République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère De l'Enseignement Supérieur Et De La

Recherche Scientifique

Université d'Oran 02-Mohamed Ben Ahmed

Faculté des sciences de la terre de l'univers

Département De Géographie Et Aménagement Du Territoire

Spécialité : Géomatique

Mémoire De Fin D'études

Pour l'obtention du diplôme de master en géomatique

Thème :

Optimisation du positionnement des abribus par l'analyse spatiale et l'analyse multicritère dans la ville de RELIZANE

Presenté par :

Benelhadj-Djelloul Abdelkader

Belhaska Abou Bakr Essedik

Devant le jury composé de :

Mr.SEGHIRI Hichem	Président	MAA	Université d'Oran 2
Mme. SIDI YKHLEF Soraya	Encadreur	MAA	Université d'Oran 2
Mr. BENKHEIRA Mohamed Elamine	Co-Encadreur	Doctorant	Université d'Oran 2
Mr. ALLAL Nadir Elouassini	Examinateur	MAA	Université d'Oran 2

Année universitaire 2024/2025

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements, notre profonde gratitude et nos sentiments de respect et de reconnaissance à Madame SIDI YKHLEF Soraya et Monsieur BENKHEIRA Mohamed Elamine, nos encadreurs, pour leurs orientations précieuses, la qualité de leurs conseils scientifiques et la clarté de leurs directives, qui ont éclairé notre chemin tout au long de ce travail de recherche.

Nous adressons également notre gratitude aux honorables membres du jury pour le temps et les efforts qu'ils ont consacrés à la lecture de ce mémoire, ainsi que pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de le discuter.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'ensemble des enseignants du département de géographie et aménagement du territoire de l'Université Oran 2 – Mohamed Ben Ahmed, pour leur accompagnement et leur encadrement durant notre parcours universitaire.

Nous n'oublions pas toutes les personnes qui nous ont aidés, de près ou de loin, à mener à bien ce travail. Qu'elles trouvent ici l'expression de notre reconnaissance sincère.

Dédicace

À nos parents, qui nous ont transmis les valeurs de l'effort, de la patience et du respect,

À nos mères, dont les prières silencieuses ont accompagné chacun de nos pas,

À nos frères, sœurs et familles,

pour leur amour constant et leur soutien indéfectible,

pour leur présence, leurs encouragements et leurs mots réconfortants,

À nos collègues de promotion,

avec qui nous avons partagé le chemin, les difficultés et les réussites,

À toutes les personnes qui nous sont chères,

Nous dédions avec fierté et gratitude ce travail modeste, fruit d'un parcours partagé.

Résumé

Ce mémoire a pour objet l'optimisation géospatiale de l'implantation des abris-bus dans l'agglomération de Relizane à partir d'une approche intégrée, mettant en synergie les Systèmes d'Information Géographique (SIG), l'analyse de réseau et l'Analyse Multicritère (AMC). L'état des lieux du réseau actuel a mis en évidence de fortes différences de desserte entre les quartiers périphériques dense (8 critères spatiaux sélectionnés, et classés, pondérés, fusionnés par étapes dans un modèle raster via ModelBuilder dans ArcGIS 10.8). Les coefficients de pondération ont été définis selon des normes urbanistiques et validés selon la méthode AHP. Une carte d'aptitude a permis d'extraire les zones les plus favorables à l'implantation de futurs arrêts (points candidats), ces points ayant été filtrés (localisation avec un minimum de 300 mètres de distance) et affinés en tenant compte du tissu urbain existant. Les résultats ont été validés également selon des modèles de couvertures (buffer) et de localisation-allocation. Cette méthodologie constitue une proposition rigoureuse, reproductible et mesurable, à la planification du réseau en cours, débridée, empirique

Mots clés : Transport urbain, SIG, Arrêts de bus, Analyse multicritère, ArcGIS, Localisation optimale, Accessibilité, Relizane.

Abstract

This dissertation is centered around the optimal location of bus stops in the city of Relizane using a geospatial integrated approach that integrated Geographic Information System (GIS) techniques, network analysis and Multi-Criteria Evaluation (MCE). The initial analysis of the existing network shows considerable service gaps particularly in heavily populated peripheral areas. The optimal location analysis was conducted based on eight spatial criteria consisting of the following: distance to junctions, distance to dense pedestriancy, distance to residential buildings, distance to service points, distance to transit station and intersection, distance to service park areas, proximity to pool services and final position analysis. These criteria were reclassified with values assigned, weighted and combined into a raster using ModelBuilder from ArcGIS 10.8. The weights were based on urban planning norms and were evaluated and assigned using the AHP method for validation. A suitability map was designed to identify optimally located zones and from this, candidate points to apply the filtering process of candidate points to not to compete with each other (minimum 300 metre distanced), drew from local situational traffic and carefully recalibrated, were extracted points of bus stops, in the middle of those zones and distances. Results were validated using service coverage buffers

and location-allocation methods. This systematic methodology provides an alternative to current empirically determined planning alternatives, but is replicable.

Keywords: urban transport, GIS, Bus stops, Multi-Criteria Analysis, ArcGIS, Optimal location, Accessibility, Relizane.

الملخص

يعالج هذا البحث مسألة تحسين تموضع مواقف الحافلات في مدينة غليزان، من خلال نهج جغرافي مكاني مدمج، يجمع بين نظم المعلومات الجغرافية(SIG) ، تحليل الشبكات، والتقييم متعدد المعايير .(AMC) كشفت الدراسة التشخيصية للشبكة الحالية عن وجود اختلالات كبيرة في التغطية، خاصة في الأحياء الطرفية ذات الكثافة السكانية العالية. تم اختيار ثمانية معايير مكانية، وإعادة تصنيفها وتوزينها، ودمجها داخل نموذج راستر باستعمال ModelBuilder على ArcGIS 10.8.تم تحديد الأوزان وفقًا للمعايير الحضرية والتحقق من اتساقها باستخدام طريقة .AHP أُنتجت خريطة الملاءمة لتحديد المناطق الأنسب، وتم توليد نقاط مرشحة، ثم تصفيتها (بمسافة دنيا 300 متر) وتعديلها يدويًا حسب خصوصيات المجال الحضري. تم التحقق من النتائج باستخدام نماذج التغطية (Buffer) ونموذج التخصيص المكاني Location-Allocation تقدم هذه المنهجية بديلاً منهجيًا وقابلًا للتطبيق للتخطيط الحضري التقليدي المعتمد حاليًا.

الكلمات المفتاحية :النقل الحضري، نظم المعلومات الجغرافية، مواقف الحافلات، التحليل متعدد المعايير، ArcGIS، التموضع الأمثل، إمكانية الوصول، غليزان.

Table des matières

Remerciements .....

Dédicace .....

Résumé .....

Liste des figures .....

Liste des tableaux .....

Introduction générale 1

1. Contexte et justification 1

2. Problématique 2

3. Objectifs du mémoire 3

3.1. Objectif général 3

3.2. Objectifs spécifiques 4

3.3. Résultats attendues 4

4. Méthodes générale 5

Chapitre 1 : Cadre conceptuel 7

1. Importance des arrêts de bus et problématique de leur positionnement 7

1.1 Définition et rôle des arrêts de bus 7

1.2 Importance du positionnement des arrêts de bus dans le système de transport urbain ... 9

1.3 Effets d'une mauvaise localisation des arrêts de bus 10

1.4 Facteurs contribuant au mauvais positionnement des arrêts de bus 11

2. Intérêt des SIG et de l'analyse de réseau 11

2.1 Rôle central des Systèmes d'Information Géographique (SIG) dans la planification des transports 11

2.2 Application ciblée des SIG au positionnement des arrêts de bus 13

2.3 Analyse de réseau et SIG : améliorer l'accessibilité du transport public 14

3. Approches théoriques : analyse de réseau et analyse multicritère, optimisation spatiale 15

3.1 Analyse de réseau : fondements théoriques, concepts clés et indicateurs d'efficacité appliqués aux réseaux de transport 15

3.2 Analyse multicritère (Multi-Criteria Analysis - MCA) 16

3.3 Optimisation spatiale (Spatial Optimization) 17

4. Revue de littérature : études similaires et applications en aménagement du territoire 20

4.1. Etude de cas sur Turquie 20

4.2 Étude de cas : Accessibilité aux arrêts de bus à Hyderabad (Pakistan) 22

Chapitre 2 : Présentation de L'agglomération de Relizane et de son réseau de transport 26

1 . Description de la zone d'étude 26

1.1 Description du cadre d'étude 26
1.2. L'historique de L'agglomération de Relizane 27
1.3. Localisation géographique et situation administrative de L'agglomération de Relizane 28
2. Historique de développement de tissu urbain. (étude diachronique) 31
3. L'organisation spatiale de L'agglomération (Habitats, équipements, réseau routiers) 33
3.1. Typologie de l'habitat – une prédominance de logements individuels 33
3.2 Utilisation du sol dans l'agglomération de Relizane 35
3.3 Orientation de l'urbanisation future vers la zone nord de l'agglomération 38
3.4 La population de l'agglomération de Relizane en constante augmentation 39
3.5 Le réseau routier 41
3.6 Trois stations responsables de l'organisation du transport dans l'agglomération de Relizane 46
4. Présentation et cartographie de réseau de transport et des abribus 49
4.1 Le réseau de transport urbain (collectif et individuel) de l'agglomération de Relizane 49
Chapitre 3 : Résultats et comparaison avec l'état actuel 54
1. Diagnostic de la répartition actuelle des abribus 54
1.1 Analyse par quartier 54
1.2 Répartition des îlots par niveau d'accessibilité 56
1.3 Visualisation cartographique complémentaire 56
2. Optimisation du positionnement 59
2.1 Critères de sélection des nouveaux emplacements 59
2.2 Scénarios proposés (analyse de réseau et multicritère) 72
3 Discussion et validation : comparaison avec les modèles existants, impacts sur la mobilité quotidienne 81
3.1 Comparaison avec les modèles existants 81
4. Avantages et limites de l'approche adoptée 87
A. Avantages 88
B. Limites 88
Conclusion générale 90
Références .....

Liste des figures

Figure 1 : Méthodologie générale 6
Figure 2 : Arrêt de bus idéal dans la France Conçu par « David Karásek, Radek Hegmon » 8
Figure 3 : Arrêt de bus mal conçu L'agglomération de Relizane (photo prise par les étudiants 2025) 8
Figure 4 : GIS Interface (ArcGIS) with Transport Data) 13
Figure 5 : Schéma des Fonctionnalités de l'Analyse de Réseau avec ArcGIS Network Analyst 14
Figure 6 : Classification des MAMC 17
Figure 7 : Modélisation spatiale par allocation de localisation dans ArcMap 19
Figure 8 : a) Buffer analysis, b) New service area 21
Figure 9 : Network Analysis (Service Area) of public transit stops 24
Figure 10 : Carte des unités urbaines de L'agglomération de Relizane selon le découpage de la duch 27
Figure 11 : Carte de localisation géographique de L'agglomération de Relizane 30
Figure 12 : Carte de situation administrative de L'agglomération de Relizane 30
Figure 13 : Carte de l'extension urbaine de Relizane 1985-2025. 33
Figure 14 : Carte des types d'habitat dans L'agglomération de Relizane 35
Figure 15 : Carte de la répartition des équipements à Relizane 37
Figure 16 : Carte d'orientation de l'urbanisation future 39
Figure 17 : Évolution de la population totale de l'agglomération de Relizane (1966–2034) 41
Figure 18 : Carte du réseau routier de L'agglomération de Relizane 44
Figure 19 : Carte de la Classification fonctionnelle du réseau routier de L'agglomération relizane 45
Figure 20 : La station routière Ben Daoud (Roumaissa, 2024) 46
Figure 21 : La nouvelle station urbaine (Roumaissa, 2024) 47
Figure 22 : L'ancienne staion urbaine de Batouar avant son transfert (Roumaissa, 2024) 48
Figure 23 : Carte de localisation des stations de transport à l'agglomération Relizane 49
Figure 24 : Carte des lignes de transport urbain du secteur privé dans l'agglomération de Relizane 51
Figure 25 : Carte des lignes de transport urbain du secteur public dans L'agglomération de Relizane 53
Figure 26 : Emplacement des arrêts actuels de bus à Relizane 57
Figure 27 : carte d'accessibilité des îlots résidentiels aux arrêts actuels 58
Figure 28 : Carte Reclassification des critères « Pente » 61
Figure 29 : Carte Reclassification des critères « Land Use » 62
Figure 30 : Carte Reclassification des critères « Flux » 63
Figure 31 : Carte Reclassification des critères « Population » 64
Figure 32 : Carte Reclassification des critères « Voirie » 65
Figure 33 : Carte Reclassification des critères « Voirie Primaire » 66
Figure 34 : Carte Reclassification des critères « Attracteurs » 67
Figure 35 : Carte Reclassification des critères « Equipements » 68
Figure 36 : outil l'extension extAHP 2.0 d'ArcGIS Desktop 71
Figure 37 : Vérification des pondérations par la méthode AHP dans ArcGIS (extAHP 2.0) 71
Figure 38 : Weighted Overlay (https://pro.arcgis.com) 73
Figure 39 : Schéma du modèle de traitement automatisé (ModelBuilder) 75
Figure 40 : carte finale de suitabilité (résultat de la superposition pondérée) 76
Figure 41 : Schéma du processus de pondération multicritère (Weighted Overlay) 77
Figure 42 : Points candidats générés à partir de la suitabilité 78
Figure 43 : Points candidats filtrés à partir de la suitabilité 79
Figure 44 : carte des Points d'arrêts proposes finale 80
Figure 45 : Clustering des arrêts actuels par K-means 82
Figure 46 : Clustering des arrêts proposés par K-means 83
Figure 47 : Accessibilité des îles résidentielles aux arrêts actuels 84
Figure 48 : Accessibilité des îles résidentielles aux arrêts proposés 85
Figure 49 : Emplacements optimaux selon le modèle Location-Allocation 87

