategies: Review and research directions. Journal of Transport Geography, 12(2), 127-140. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005

5. Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: Where are we now? Transport Policy, 20, 105-113. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.013
6. UN Habitat. (2022). World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities. https://unhabitat.org/World%20Cities%20Report%202022.pdf
7. De Souza, L. M., & Melo, P. C. (2022). Towards a 20-minute city: measuring accessibility and equity impacts of public transport improvements in Lisbon. Case Studies on Transport Policy, 10(3), 1536-1547. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.08.005
8. Carmona, M., & Magalhaes, C. (2022). Evaluating the 20-minute city concept in Melbourne: an accessibility-based approach. Journal of Transport and Land Use, 15(1), 525-544. https://doi.org/10.5198/jtlu.2022.2071
9. Miravet, D., & Pino, J. (2022). Designing the 15-minute city: A methodology for urban regeneration at the neighbourhood level. Cities, 127, 103720. https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103720
10. Transport for London. (2010). Public Transport Accessibility Level (PTAL) Methodology. https://data.london.gov.uk/dataset/public-transport-accessibility- levels
11. Wu, B. M., & Hine, J. P. (2003). A PTAL approach to measuring changes in bus service accessibility. Transport Policy, 10(4), 307-320. https://doi.org/10.1016/S0967-070X(03)00053-2
12. El-Geneidy, A. M., Levinson, D., & Krizek, K. J. (2013). Measuring the accessibility of public transport. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 48, 86-102. https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.12.007
13. Currie, G., & Delbosc, A. (2011). Understanding the social and spatial inequalities of transport disadvantage. Journal of Transport Geography, 19(6), 1395-1406. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.07.003
14. Levinson, D., & Kumar, A. (1997). Density and the journey to work. Growth and Change, 28(2), 147-172. https://doi.org/10.1111/0017-4815.00050
15. Bertolini, L. (2013). Spatial accessibility and travel behaviour: A review of the empirical literature. The Annals of Regional Science, 51(2), 361-393. https://doi.org/10.1007/s00168-013-0560-5
16. Melia, S. (2016). Transport and social exclusion: A review of the UK literature. Transport Reviews, 36(1), 1-24. https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1058106
17. Garrard, J., Rose, G., & Lo, S. (2012). Promoting walking and cycling as an alternative to using cars: exploring the role of social marketing. Journal of Social Marketing, 2(2), 144-162. https://doi.org/10.1108/20426761211243980
18. Kenworthy, J. R., & Laube, F. B. (1999). The Millennium Cities Database for urban

sustainability. Transportation Research Record, 1698(1), 18-26. https://doi.org/10.3141/1698-03

19. European Commission. (2013). Together towards competitive and resource- efficient urban mobility. COM(2013) 913 final. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52013DC0913
20. Allam, Z., Newman, P., & Sharifi, A. (2020). The 20-minute city: An analytical review of its conceptualisation, implementation and challenges. Journal of Transport and Land Use, 13(1), 1031-1051. https://doi.org/10.5198/jtlu.2020.1625
21. Cherrad, M., & Benmechiche, N. (2019). Urban sprawl and sustainable development: Case of Ali Mendjeli new town (Constantine, Algeria). European Journal of Sustainable Development, 8(4), 449-460. https://doi.org/10.14207/ejsd.2019.v8n4p449
22. Côte, M. (2006). Constantine: cité antique et ville nouvelle. Média-Plus.
23. Shah, J., & Adhvaryu, B. (2016). Public transport accessibility levels for Ahmedabad, India. Journal of Public Transportation, 19(1), 19-35. https://doi.org/10.5038/2375-0901.19.1.2
24. Allam, Z., Newman, P., & Sharifi, A. (2020). The 20-minute city: An important concept for a post-COVID world. Journal of Transport and Land Use, 13(1), 1-6. https://doi.org/10.5198/jtlu.2020.1688

**Article distributed under a Creative Commons Attribution- NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (CC BY-NC-ND).**

**Received: April 21, 2024,**

**Accepted: May 30, 2024**

Nom &Prénom : ISSAD Sabrina

Titre : Modélisation d'un SIG de l'accessibilité urbaine par le transport en commun.

Cas de la ville nouvelle Ali Mendjeli (Constantine)

RESUME

L'accessibilité aux transports en commun est un facteur déterminant de l'équité sociale et du développement urbain durable, particulièrement dans les villes nouvelles confrontées à une croissance rapide. Cette étude examine l'accessibilité à Ali Mendjeli (Constantine), une ville nouvelle faisant face à des défis de mobilité croissants, afin d'évaluer l'accessibilité et d'identifier les disparités spatiales et temporelles. La méthodologie combine l'indice PTAL (Public Transport Accessibility Level) et l'analyse des isochrones, en utilisant des données spatiales (réseau routier, arrêts, lignes) et temporelles (horaires, fréquences) collectées via OpenStreetMap, des enquêtes de terrain, et la digitalisation du réseau dans un SIG (ArcGIS Pro et QGIS). Le PTAL a été calculé pour chaque unité de voisinage (UV), et des isochrones ont été générées autour des arrêts pour des seuils de 5, 10, 15, et 20 minutes. Des analyses statistiques, incluant corrélations et indicateurs de dispersion, ont exploré les relations entre l'accessibilité, la densité de population, le nombre d'équipements et la configuration du réseau, mesurée par l'Indice de Maillage (IM) et l'Indice de Connectivité des Lignes (ICL). Les résultats révèlent des disparités significatives d'accessibilité entre les UV. Les zones périphériques (Extension Sud, UV21) et certains espaces fonctionnels (UC3) présentent un faible PTAL et une couverture isochrone limitée, tandis que les zones centrales affichent généralement un PTAL plus élevé et une meilleure couverture. L'analyse des corrélations montre des relations complexes et non linéaires entre l'accessibilité, la densité et le nombre d'équipements, soulignant le rôle majeur de la configuration du réseau et des temps de trajet réels. L'ICL est corrélé positivement à l'accessibilité élevée, mais son influence diminue pour les niveaux moyens et faibles. L'approche combinée PTAL-isochrones offre une vision multidimensionnelle de l'accessibilité, révélant des nuances non perceptibles par chaque méthode seule. L'étude souligne l'importance d'une planification intégrée des transports et de l'aménagement, tenant compte des facteurs contextuels et des disparités socio-spatiales. Les recommandations privilégient l'amélioration des services dans les zones périphériques et l'optimisation du réseau, plutôt que la simple augmentation de la densité ou du nombre d'équipements. En conclusion, cette recherche met en lumière les défis de l'accessibilité à Ali Mendjeli et propose des pistes pour une mobilité plus équitable et durable, démontrant la pertinence de l'approche combinée PTAL-isochrones pour l'analyse et la planification des transports.

Mots clés : Accessibilité, Transports en commun, SIG (Systèmes d'Information Géographique), modélisation, PTAL (Public Transport Accessibility Level), Isochrones, Ville nouvelle Ali Mendjeli

Directrice de thèse : Professeure ARIANE Houria , Université Constantine 3

Année Universitaire : 2024-2025