Liste des tableaux

Tableau 1 : Évolution de la population de l'agglomération de Relizane entre 1966 et 2034 41
Tableau 2 : Lignes de transport urbain relevant du secteur privé 50
Tableau 3 : Répartition des lignes de transport urbain relevant du secteur public 52
Tableau 4 : Traitement des distances par l'outil « Near » sur ArcGIS 10.8 54
Tableau 5 : Répartition des îlots par niveau d'accessibilité 56
Tableau 6 : Critères de sélection des nouveaux emplacements 60
Tableau 7 : Reclassification de la pente (%) selon l'aptitude à l'implantation 61
Tableau 8 : Reclassification de l'occupation du sol selon le potentiel d'implantation 62
Tableau 9 : Reclassification du flux piéton estimé (piétons/heure) 63
Tableau 10 : Reclassification de la densité de population (hab/ha) 64
Tableau 11 : Reclassification de la distance au réseau routier général (m) 65
Tableau 12 : Reclassification de la distance aux voiries primaires (m) 66
Tableau 13 : Reclassification de la distance aux pôles attracteurs (m) 67
Tableau 14 : Reclassification de la distance aux équipements publics (m) 68
Tableau 15 : Pondération des critères spatiaux pour l'implantation optimale des arrêts 69
Tableau 16 : Comparaison entre pondérations initiales et poids calculés via AHP 72
Tableau 17 : Réduction progressive des points potentiels dans le modèle d'analyse multicritère 81

Introduction générale

Introduction générale

1. Contexte et justification

L'urbanisation accélérée des villes dans les pays en développement entraîne une reconfiguration profonde des dynamiques de mobilité. Tandis que les distances entre lieux d'habitat et pôles d'activités s'allongent, l'offre de transport public peine à suivre le rythme des mutations spatiales. Cette discordance engendre une série de dysfonctionnements : congestion, dépendance accrue à la voiture, allongement des temps de trajet, et aggravation des inégalités d'accès aux services urbains (Citaristi, 2022) . Le transport collectif devient alors un enjeu stratégique de gouvernance territoriale, en tant qu'outil de justice spatiale, d'efficience fonctionnelle et de durabilité environnementale. (Offner, 2006) .

Au sein de ce système, les arrêts de bus représentent bien plus que de simples points de montée et de descente : ils sont les interfaces physiques entre les espaces urbains et les réseaux de transport. Leur localisation influence directement l'accessibilité des usagers, oriente les flux de déplacement, structure les parcours piétons, et participe à l'organisation du tissu urbain (Curtis, 2010). Lorsqu'ils sont judicieusement positionnés, les abribus favorisent un report modal vers le transport collectif, améliorent la régularité du service et renforcent la cohésion territoriale (Cucuzzella, 2020). En revanche, leur implantation arbitraire ou déséquilibrée produit des effets inverses : rupture d'accessibilité, fragmentation sociale, inefficience du service, et désaffection du réseau.

Les villes moyennes algériennes illustrent bien ces tensions. Faiblement dotées en outils d'analyse spatiale, elles peinent à structurer un maillage cohérent d'infrastructures de transport (Cherifi, 2019). Dans la majorité des cas, les arrêts sont implantés de manière empirique, sans réelle prise en compte de la répartition des équipements, des flux de déplacements, ou des densités urbaines (Boudiba F. L.–7., 2016) . Cette approche opportuniste, non fondée sur des données objectivées, entraîne des déséquilibres profonds dans la couverture du territoire et accentue la marginalisation des quartiers périphériques en expansion rapide. De plus, les pratiques de planification restent fortement centralisées et déconnectées des réalités locales, avec peu de recours aux technologies géospatiales telles que les Systèmes d'Information Géographique (SIG), pourtant essentielles à toute démarche rationnelle (Sadki L. , 2021) .

L'agglomération de Relizane constitue un exemple emblématique de ces problématiques. Son développement urbain, marqué par une extension vers le sud et l'est, s'est

déroulé sans reconfiguration du réseau de transport collectif. Les lignes de bus demeurent centrées sur le noyau historique, où se concentrent également les arrêts, au détriment de nombreux quartiers densément peuplés tels que Bermadia, Adda Ben Aouda ou Simetal. L'analyse des infrastructures révèle par ailleurs une faible articulation entre les arrêts de bus et les équipements urbains structurants — établissements scolaires, hôpitaux, administrations — ainsi qu'une négligence manifeste de la topographie urbaine : les zones à forte pente, pourtant centrales, sont presque totalement exclues du réseau. Ces lacunes traduisent un manque de vision d'ensemble dans la gestion de la mobilité urbaine.

L'ambition de ce mémoire est d'apporter une réponse rigoureuse et opérationnelle à ces insuffisances, en proposant une méthodologie d'optimisation spatiale des arrêts de bus fondée sur l'intégration des outils SIG, de l'analyse de réseau et de l'évaluation multicritère (Malczewski J. , 1999) . En croisant des données morphologiques, démographiques et fonctionnelles, il s'agira de modéliser un scénario d'implantation plus équilibré, plus accessible et mieux adapté aux besoins réels de la population relizanaise. Ce travail s'inscrit à la fois dans une perspective scientifique — en contribuant à combler un vide méthodologique dans la littérature algérienne — et dans une finalité territoriale, en mettant à disposition des acteurs locaux un outil d'aide à la décision cartographié, rationnel . (Carmen, 2020) .

2. Problématique

L'étude descriptive et cartographique du réseau actuel d'abribus à la L'agglomération de Relizane met en évidence plusieurs déséquilibres essentiels dans la couverture du transport collectif. La structure du réseau, globalement centralisée et radiale, repose sur une organisation héritée d'une époque où l'urbanisation se concentrait au centre-ville. Et, aujourd'hui, que des nombreux quartiers en forte extension comme Bermadia, Adda Ben Aouda, Mina (Simetal) sont parvenus à s'emparer d'une forte densité résidentielle malgré leur faible ou absence de desserte par arrêts de bus accessibles à pied, cela pose une première question : jusqu'à quel point le schéma actuel de desserte par abribus correspond-il aux dynamiques d'expansion urbaine récentes ?

Ensuite , l'observation croisée des cartes de transport et de pentes met en évidence un évitement systématique des espaces centraux à forte déclivité. Les derniers, bien qu'ils soient au cœur du tissu urbain, sont hors couverture du réseau, ce qui crée des difficultés d'accessibilité physique, notamment pour les usagers vulnérables tels que les personnes âgées, les enfants ou les personnes à mobilité réduite.". Est-ce possible d'ignorer

encore une longue période l'emprise du relief dans la localisation des arrêts de bus et son effet sur l'équité d'accès au service ?

D'autre part aussi que les abribus sont mal reliés aux lieux essentiels de la ville, comme les écoles, les centres de santé et les bâtiments administratifs. Cette mauvaise connexion empêche le réseau de transport de bien jouer son rôle et accentue les inégalités entre les quartiers. Dès lors, comment améliorer l'emplacement des arrêts de bus pour qu'ils soient réellement accessibles depuis les lieux les plus fréquentés et utiles au quotidien des habitants, afin d'assurer un service public plus efficace ?

Les conséquences de ce mauvais positionnement des arrêts sont multiples : allongement des trajets, exclusion des quartiers, surcharge de certains trajets, et report modal vers la voiture ou le taxi, avec des impacts environnementaux, économiques et sociaux importants. En même temps, les exercices traditionnels de planification restent insuffisants : absence de données spatialisées, impossibilité de coordination entre les secteurs, et faible utilisation des outils d'analyse numérique. Comment dépasser ces limites structurelles pour concevoir un réseau plus cohérent, équitable et fonctionnel ?

Donc, la question fondamentale de ce mémoire est la suivante :

Quels sont les avantages d'une approche géospatiale intégrée entre les SIG et l'analyse multicritère pour optimiser l'implantation des arrêts de bus dans l'agglomération de Relizane afin d'améliorer l'accès et la couverture spatiale et la qualité de service du transport collectif urbain ?

3. Objectifs du mémoire

3.1. Objectif général

L'objectif principal de ce mémoire est de proposer une méthodologie rigoureuse et intégrée permettant d'optimiser l'implantation des arrêts de bus dans l'agglomération de Relizane, à travers l'utilisation combinée des outils de systèmes d'information géographique (SIG), d'analyse de réseau et d'analyse multicritère spatiale (AMC). Il s'agit d'identifier les emplacements les plus pertinents pour renforcer la couverture du réseau de transport collectif, améliorer l'accessibilité urbaine et réduire les inégalités territoriales dans l'accès à la mobilité.

Ce travail se positionne à l'intersection de la géomatique appliquée à l'aménagement du territoire et de la planification des transports, en mettant l'accent sur la lecture spatiale des

besoins, la modélisation topologique du réseau viaire et la hiérarchisation des critères décisionnels.

3.2. Objectifs spécifiques

Pour atteindre cet objectif général, le mémoire se décline en plusieurs objectifs spécifiques, correspondant à des étapes successives de la démarche d'analyse :

Analyser la configuration actuelle du réseau d'abribus :

En identifiant les déséquilibres de couverture, les zones sous-desservies et les ruptures d'accessibilité à partir des analyses approfondis dans une base de données géospatiale contenant plusieurs entités (par exemple, réseau de transport, topographie, équipements…etc).

Données spatiales multi-sources :

En intégrant les variables essentielles à la prise de décision : densité de population par ilot ou quartier, réseau viaire fonctionnel, localisation des équipements publics structurants (sportifs, sanitaires, administratifs…etc), les pentes.

Définir un ensemble de critères d'implantation optimaux :

Des arrêts de bus, en mobilisant des méthodes multicritères (AHP), et en associant à chaque facteur un poids reflétant son importance dans l'accessibilité urbaine. .

Appliquer une méthode de croisement spatial et multicritère :

Dans un environnement SIG afin de générer des cartes d'aptitude spatiale mettant en évidence les zones les plus favorables à l'implantation de nouveaux arrêts ou à la révision du positionnement existant .

Formuler des propositions concrètes de réorganisation du réseau :

A travers des cartes de scénarios optimisés, tout en tenant compte des contraintes techniques et des réalités locales (voirie, topographie, zones inconstructibles, saturation actuelle des arrêts, etc.).

Évaluer l'impact potentiel de ces propositions :

Sur la couverture spatiale, la qualité du service de transport collectif, et l'équité d'accès aux infrastructures de mobilité .

3.3. Résultats attendues

Les résultats attendus de ce travail se déclinent à plusieurs niveaux :

Scientifique : Nous ambitionnons de contribuer à la réflexion méthodologique sur l'implantation des infrastructures de transport en milieu urbain, notamment dans les villes moyennes du Maghreb, encore peu documentées sur ce niveau. nous visons également à illustrer l'intérêt des outils géomatiques dans l'aide à la décision territoriale .

Technique: la démarche proposée est construite de manière à être reproductible dans d'autres contextes urbains algériens ou régionaux. Elle s'appuie sur des outils disponibles (ArcGIS Desktop 10.8, modèles d'analyse de réseau, AMC) et des données publiques ou produites localement (cartes, enquêtes terrain, orthophotos, recensements).

Opérationnelle et territoriale : les cartes, scénarios et recommandations formulés à l'issue du travail constituent un outil d'aide à la décision pour les collectivités locales (Direction des Transports, DUCH, APC), dans le cadre de projets de révision du Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) ou de programmation d'investissements publics.

Sociale et équitable : en ciblant les zones sous-desservies et les populations à faible accessibilité, le modèle proposé cherche à renforcer la justice spatiale, à améliorer la mobilité quotidienne des habitants et à encourager le recours au transport collectif dans un souci de durabilité.

4. Méthodes générale

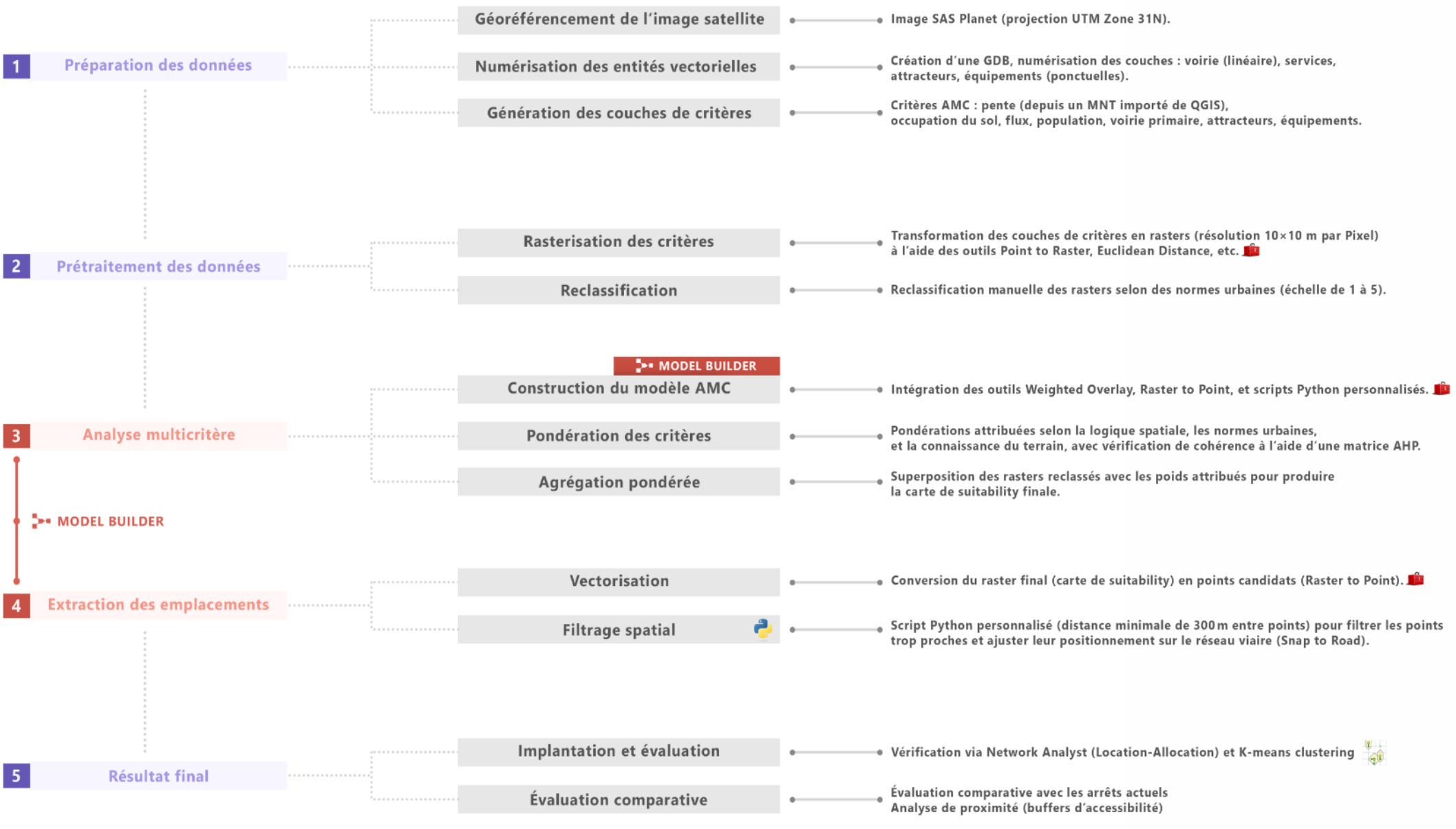


Figure 1 : Méthodologie générale

Chapitre 1 Cadre conceptuel

Chapitre 1 : Cadre conceptuel

1. Importance des arrêts de bus et problématique de leur positionnement

1.1 Définition et rôle des arrêts de bus

Un arrêt de bus est, avant d'être tout autre chose, un point d'arrêt désigné sur le parcours d'une ligne de transport collectif où les autobus s'arrêtent pour prendre en charge ou déposer des passagers. L'arrêt de bus en effet, constitue un des éléments de base de l'infrastructure du transport collectif, servant de point de rencontre physique entre le réseau de transport et les espaces de destination. Mais en dehors de son classement fonctionnel, l'arrêt de bus peut devenir une micro-plateforme de mobilité urbaine, c'est le premier et le dernier point d'interaction usager/transports. Son statut de point d'entrée et de sortie du service de transport l'inscrit d'emblée comme mobilisateur de la perception de la qualité du service par les citoyens. (pegard, 2007)

En fonction de sa conception, un arrêt peut se limiter à un simple poteau de signalisation ou inclure une série d'équipements comme un abribus, un banc, un éclairage, des informations horaires, voire des dispositifs numériques en temps réel. Dans les contextes urbains modernes, il est également conçu pour garantir l'accessibilité universelle, avec des rampes pour fauteuils roulants, des trottoirs adaptés, ou des marquages au sol. (OUAHIBA, 2019)



Figure 2 : Arrêt de bus idéal dans la France Conçu par « David Karásek, Radek Hegmon »



Figure 3 : Arrêt de bus mal conçu L'agglomération de Relizane (photo prise par les étudiants 2025)

Éléments déterminants du réseau de transport collectif urbain, les arrêts de bus sont dotés de trois fonctions essentielles : embarquer, débarquer, attendre. Pour être efficaces, ces fonctions doivent permettre de voyager en sécurité, dans de bonnes conditions de confort et d'accessibilité : trottoirs adaptés aux personnes à mobilité réduite, éclairage de nuit et de jour, signalisation appropriée et supports d'attente qui protègent du temps incertain (Davis, 1992). Lorsqu'ils sont mal dimensionnés, ces arrêts perdent de leur attractivité et sont un des facteurs décisifs qui poussent les usagers à abandonner l'usage du bus au profit de la voiture.

Au-delà de ces considérations techniques, les arrêts de bus influent très fortement sur l'accessibilité spatiale. Ils favorisent la mobilité des personnes lorsque leurs positions et implantation se font à proximité des pôles majeurs de L'agglomération (écoles, hôpitaux, centres commerciaux, marchés, etc.) au détriment de l'auto dépendance. À l'inverse, leur mauvaise répartition sur le territoire engendre des inégalités d'accessibilité, notamment pour les publics éloignés de ce type de moyen de transport, tel que le vieillissement des personnes âgées, le désœuvrement des jeunes, et l'isolement des populations résidant dans les quartiers centraux (OUAHIBA, 2019) .

Les arrêts de bus participent au processus d'appropriation par les usagers de l'image du service public. Bien intégrés dans l'espace urbain, propres, informatifs et sécurisés, ils sont de nature à permettre le développement de la confiance des usagers, et donc à favoriser un effet de report modal vers les transports collectifs. Dans quelques villes européennes, des efforts ont été réalisés pour revaloriser ces espaces de façon à leur apporter un caractère esthétique en s'attachant au paysager ou à l'ornemental. Toutefois, cette conception plus qualitative de l'arrêt de bus est loin d'être la pratique dominante du côté algérien. Le fait d'arbitrer entre une position ségrégationniste et une position intégrative de l'arrêt de bus dans l'espace urbain reste encore perçu dans notre pays comme un débat orienté vers le choix d'un mode de transport. Au mieux, l'arrêt n'évoque qu'un élément fonctionnel, sans autre forme d'intégration dans l'espace public que le seul choix de son emplacement, et sans aucune réflexion sur les éléments sociaux, symboliques et communicatifs que peut apporter la monumentalité du lieu (beaucire, 2000) .

1.2 Importance du positionnement des arrêts de bus dans le système de transport urbain

Le bon positionnement des arrêts de bus est fondamental dans la réussite d'un système de transport urbain durable. Les arrêts bien placés, situés à proximité des zones denses, des pôles de services ou des zones d'emploi, permettent d'attirer un plus grand nombre d'usagers , et donc, de renforcer la compétitivité du transport collectif en regard de la voiture , ce qui

améliore l'usage de l'offre collective , amélioration qui permet de réduire la congestion urbaine, d'améliorer la régularité des bus et de diminuer l'usage de la voiture individuelle, ce qui va dans le sens de la réduction des émissions polluantes, une priorité dans le contexte d'une agglomération comme Relizane, où le nombre de voitures ne cesse d'augmenter.

Tout bon emplacement permet aussi de contribuer à réduire les temps de trajet, par une réduction du temps de marche, du temps d'attente, et des meilleures conditions d'attente, pour un service qui, de ce fait, devient plus efficace et plus confortable.

Ansi , un bon positionnement participe à une équité territoriale , en réduisant les zones non desservies et en offrant une meilleure couverture spatiale du réseau, enjeu très important pour les usagers les plus vulnérables , personnes âgées, enfants ou personnes à mobilité réduite , qui ont besoin d'arrêts accessibles, sûrs et d'une bonne qualité d'aménagement. (OUAHIBA, 2019)

1.3 Effets d'une mauvaise localisation des arrêts de bus

Une mauvaise localisation des arrêts de bus pénalise fortement le bon fonctionnement des réseaux de transport urbain. Ecartés, peu ou mal accessibles, mal intégrés, ils engendrent bien des problèmes.

Ils augmentent les temps de parcours en obligeant à des marches longues à faire ou à des détours sur les lignes, ce qui fait perdre en vitesse de service. Cela contribue aussi à l'impossibilité d'accéder aux transports pour les populations les plus fragiles (personnes âgées, handicapées), et partant le renforcement des inégalités sociales et territoriales.

Les ruptures d'intermodalité sont fréquentes lorsqu'un arrêt est non connecté aux autres moyens de transport. À Relizane, l'absence de pôles d'échanges performants nuit à la fluidité du réseau (Meunier, 2003) .

Ces difficultés font que les usagers délaissent le transport collectif au profit de l'automobile ou du taxi, ce qui alimente la congestion et la pollution. De plus, un réseau de transport mal maillé entraîne une mauvaise gestion des fréquences et par là même abaisse la performance générale.

De certains arrêts mal placés peuvent naître des facteurs d'insécurité, notamment lorsqu'ils sont mal positionnés (au carrefour, au virage). Ce qui n'incite pas à prendre les transports collectifs, même pour des courtes distances.

Les inégalités socio-spatiales se creusent constamment, dans la mesure où les quartiers les plus défavorisés sont également les moins desservis, ce qui limite leur accès à l'emploi, à l'éducation, aux soins. Le développement de l'espace urbain est également freiné : un arrêt à cet endroit peut valoriser un quartier, à défaut de ce dernier, on provoque un vide fonctionnel (Sali, 2015) .

1.4 Facteurs contribuant au mauvais positionnement des arrêts de bus

Dans plusieurs villes, comme Relizane, les arrêts sont souvent implémentés sans plans, en réponse à des demandes ponctuelles ici ou là, ce qui explique leur mauvais niveau de couverture (surconcentration de l'offre en centre-ville et très mauvais couverte en périphérie) résultant de l'absence de plan de déplacement.

Aussi, les zones à forte demande (écoles, hôpitaux, zones industrielles), sont à peine étudiées faute d'informations suffisantes gène la couverture géographique de l'offre d'une part et d'autres part sur l'adéquation offerte.

Le manque d'intégration intermodale des transports en commun et de la mobilité douce, gêne les correspondances bus/taxis collectifs, la complémentarité des modes de transports et entache l'efficacité du système si l'on veut faire face à des problèmes de mobilités de plus en plus aléatoire.

Autres contraintes de nature physique (pente, ruelles étroites, urbanisation anarchique) limitent notamment les possibilités d'aménagement d'abribus au niveau de certains secteurs notamment dans les quartiers anciens où l'indifférence à l'espace urbain est contradictoire avec les attentes modernes liées à la mobilité.

2. Intérêt des SIG et de l'analyse de réseau

2.1 Rôle central des Systèmes d'Information Géographique (SIG) dans la planification des transports

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) ont constitué un outil majeur pour la planification des réseaux de transport, qu'ils soient… ou.., notamment dans les centres urbains mal développés comme Relizane. Ils sont en effet la réponse d'un outil d'aide à la décision à des espaces territoriaux très particuliers, eux-mêmes évolutifs, et constituent un espace productif d'argumentation en faveur de leur émergence.

Les SIG nous permettent dès lors de traiter et d'analyser notre problématique autour de l'insertion dans le territoire d'une multiplication d'infrastructures d'engagement et de services intégrés au développement durable (Benichou, 2018) .

Les SIG allient le traitement et l'analyse de données spatiales qui permettent de produire un diagnostic cartographique à un pouvoir de compréhension du territoire fine, sur le plan fonctionnel et sur un mode analytique/stati.

D'une part, la cartographie permet de quantifier les déséquilibres du réseau (zones mal desservies par exemple ; identifier les arrêts par rapport à un périmètre d'accessibilité en fonction des conditions d'accès, ce qui est indispensable pour le choix de l'achat d'une voiture ou d'un abonnement à un service de transport public).

D'autre part, la gestion de la mobilité nécessite par nature d'intégrer des données non seulement économiques, mais sociales et physiques qui seules peuvent matérialiser les besoins en termes d'infrastructures et de services (Bouziane, 2019)

D'un point de vue pratique, le recueil et l'exploitation par les SIG de plusieurs types de données pour établir des tableaux multicritères sur les carences et besoins des usagers en matière de mobilité nous assurent des résultats rendus d'une manière plus rationnelle en matière d'équipements d'infrastructures ou de services.

Enfin, l'intégration des systèmes permet la simulation de différents scénarios d'aménagement et contribue à asseoir les fondements d'une prise de décision politique stratégique en matière d'accessibilité à la mobilité, en matière de couverture, en matière de justice spatiale pour des modes de transport plus équitables, plus durables et accessibilités ou en matière de justesse de la planification.

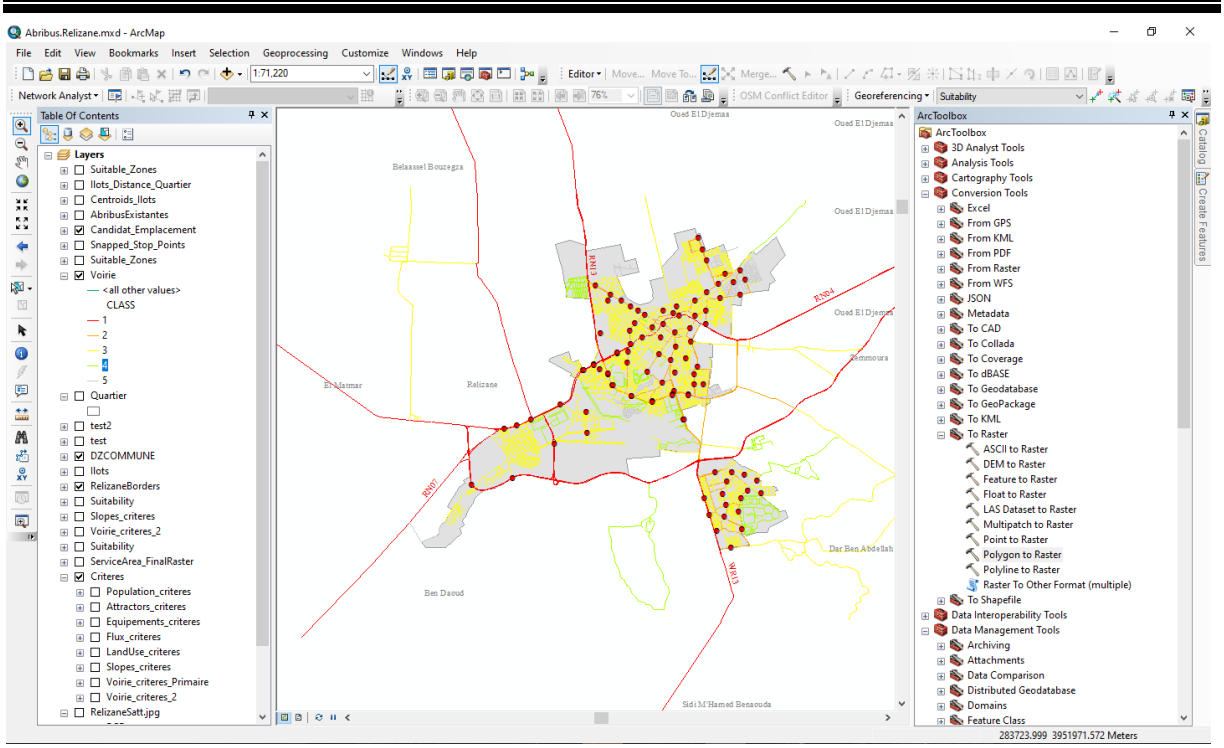


Figure 4 : GIS Interface (ArcGIS) with Transport Data)

2.2 Application ciblée des SIG au positionnement des arrêts de bus

Les SIG pour le transport collectif permettent d'élaborer une analyse précise de la répartition des arrêts de bus,en tant qu'outils de diagnostic des défaillances du réseau existant, qui permettra de repositionner les arrêts vers des zones plus pertinentes et équitables.

Dans ce sens, l'essentiel de l'activité des SIG consiste à identifier les « zones blanches », par le croisement d'un rayon de desserte standard d'environ 300 à 500 mètres (Benichou, 2018) avec des données comme la densité de population ou les pôles d'activités, ce qui permet d'identifier les secteurs prioritaires pour les nouveaux arrêts.

Les SIG permettent aussi d'évaluer l'accessibilité effective aux arrêts en se fondant sur les contraintes physiques (comme les voies rapides, les pentes, les trottoirs absents), les profils des usagers (enfants, personnes âgées, personnes à mobilité réduite…) ainsi que la structure du tissu urbain.

Par ailleurs, ils constituent des outils d'analyse de la couverture spatiale du réseau, part de population desservie et relations entre arrêts et grandes équipements urbains, dont les résultats sont rendus visibles via des cartes thématiques, nécessaires à la décision.

Enfin, les SIG intègrent des modèles de localisation-allocation ou des méthodes multicritères (AHP,…) qui permettent d'évaluer des scénarios d'implantation et de déterminer les sites envisagés et leurs modalités suivant les besoins du territoire (Hadjiedj, 2000) .

2.3 Analyse de réseau et SIG : améliorer l'accessibilité du transport public

L'analyse de réseau est une composante centrale des SIG appliqués au transport. Elle permet de représenter le territoire comme un système de connexions (nœuds et liens), facilitant une lecture topologique du réseau de transport et l'évaluation de sa performance en termes d'accessibilité et de connectivité



Figure 5 : Schéma des Fonctionnalités de l'Analyse de Réseau avec ArcGIS Network Analyst

3. Approches théoriques : analyse de réseau et analyse multicritère, optimisation spatiale

3.1 Analyse de réseau : fondements théoriques, concepts clés et indicateurs d'efficacité appliqués aux réseaux de transport

L'analyse de réseau est précisément la méthode par laquelle entrer dans la compréhension et la modélisation des systèmes de transport. En transformant l'espace urbain en ensemble d'interconnexions entre rues, arrêts, lignes, elle permet d'évaluer de nombreuses assertions : technicité du réseau, accessibilité, performance du transport, connectivité… Elle propose de considérer les infrastructures de transport comme un objet mathématique, un graphe qui devient analysable et aboutit à des diagnostics qui en sont les outils (Laurent chapelon)

Le fondement théorique repose sur la théorie des graphes, où arrêts – destinations et intersections sont nœuds et segments de voies sont les liens qui joignent ces nœuds, fréquemment pondérés par la distance, le temps de parcours, le coût global de se déplacer.

Le problème de déterminer des points stratégiques s'appelle la centralité. Plusieurs mesures de centralité existent :

la centralité de degré, nombre de connexions d'un arrêt ;la centralité de proximité, qui quantifie la facilité d'accès aux autres points du réseau ; et la centralité d'intermédiarité, qui repère quel arrêt est fréquemment emprunté dans plusieurs itinéraires optimaux (Crucitti P., 2006)

L'analyse de connectivité permet, premièrement, de vérifier que les arrêts sont tous reliés entre eux. En effet, les parties d'un réseau qui, pour des raisons diverses, ne sont pas connectées peuvent révéler des zones non ou mal desservies. Deuxièmement, l'étude des chemins les plus courts comme des circuits existants contribue à ajuster les lignes, à éviter les recouvrements inutiles et à pallier les manques.

Troisièmement, plusieurs indicateurs d'efficacité empruntés à la théorie des graphes ont été mobilisés : l'indice de maillage pour mesurer la redondance du réseau ; l'indice d'accessibilité pour mesurer la facilité d'accès aux arrêts ; et le rapport entre nœuds centraux et nœuds périphériques pour apprécier l'équilibre du maillage.

Enfin, croisés avec des éléments de démographie et de fréquentation, ces analyses permettent de cerner les zones à renforcer, de réajuster l'offre de transport et de favoriser la résilience du réseau aux contraintes urbaines (Laurent chapelon) .

3.2 Analyse multicritère (Multi-Criteria Analysis - MCA)

L'analyse multicritère constitue un outil d'aide à la décision particulièrement adapté à la complexité des problématiques d'aménagement du territoire. Contrairement aux approches mono-critères qui se basent sur un unique facteur de choix (coût, distance…etc.), l'analyse multicritère permet de considérer plusieurs alternatives en prenant en compte plusieurs critères souvent conflictuels, qu'ils soient quantitatifs (densité de population, distance aux équipements…) ou qualitatifs (confort, sécurité, visibilité…) (brandao, 2021) .

A. Application en géomatique

En géomatique, cette méthode est largement utilisée de manière conjointe avec les Systèmes d'Information Géographique (SIG), elle permet une représentation spatiale des critères par l'intermédiaire de couches d'information. Ceci débouche sur la production de cartes d'aptitude qui vont identifier les zones « propices » à l'implantation d'infrastructures. Dans le cadre de cette étude, l'analyse multicritère est mise en œuvre afin d'optimiser la localisation des abris-bus dans L'agglomération de Relizane, en prenant en compte des facteurs comme : la densité de logements, la proximité des pôles générateurs de déplacements, l'accessibilité aux axes routiers et la structure urbaine (Mena, 2000) .

B. Typologie des méthodes d'analyse multicritère

Les méthodes multicritères se répartissent en quatre grandes catégories, selon le mode d'agrégation ou d'optimisation qu'elles mettent en œuvre, ainsi qu'illustré dans la figure N° 06 :

- Les méthodes élémentaires, à savoir la pondération additive ou le produit pondéré, s'appuient sur des calculs simples, mais efficaces, de pondération des critères en fonction de leur importance.
- Les méthodes de critère unique de synthèse (AHP, MAUT, TOPSIS) transforment plusieurs critères en un indicateur global facilitant la comparaison des alternatives.
- Les méthodes de sur classement (PROMÉTHÉE, ÉLECTRE) permettent d'identifier des options préférables sans les ramener à un score unique, en jouant sur les relations de dominance entre les alternatives.

- Les méthodes itératives, enfin, reposent sur des algorithmes d'optimisation (programmation linéaire ou génétique) qui, à travers des itérations successives, recherchent la meilleure solution (Mena, 2000) .

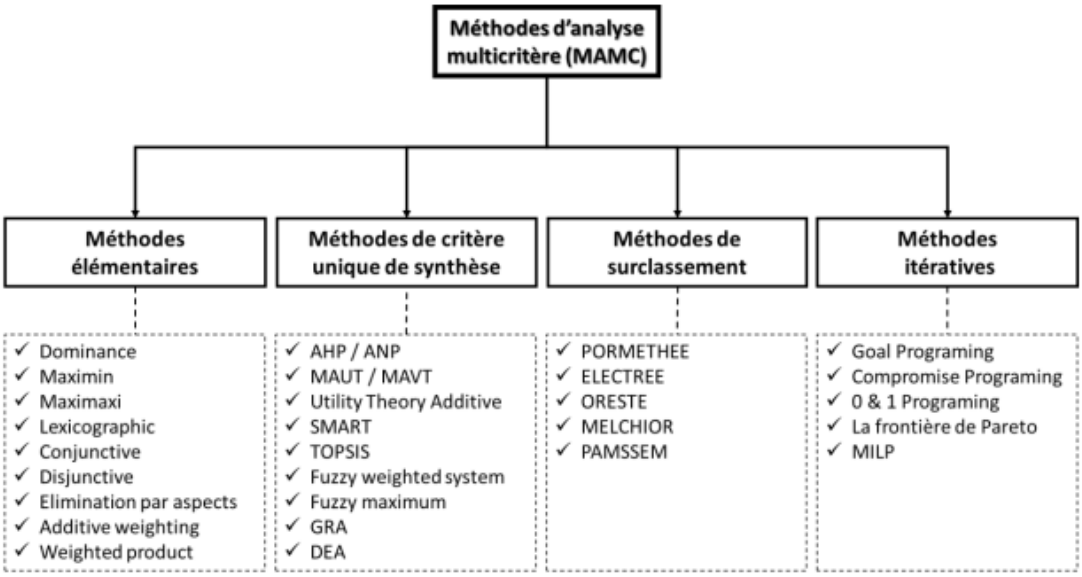


Figure 6 : Classification des MAMC

C. Intérêt de l'approche multicritère dans la planification urbaine

Pour la planification des transports, l'usage de l'approche multicritère constitue un triple bénéfice : elle limite la subjectivité, permet d'ancrer les décisions d'implantation dans les sciences et participe à une gouvernance plus transparente. Dans un contexte urbain comme celui de Relizane, cette approche permet donc de croiser les attentes des usagers, les contraintes physiques du sol et les objectifs de durabilité pour construire une stratégie de localisation des arrêts de bus plus équilibrée, concertée et efficace (Guitouni, 2010) .

3.3 Optimisation spatiale (Spatial Optimization)

La planification des infrastructures de transport public ne saurait se réduire à une simple évaluation qualitative ou à une cartographie descriptive, mais elle exige également de résoudre dans des contraintes réelles d'aménagement (budget, espace, topographie, etc.) une série d'objectifs multiples : couverture de l'espace à desservir, équité d'accès, coût minimisé, etc. C'est ainsi que l'optimisation spatiale a sa place, qui permet, par le biais d'outils mathématiques et géographiques, de rechercher dans l'espace la meilleure configuration souhaitable selon des objectifs clairement définis.

A. Définition et types de problèmes d'optimisation spatiale appliqués aux transports

L'optimisation spatiale est une démarche qui consiste à rechercher, parmi un très grand nombre de configurations possibles, celle qui respecte au mieux un ensemble d'objectifs et de contraintes. Elle repose sur des modèles mathématiques, parfois très complexes, mais qui peuvent être intégrés à des environnements SIG pour produire des solutions visuellement interprétables .

Les principaux types de problèmes d'optimisation spatiale liés au transport sont :

- Localisation optimale : choisir les meilleurs emplacements pour implanter un nombre limité d'arrêts de bus, de façon à maximiser un critère (par exemple, nombre d'usagers desservis).
- Allocation de la demande : une fois les arrêts placés, associer à chacun un ensemble d'usagers (écoles, zones résidentielles) en minimisant la distance ou le temps de trajet.
- Problèmes de couverture : s'assurer qu'un maximum de la population est couvert dans un rayon donné (ex. : 400 m ou 5 minutes de marche).
- Problèmes multi-objectifs : maximiser la couverture, tout en minimisant la redondance des arrêts, le coût, et en respectant les zones à éviter (zones inondables, axes dangereux).

Ces modèles sont utiles dans les villes en transition, comme Relizane, où les réseaux se sont souvent développés sans planification intégrée, et nécessitent une restructuration fondée sur des données objectives.

B. Modèles de localisation-allocation : concepts et applications

Le modèle de localisation-allocation (L-A) pour la localisation optimale d'infrastructures comme les arrêts de bus constitue un outil fondateur en optimisation spatiale. Sa finalité consiste à implanter les équipements en fonction de la répartition de la demande, c'est-à-dire là où les usagers sont supposés en tirer le plus de profit.

Les objectifs traditionnels sont par exemple :

- La minimisation de l'impédance (distance ou temps entre l'usager et l'arrêt) ;
- La maximisation de la couverture (taux de population couverte dans un rayon donné, eg: 400 m) ;
- L'équilibrage de la charge au sein des différents arrêts afin d'éviter les « goulets d'étranglement ».

- Les modèles incluent également plusieurs contraintes correspondant à :

Un nombre d'arrêts restreint en raison du budget ou du type de tissu urbain ;

Des distances minimales entre arrêts à respecter pour éviter les redondances ;

Des zones inappropriées à exclure, tels que les espaces industriels ou les axes rapides (Belu, 2008) .

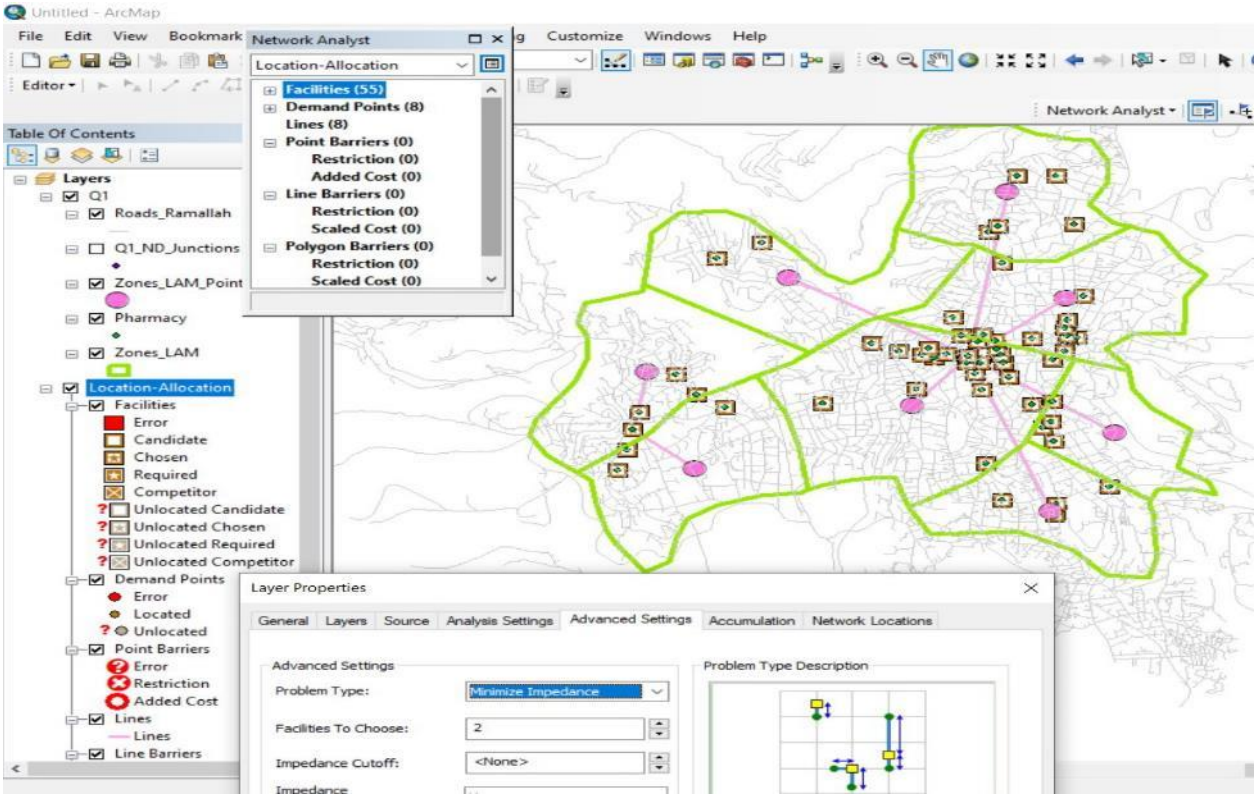


Figure 7 : Modélisation spatiale par allocation de localisation dans ArcMap

c) Clustering spatial : repérer les zones à fort potentiel avec K-means

Avant même d'optimiser précisément les emplacements, il est utile d'identifier les zones stratégiques où la demande est concentrée. Pour cela, on utilise des méthodes de regroupement spatial (clustering), comme :

K-means (centroïdes de zones homogènes)

Permet de regrouper les zones les plus proches en termes de densité ou de demande potentielle d'un réseau de transport,

Produit des "centroïdes" autour desquels il est logique d'implanter des arrêts.

DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering)

Idéal pour détecter des zones de forte densité dans un espace irrégulier. (Simic, 2015)

Ces techniques permettent de pré-localiser des sites candidats, dans l'agglomération de Relizane où le tissu urbain est hétérogène (zones modernes + zones informelles).

4. Revue de littérature : études similaires et applications en aménagement du territoire

4.1. Etude de cas sur Turquie

A) Contexte et objectif

Istanbul est une métropole de près de 16 millions d'habitants où la mobilité urbaine est marquée par la densité mais reste inégalement répartie. Bien qu'il soit doté d'un réseau de transport multimodal (bus, métro, tram, ferry), d'importants déséquilibres d'accessibilité subsistent dans les territoires périphériques ou de relief complexe (Öztaşkın, 2023) .

L'étude conduite par Öztaşkın & Levend (2023) s'intéresse à l'accessibilité piétonne aux arrêts de transports publics, en particulier ceux de bus, les bus étant utilisés pour près de 69 % de l'ensemble des déplacements en transport collectif à Istanbul, et a pour but d'établir un diagnostic spatial des zones bien ou mal desservies et de mesurer les écarts d'accessibilité selon le type de transport, le quartier et le profil usager.

Cette étude vise à répondu à deux questions majeures :

- Les arrêts de bus sont-ils accessibles à pied par la majorité de la population ?

- Comment varié cette accessibilité selon les secteurs urbains et selon le type de transport utilisé ? (Öztaşkın, 2023) .

b) Méthodologie utilisée

La recherche d'Öztaşkın & Levend (2023), repose sur une démarche méthodologique fondée sur l'utilisation des Systèmes d'Information Géographique (SIG), plus particulièrement Network Analyst d'ArcGIS, pour analyser l'accessibilité piétonne aux arrêts de transport collectif à l'échelle de la métropole d'Istanbul. (Öztaşkın, 2023) .

Principales étapes de méthodologie :

Utilisation de l'outil Service Area dans ArcGIS Pro, permettant de générer des zones de desserte piétonne autour de chaque arrêt en fonction des temps de marche (en minutes) le long du réseau viaire.

Définition de trois seuils d'accessibilité :

- 0 à 5 minutes de marche (~400 m),
- 5 à 10 minutes (~800 m),
- 10 à 15 minutes (~1200 m).

Intégration de données socio-démographiques (densité de population par bâtiment) et de données sur l'offre de transport, incluant :

- les lignes et arrêts de bus,
- les stations de métro,
- les terminaux de ferry.

Superposition des zones d'accessibilité avec les données démographiques pour calculer la proportion de la population couverte dans chaque zone.

Outils utilisés :

- ArcGIS Pro 2.x (Service Area – Network Analyst),
- Bases de données de la municipalité métropolitaine d'Istanbul (IMM),
- Outils statistiques pour l'estimation des populations couvertes.

Cette méthodologie permet une analyse spatiale fine, tenant compte des contraintes du réseau viaire réel et non de simples distances euclidiennes. Elle permet aussi une comparaison intermodale, en analysant non seulement les arrêts de bus mais aussi l'accessibilité au métro et au ferry. (Öztaşkın, 2023)

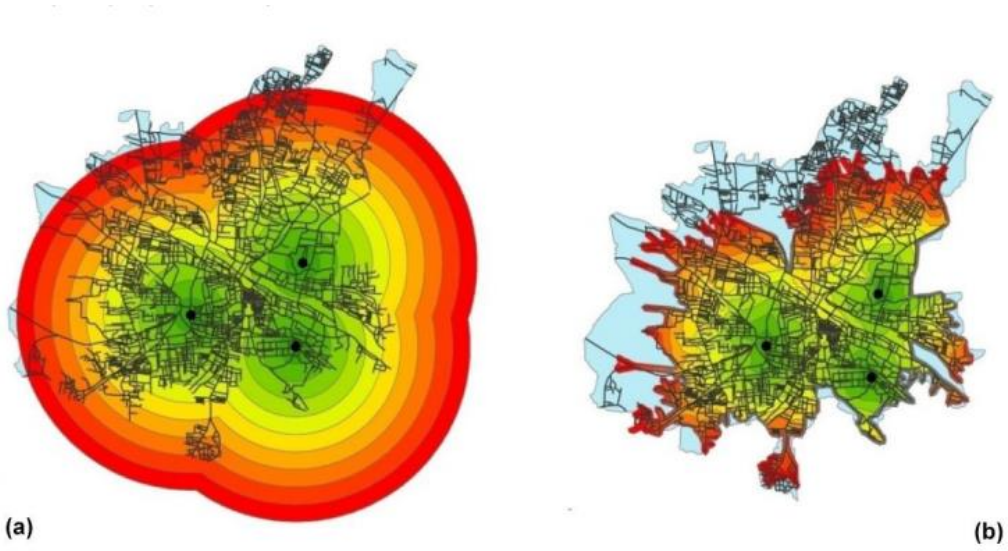


Figure 8 : a) Buffer analysis, b) New service area

C. Résultats principaux

L'enquête permet de décrire de fortes disparités dans l'accessibilité piétonne aux différents modes de transport à Istanbul. Les arrêts de bus sont les mieux accessibles : près de 90 % de la population de L'agglomération se trouve à moins de 5 minutes à pied d'un arrêt, qui assure bien une forte couverture, y compris dans les quartiers périphériques, « là où » les autres modes n'existent pas.

A l'inverse, seuls 3 % des habitants peuvent rejoindre une station de métro ou de ferry, ces modes ayant en effet une très forte concentration dans le cœur de L'agglomération et le long des côtes. Ce déséquilibre entre les modes de transport limitera certes l'efficacité intermodale du réseau de transports..

D. Apports pour notre recherche

Les conclusions tirées de l'étude portant sur Istanbul sont d'un double intérêt pour le cas de Relizane, tant sur le plan méthodologique que pratique. Elle nous confirme la pertinence de l'outil Service Area d'ArcGIS permettant d'évaluer l'accessibilité piétonne à un arrêt de bus au regard de la réalité de la voirie. Le déchiffrage de l'accessibilité qu'elle permet grâce à l'analyse par tranches de durée de marche (0-5, 5-10, 10-15 min…) est révélateur des disparités d'un quartier à l'autre.

L'approche multimodale déployée dans l'étude, intégrant la mise en relation des différents modes de transport, permet d'envisager des analyses adaptées à Relizane, à l'image de la mise en relation des abribus avec les pôles interurbains ou les grands équipements.

S'agissant plus précisément de la capacité de transport à desservir le territoire, l'étude souligne la nécessité d'un maillage équilibré, évitant ainsi à la fois la surconcentration d'arrêts dans certains secteurs et l'absence d'arrêts dans d'autres. Elle appelle à diversifier, autant que faire se peut, les modes de déplacement afin de diminuer le degré de dépendance au bus.

Enfin, cette recherche fournit une précieuse base de comparaison pour apprécier la couverture actuelle du réseau d'arrêts sur Relizane et orienter les choix dans le futur vers plus d'équité et d'efficacité de couverture. (Öztaşkın, 2023)

4.2 Étude de cas : Accessibilité aux arrêts de bus à Hyderabad (Pakistan)

A. Contexte et objectifs de l'étude

Deuxième ville du Sindh, au Pakistan, avec une population de plus de 1,7 millions d'habitants, Hyderabad connaît une urbanisation rapide mal maitrisée souvent, notamment dans ses périphéries. Si le bus demeure le mode de transport collectif principal, l'accès diffère selon

les secteurs, beaucoup de quartiers périphériques ne comptant pas d'arrêts proches, ni d'aménagements favorables (abris, signalétique, équipements de sécurité), poussant les usagers vers des solutions informelles de transport comme les rickshaws.

Les objectifs de l'étude produite par Talpur et al. (2024) sont :

- D'établir les zones urbaines mal desservies ;
- D'évaluer et de comparer l'accessibilité calculée (SIG) à l'accessibilité expérimentée par les usagers qui ont répondu à une enquête ;
- D'élaborer une stratégie d'implantation des arrêts plus favorable en vue de réduire l'inéquité spatiale du réseau de bus.

B. Méthodologie utilisée

Partie intégrante de l'étude d'Hyderabad, l'analyse spatiale par SIG est croisée avec une enquête de terrain permettant d'évaluer l'accessibilité piétonne aux arrêts de bus à partir de données objectives et de perceptions d'usagers . (Shaikh1, 2024)

Analyse spatiale (SIG)

Pour la délimitation des zones d'accessibilité autour des arrêts existants, les chercheurs ont utilisé, grâce à l'outil Service Area d'ArcGIS 10.8, quatre seuils de marche temporelle : 0–5 minutes ; 5–10 minutes ; 10–15 minutes ; 15–20 minutes. Ils ont mobilisé pour leur réalisation le réseau viaire piéton, la localisation des arrêts de bus et la densité de population par quartier.

Enquête de terrain

Un questionnaire a été distribué à 400 usagers dans différents secteurs, visant à évaluer la perception de l'accessibilité, identifier les obstacles à l'usage du bus (distance, sécurité, confort) et recueillir des propositions d'amélioration.

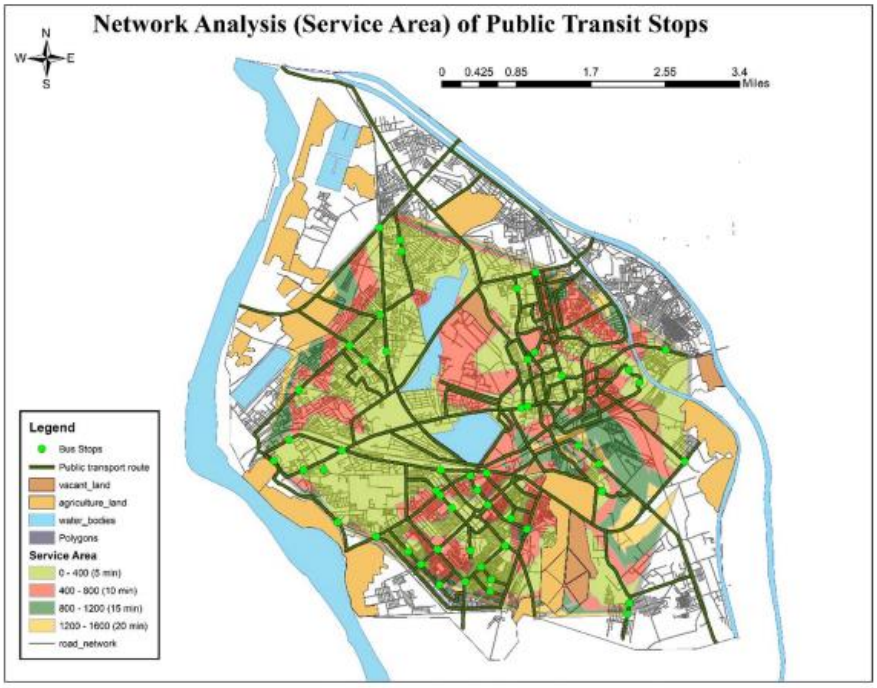


Figure 9 : Network Analysis (Service Area) of public transit stops

C. Résultats principaux

Les résultats d'une étude conduite à Hyderabad révèlent de fortes disparités d'accessibilité piétonne à des arrêts de bus. L'analyse spatiale exploitée en SIG et les résultats des enquêtes convergent vers des constats :

Couverture spatiale

53,5 % de la population peut accéder à un arrêt de bus à pied en moins de 5 minutes, 27 % à pied en moins de 5 à 15 minutes. On note tout de même une part de 6,2 % du territoire restant inaccessible, essentiellement situé à la périphérie ou au sein de secteurs au maillage urbain faible ou irrégulier.

Perceptions des usagers

Plus de 60 % des interrogés font mention de l'éloignement et/ou de l'insécurité des trajets réalisés à pied comme frein à l'usage du bus. Les habitant(e)s des habitats informels sont les plus affectés par ces contraintes et ont davantage recours à des solutions alternatives telles que le rickshaw ou les taxis partagés.

Disparités géographiques

Les secteurs centraux et les voies structurantes tendent à bénéficier d'une desserte satisfaisante. En revanche, de nombreux quartiers malgré leur forte densité sont mal reliés, à

l'image de certains quartiers délaissés notamment en raison des obstacles physiques au cheminement piéton (absence de trottoirs par exemple).

Les résultats soulignent la complémentarité entre l'usage des SIG et les enquêtes terrain permettant de nourrir une connaissance plus complète des besoins et des usages, prenant en compte la réalité de l'expérience usager. (Shaikh1, 2024)

D. Apports de l'étude d'Hyderabad pour notre recherche

L'étude faite à Hyderabad apporte une référence utile à notre travail courant dans l'agglomération de Relizane. Elle montre que l'outil Service Area d'ArcGIS permet de bien prendre en compte la accessibilité piétonne aux arrêts, à partir d'une analyse fine du réseau viaire, donc directement transposable dans notre cas.

Elle révèle aussi un intérêt à mettre en relation les données spatiales avec les perceptions des habitants. Une méthode mixte SIG/enquête serait adaptée à notre cas de Relizane, via des puissants outils que sont reconnaissance par l'ethnologue (observation directe sur le terrain ?) ou la discussion informelle.

Elle démontre enfin qu'il est possible d'identifier et « visualiser » les zones peu desservies même dans un contexte d'infrastructure faible, et d'y apporter des propositions équilibrées. Elle fait également du confort et de la lisibilité des arrêts des critères à prendre en compte au sein de notre analyse multicritère tout comme la signalisation.

Chapitre 2 Présentation de l'agglomération de Relizane et de son réseau de transport

Chapitre 2 : Présentation de L'agglomération de Relizane et de son réseau de transport

1 . Description de la zone d'étude

1.1 Description du cadre d'étude

Le site de Relizane fut occupé par la population indigène avant l'époque romaine. Les Romains y érigèrent une agglomération structurée, qui connut un développement significatif à partir du IIe siècle. Ce développement s'explique par la richesse des terres irriguées et par son rôle de carrefour économique et stratégique. De cette époque subsistent quelques vestiges visibles, notamment en direction de Sidi M'hamed Benaouda. Sous la période ottomane, Relizane devint un important centre de marché établi sur les berges de l'oued Mina. (Monographie de wilaya de Relizane, 2025) .

L'agglomération présente aujourd'hui des trames urbaines différenciées correspondant aux grandes phases de son évolution historique. L'organisation du sol urbain se caractérise par un centre ancien structuré autour des principaux équipements, avec une armature urbaine relativement équilibrée. La structure viaire actuelle conserve des traces de l'urbanisme romain : les axes cardo-décumanus se croisent au niveau d'une grande placette centrale, identifiable aujourd'hui comme la Place de la Mina, autour de laquelle se trouvent plusieurs édifices à valeur monumentale. (yousfi aicha, 2011) .

L'habitat s'organise en îlots de type R+1 et R+2, intégrant fréquemment commerces et services de proximité au rez-de-chaussée. L'état technique du bâti est globalement bon à moyen, bien que certaines anciennes constructions nécessitent des rénovations et interventions de sauvegarde. Au sud de la ville, une zone d'activité économique s'est développée le long de l'axe menant à Sidi M'hamed Benaouda. Par ailleurs, un grand espace boisé situé au sud-ouest fait l'objet de projets d'aménagement pour devenir une zone de loisirs et de détente.

La dynamique d'extension urbaine a été fortement influencée par les axes de communication et les projets d'infrastructures, renforçant le rôle régional de L'agglomération dans les domaines du commerce, du transport et des services. La population urbaine de Relizane était estimée à 201543 habitants en 2024 selon les données de la mairie de Relizane. (PDAU, 2017) .

Dans le cadre de l'organisation urbaine et de la planification territoriale, la Direction de l'Urbanisme et de l'Habitat (DUH) a procédé à un découpage fonctionnel et morphologique de

L'agglomération de Relizane en 13 zones urbaines distinctes. ((DUCH), 2025) Ce découpage vise à structurer l'aménagement du territoire en tenant compte des spécificités topographiques, démographiques et socio-économiques de chaque secteur. Chaque zone possède ses propres caractéristiques en termes de densité de population, de typologie de bâti, d'accessibilité et de vocation fonctionnelle (résidentielle, administrative, commerciale, industrielle, etc.). Ce référentiel est essentiel pour orienter les politiques d'aménagement, de rénovation urbaine et de développement durable à l'échelle locale.



Figure 10 : Carte des unités urbaines de L'agglomération de Relizane selon le découpage de la duch

1.2. L'historique de L'agglomération de Relizane

L'agglomération de Relizane, ainsi nommée en référence à l'oued Mina, est située sur sa rive occidentale, où se trouvait l'ancienne ville. L'histoire de la région remonte à l'époque numide, entre 203 et 213 avant J.-C. Selon le récit d'Ibn Khaldoun, ses habitants sont d'origine berbère. La région fut occupée par les Romains pendant près de cinq siècles.

L'étymologie du nom « Relizane » provient du mot berbère Ighil Izane, signifiant « plaine brûlée » . Les tribus de la région adoptèrent l'islam grâce aux conquêtes de Moussa Ibn

Noussair entre 719 et 720 après J.-C. À cette époque, la région acquit une nouvelle appellation, « la belle cité », comme mentionné dans l'ouvrage Mamâlik al-Masâlik. (Monographie de w de Relizane , 2025)

La région connut l'installation de plusieurs tribus successives, dont la tribu des Houaras en 761 après J.-C., suivie par les Idrissides, puis par la tribu des Souaïd en 1080. Elle fut ensuite conquise par les Ottomans en 1517 sous la direction de Arroudj, qui fit de L'agglomération de Mazouna la capitale de l'Ouest algérien. Les habitants de Relizane participèrent par la suite à plusieurs soulèvements contre les Espagnols, sous la conduite du pieux cheikh Mohamed Ben Aouda. La région tomba ensuite entre les mains des colons français en 1843, en raison de son importance stratégique. Cette position attira l'attention des forces coloniales françaises, qui y établirent plusieurs unités militaires sous le commandement du lieutenant Boniface. (Monographie de w de Relizane , 2025)

L'émir Abdelkader fit de la région le siège de sa résistance nationale dès le 4 février 1838, date de son allégeance en tant que chef de la résistance. Après le déclenchement de la guerre de libération nationale et à la suite du congrès de la Soummam, Relizane fut rattachée à la cinquième wilaya, quatrième région, divisée elle-même en cinq zones :

- La zone des montagnes de l'Ouarsenis, comprenant Djdiouia, Oued Rhiou, Lahlef , Ammi Moussa, etc.
- La zone des montagnes de la Dahra : Mazouna et Sidi M'hamed Ben Ali.
- La zone des Béni Chougrane.
- La deuxième zone du massif de la Dahra.
- Le centre de la wilaya, utilisé comme base pour l'organisation de la résistance. (Zebouja Khaled Khatem Ahmed, 2006)

1.3. Localisation géographique et situation administrative de L'agglomération de Relizane

A. Géographiquement

Située à 310 km de la capitale et 150 km de la métropole régionale Oran . L'agglomération de Relizane est une agglomération de dimension moyenne, elle occupe une position géographique privilégiée sur le croisement de deux axes routiers d'une importance nationale, il s'agit de la RN 4 reliant ORAN à la capitale du pays ALGER et la RN 23 d'une orientation NORD-SUD reliant MOSTAGANEM à TIARET. L'agglomération se trouve aussi à proximité de l'autoroute est-ouest . (aicha, 2011)

Avec le dernier découpage administratif de 1984, L'agglomération de Relizane est passée au rang de chef-lieu de wilaya et a pu s'ériger en tant que centre urbain régional important qui rayonne sur toute la wilaya de Relizane.

Le centre de Relizane remonte à la période coloniale. Le processus de son développement et son extension a pris une importance à partir de 1980 avec la réalisation d'un programme d'habitat et d'équipements puis avec son passage au rang de chef-lieu de wilaya lors du découpage administratif de 1984.

L'agglomération de Relizane a connu une croissance démographique et économique poussée ce qui a permis la valorisation des enjeux. Mais sur le plan spatial, L'agglomération n'a pas pu s'étendre à cause de plusieurs contraintes qui entourent la ville, parmi elles on peut citer: la centrale électrique au nord, les conduites de gaz (pipelines), la station de décompression au sud et l'oued mina à l'Est. Cette situation de confrontation entre une extension urbaine rapide et des aléas de natures différentes freine la croissance de la ville. (Monographie de w de Relizane , 2025)

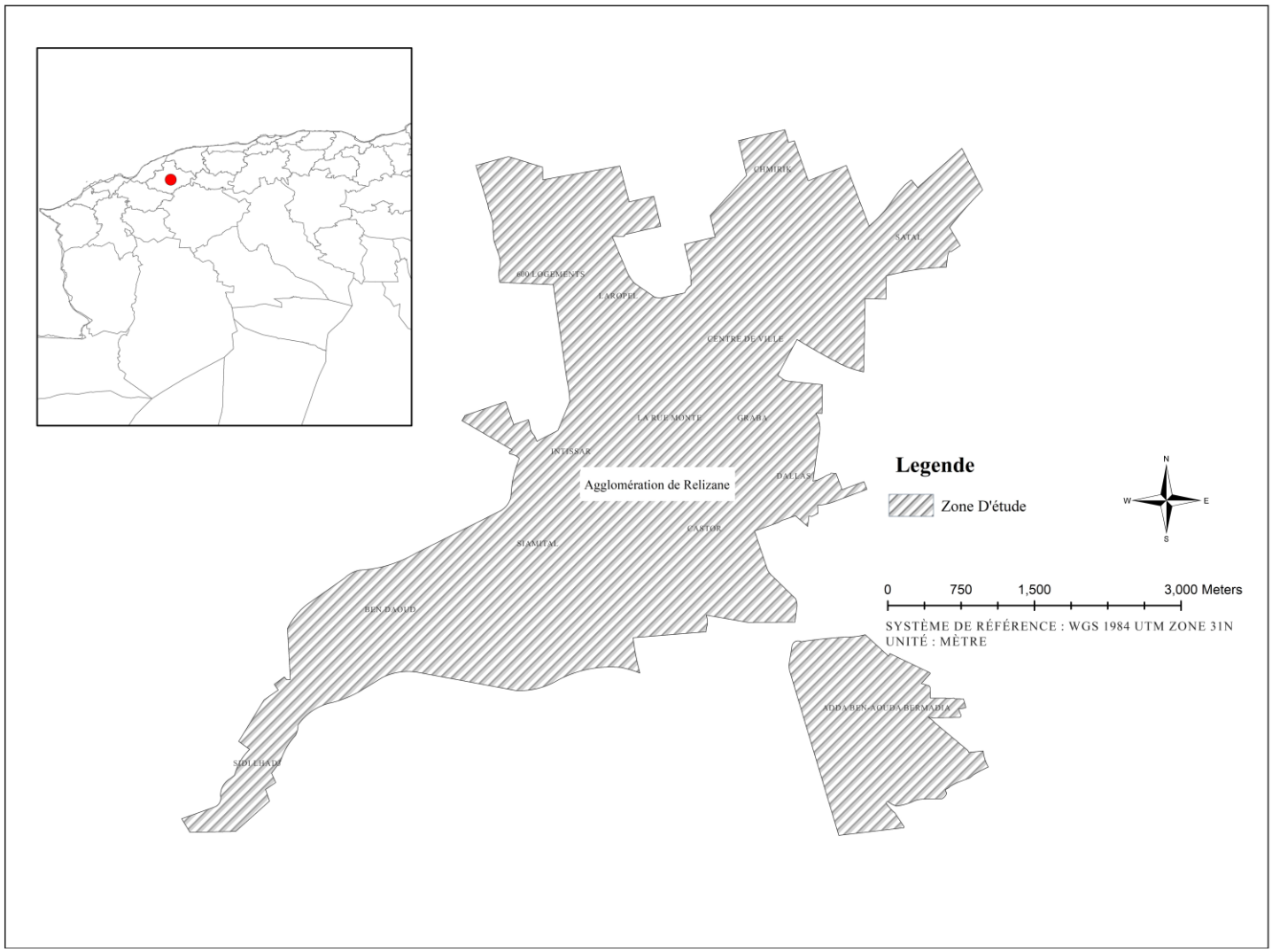


Figure 11 : Carte de localisation géographique de L'agglomération de Relizane

B. La situation administrative de la commune de Relizane

À la suite du découpage administratif de 1966, la région de Relizane se composait de deux daïras rattachées à la wilaya de Mostaganem : Relizane et Oued Rhiou. Cependant, lors du découpage administratif de 1984, la région de Relizane fut érigée en wilaya à part entière, comprenant alors cinq daïras : Ammi Moussa, Oued Rhiou, Mazouna, Relizane et Zemmoura, pour un total de 19 communes.

Le découpage administratif de 1991, qui visait à promouvoir certaines daïras, a porté le nombre des subdivisions administratives de la wilaya de Relizane à treize daïras : Relizane, Yellel, Zemmoura, Mendes, Djidiouia, El Hammadia, Oued Rhiou, Ammi Moussa, Aïn Tarek, El Remka, Mazouna, Sidi M'hamed Ben Ali, et une dernière daïra, pour un total de 38 communes. (Khira, 2011/2012) .

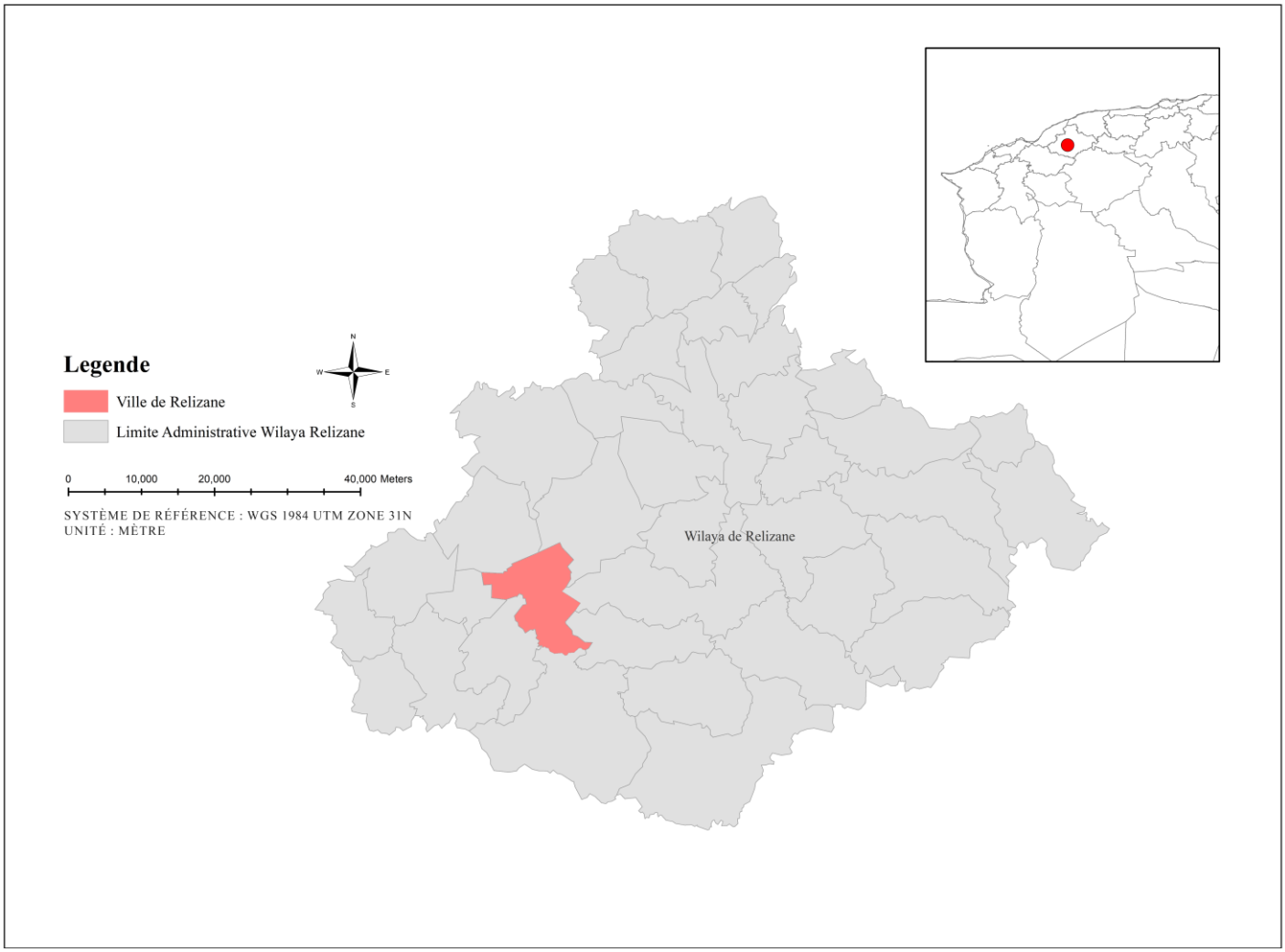


Figure 12 : Carte de situation administrative de L'agglomération de Relizane

2. Historique de développement de tissu urbain. (étude diachronique)

L'étude de l'habitat est étroitement liée à la densité du transport et à l'expansion de son réseau. En effet, l'expansion et la croissance urbaine entraînent nécessairement le développement des infrastructures de transport, sous toutes leurs formes, afin de répondre aux besoins d'une agglomération en pleine croissance et de desservir la majorité de ses quartiers.

L'agglomération de Relizane a connu plusieurs étapes d'expansion urbaine, résumées comme suit :

1850–1876 : Durant cette période, L'agglomération subit des modifications notables de son tissu urbain. En 1851, l'administration coloniale française construisit un petit fort sur la colline où se situe actuellement la ville. En 1853, les premiers colons européens s'installèrent autour de l'actuelle place Mina. En 1857, un centre urbain fut officiellement établi pour environ 4 000 habitants, correspondant aujourd'hui au centre de l'agglomération. Plusieurs infrastructures furent construites, dont un barrage en 1859, suivi en 1869 par un pont reliant Relizane aux villes de l'ouest algérien. Entre 1869 et 1876, L'agglomération devint un chef-lieu communal, bénéficiant de nombreux équipements : une école (fonction éducative), un hôtel de l'agglomération (fonction administrative), une église (fonction religieuse), une brigade de gendarmerie (fonction sécuritaire) et une gare routière. En 1870, L'agglomération de Relizane fut reliée aux villes voisines par la création de lignes ferroviaires. La première ligne reliait Relizane à Oran à l'ouest et à la capitale Alger à l'est, tandis que la seconde reliait L'agglomération à Tiaret au sud et à Mostaganem au nord.

1876 à 1900 : Au début du XXe siècle, un nouveau quartier est apparu dans la ville, destiné principalement à la main-d'œuvre algérienne. Il s'agit du quartier des Znouja, également appelé « village noir », connu aujourd'hui sous le nom de El-Qaraba. Ce quartier se caractérise par un style architectural local typiquement algérien, connu sous le nom de Haouch. Par la suite L'agglomération a connu un développement urbain européen et une expansion vers le sud, en direction du quartier des Znouja (El-Qaraba), en occupant progressivement les terrains non bâtis disponibles.
L'agglomération a également connu la décision de création d'un établissement de santé, à savoir un hôpital, entre les années 1876 et 1878.

1900 à 1956 : L'urbanisation s'intensifia avec l'implantation de réseaux d'irrigation et la fondation d'usines de conditionnement d'olives et de légumes. Entre 1925 et 1927, la première place publique fut créée, ainsi qu'une minoterie coopérative (Coopérative Douk). En

1929, un quartier informel nommé Erreq apparut au sud, suivi en 1930 par une deuxième place publique.

1956 à 1971 : L'insécurité dans les zones rurales due à la guerre d'indépendance entraîna un exode massif vers la ville, marquant la naissance du quartier informel El-Tob en 1956. La densification du tissu urbain transforma Relizane en centre principal d'agglomération en 1957. Des quartiers issus du projet de Constantine, tels que Hay Erraïs, Diar El Ward et Hay Echouk, virent le jour en 1960.

1971 à 1980 : L'agglomération fit face à une grave crise du logement liée à une forte croissance démographique, ce qui mena à l'émergence d'un nouveau type d'habitat : la villa moderne. Des quartiers résidentiels de standing se développèrent, notamment Hay Chadli, Hay Aissat Idir, Hay El Iqama et Hay Ben Aouama.

1980 à 1993 : L'aménagement urbain se poursuivit avec la création de zones d'habitat urbain (ZHUN), dont la première fut réalisée en 1981 à Hay El Intissar. D'autres quartiers virent le jour comme Hay Er-Romane, Hay Barzaka, Hay DNS, Hay Dellas, ainsi que des quartiers informels comme Hay Zeraïa, Hay Chemirik et Hay El Mahatta.

1993 à 1999 : La détérioration sécuritaire de cette période accéléra l'exode rural, provoquant une expansion rapide des quartiers Settal, Souk, An-Najah à l'est, Chemirik, El Mahatta et Charia Djemila au nord. Le quartier Diar El Ward fut entièrement reconstruit en 1998 et ses 140 familles relogées à Hay Aissat Idir. Le quartier informel Zeraïa fut réaménagé avec des logements individuels.

1999 à 2008 : Des logements pour étudiants et instituts universitaires furent construits dans les quartiers Bermadia, El Intissar et El Wafi. Environ 1 000 unités semi-collectives furent distribuées au sud, dans le quartier Bermadia.

2008 à aujourd'hui : L'agglomération poursuit son développement urbain, marqué par l'aménagement des quartiers informels et la création de nouveaux ensembles résidentiels issus d'opérations de relogement, comme Simetal, 1026 logements, 800 logements à Bermadia et 600 logements. L'ensemble de L'agglomération a été équipé en voiries et services publics. (Soumia, 2024)

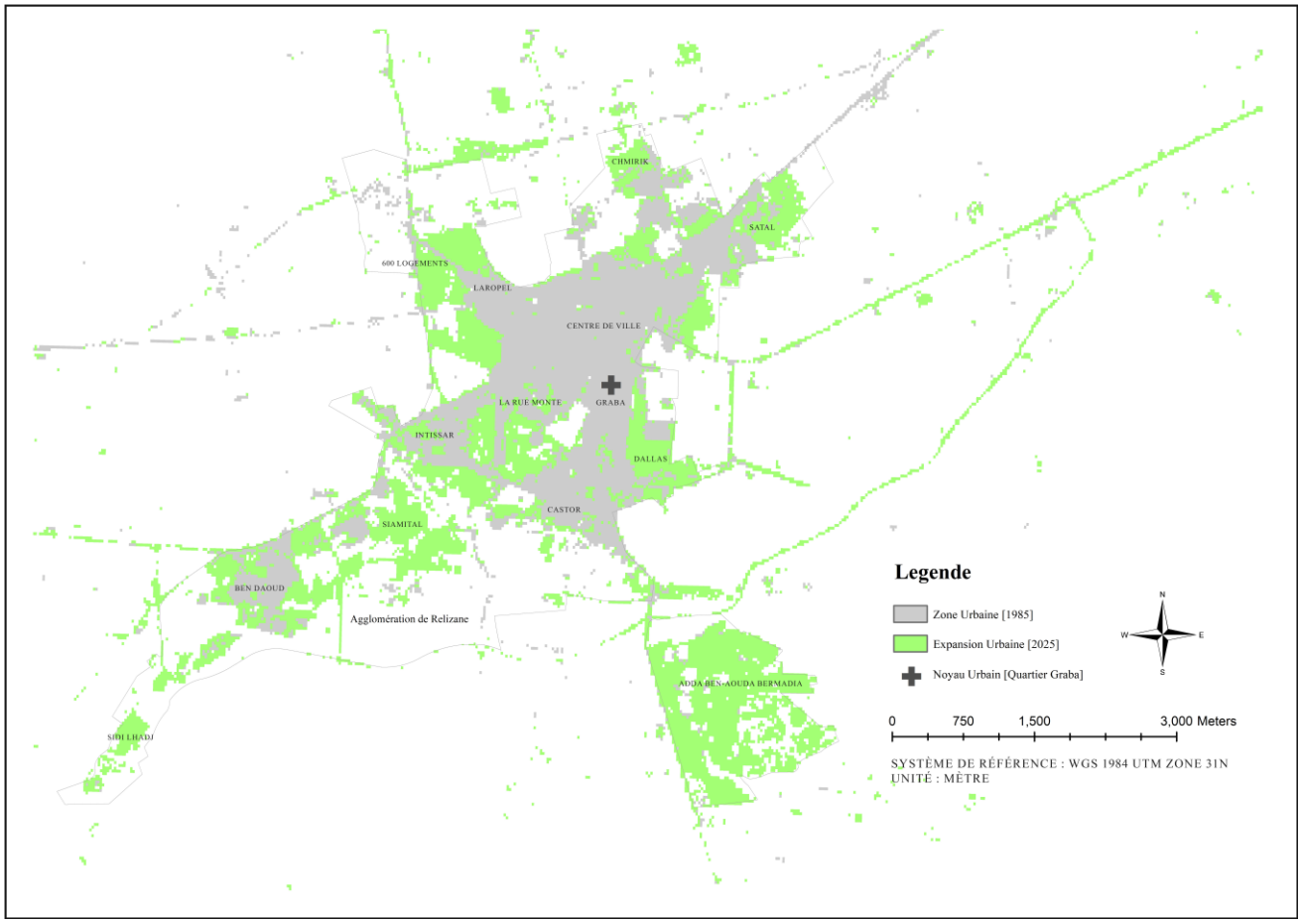


Figure 13 : Carte de l'extension urbaine de Relizane 1985-2025.

3. L'organisation spatiale de L'agglomération (Habitats, équipements, réseau routiers)

3.1. Typologie de l'habitat – une prédominance de logements individuels

L'expansion urbaine de l'agglomération de Relizane a fortement influencé les types de logements. On distingue principalement 3 catégories : L'habitat individuel , L'habitat semi-collectif , L'habitat collectif.

A. Habitat individuel

Le paysage résidentiel de Relizane se caractérise par une importante variabilité en termes d'habitat individuel. L'habitat ancien traditionnel (houch) recourant à la pierre et à la terre, matériaux locaux, se trouve principalement dans les anciens quartiers d'El Tob, Znouja et Erreq, quartier témoignant d'une occupation ancienne, notamment par la population autochtone.

L'habitat européen, matériellement destiné aux colons au temps colonial, se manifeste par des bâtiments de un ou deux étages, souvent mixtes (commerz au rez-de-chaussée), surtout localisés autour du centre-ville et le long des axes principaux .

Dans les quartiers plus récents tels que Aissat Idir, El-Zaytoun ou Lalla Afia, les constructions, d'un style architectural moderne, consistent dans leur majorité en logements de deux ou trois niveaux présentés sous un aspect unitaire et largement en matériaux récents.

Dans une autre mesure, les formes d'habitat précaire résultant d'habitat anarchique, se sont fait jour dans certaines périphéries urbaines, du fait de la crise du logement, phénomène surtout observé dans les territoires nord-est de Stal et sud-ouest de Sidi El Hadj.

B. Habitat collectif

Dans L'agglomération de Relizane, le logement collectif est une réponse à la densification urbaine. « Les bâtiments sont construits pour accueillir le maximum de logements sur les surfaces les plus réduites. » « On peut y recenser trois grandes typologies. ».

Les logements collectifs européens, bâtis à l'époque coloniale présentent, aujourd'hui, un état très avancé de dégradation. Mais, y cohabitent encore des résidents ; ceux-ci sont encore présents notamment dans les rues Cheikh El-Arabi Tebessi, Khemisti et des Étoiles.

Les logements collectifs nouveaux, construits sous différentes formules à l'appel d'un besoin croissant, se déploient sur une hauteur de cinq à six étages ; ils sont localisés dans des quartiers récents comme Adda Ben Aouda (Bermadia), 600 logements, AADL et Mina (CIMETAL). Enfin, les logements urbains nouveaux, introduits dès 1981 dans le cadre d'une politique de contrôle des extensions urbaines sont notables dans les quartiers El-Intissar, Aissat Idir, D.N.C, Dallas, Barzeka et Chadli, notamment.

C. Logement semi-collectif

Le logement semi-collectif se situe dans une posture intermédiaire entre l'habitat individuel et collectif. L'édifice est constitué d'habitations mitoyennes qui possèdent en commun les murs et la toiture. Il conserve encore quelques-uns des attributs du logement individuel, notamment la présence d'une entrée individuelle pour chaque unité. Rarement plus de deux étages, il ne reçoit généralement en son sein que deux ou quatre familles.

On peut le rencontrer à Relizane dans plusieurs quartiers (La Robale, Bechmirik, la Deuxième Gare, l'agglomération Adda Ben Aouda (Bermadia), mais malgré son existence, l'habitat collectif continue de dominer dans l'urbanisme de la ville, surtout dans les quartiers anciens comme Znouja (El-Qaraba), Aissat Idir et Benama Moustafa, où il s'étend à plus de la moitié du tissu urbain.

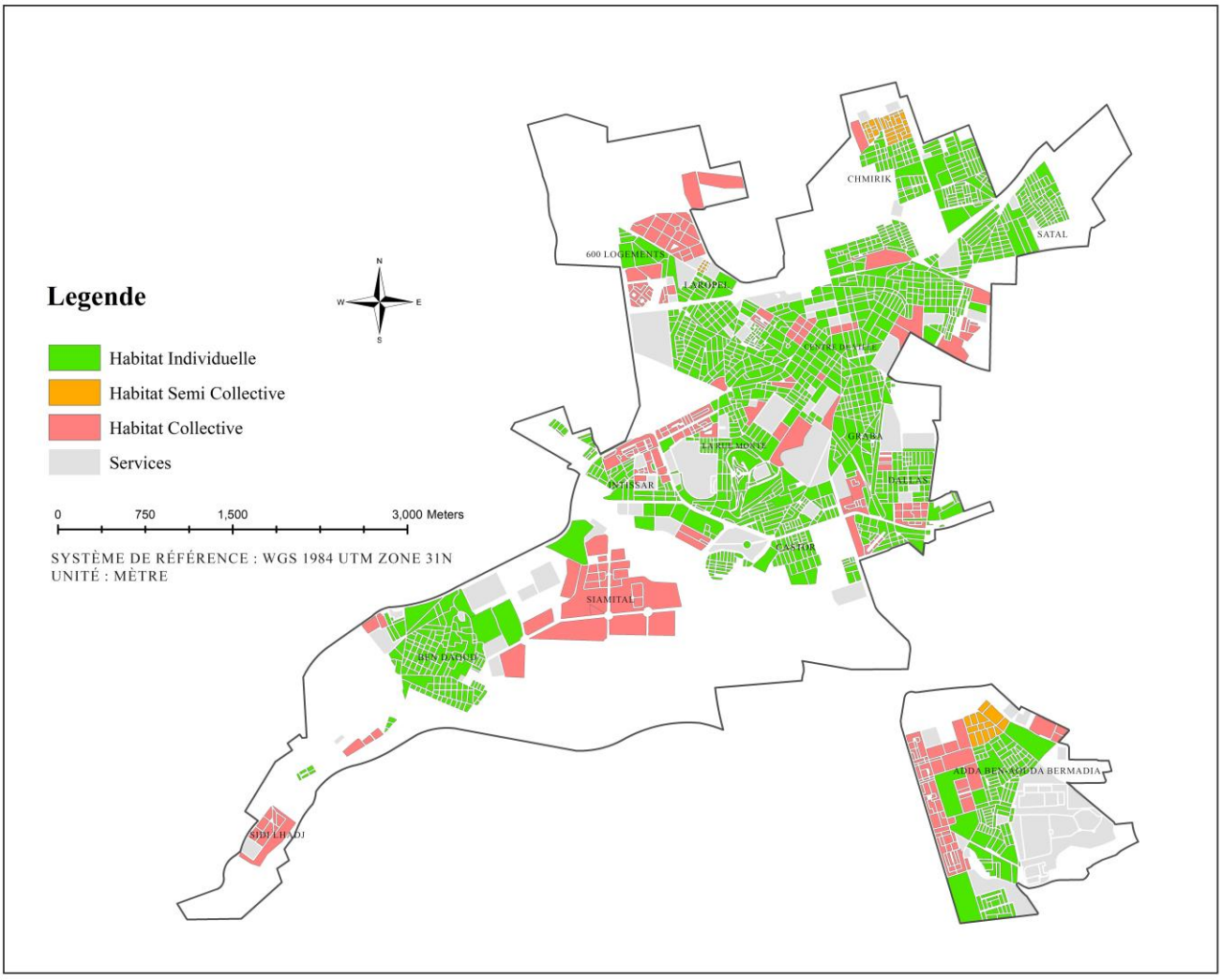


Figure 14 : Carte des types d'habitat dans L'agglomération de Relizane

3.2 Utilisation du sol dans l'agglomération de Relizane

Avec l'augmentation de la population dans les zones urbaines et l'expansion des villes, le besoin d'utiliser le sol et de répartir les services et les équipements s'intensifie pour répondre aux besoins croissants de la population et pour promouvoir le développement urbain.

A. Équipements éducatifs

Le secteur de l'éducation est l'un des secteurs les plus importants dans les zones urbaines, car il constitue un besoin stratégique pour tout plan de développement. Ainsi, l'agglomération de Relizane dispose de plusieurs structures à différents niveaux d'enseignement : 54 écoles primaires, 21 collèges et 13 lycées, en plus de 4 centres de formation et d'enseignement professionnels. En ce qui concerne l'enseignement supérieur et la recherche scientifique, l'agglomération abrite l'université Ahmed Zabana située dans le complexe résidentiel de Adda Ben Aouda, avec une capacité de 11 934 places, ainsi que l'Université de

la Formation Continue (UFC), et l'Institut National Spécialisé de Formation Professionnelle de Relizane. (Relizane D. d., 2025)

B. Équipements sanitaires

Le secteur de la santé joue un rôle fondamental dans l'amélioration du niveau de vie social des populations par l'amélioration de leurs conditions sanitaires. À ce titre, l'agglomération de Relizane, en tant que capitale de la wilaya, dispose d'un hôpital central, de 4 polycliniques situées dans les quartiers Abdelmoumen, Er-Rummane, Ettoub et Bermadia, d'environ 20 salles de soins, de plus de 60 pharmacies, en plus de cliniques privées telles que la Clinique El Walid et la Clinique Es-Sanabel.

C. Équipements religieux

Les équipements religieux jouent un rôle fondamental dans la stabilité des sociétés et leur protection contre la dégradation et les fléaux sociaux. Ils assurent également une fonction éducative et spirituelle essentielle. L'agglomération de Relizane compte ainsi 34 mosquées, parmi lesquelles la Grande Mosquée (Djamaa Ennour), la mosquée Chentouf et la mosquée Okba Ibn Nafiâ, ainsi que 5 salles de prière et 5 zaouïas. (Relizane D. d., 2025)

D. Équipements culturels

Les équipements culturels, comme tous les autres équipements, jouent un rôle crucial dans la réalisation de l'équilibre et le développement personnel des citoyens, en leur permettant de bénéficier du bien-être et de la stabilité. À ce titre, Relizane compte 4 grands centres culturels, 2 maisons de la culture, un centre culturel islamique, l'Institut Régional ainsi que l'Institut Municipal de Musique, une salle de cinéma, 5 maisons de jeunes, un centre de communication et d'animation de la jeunesse au niveau de la wilaya, ainsi que la bibliothèque principale de lecture publique.

E. Équipements industriels

L'industrie contribue à l'élévation du niveau de vie des populations à travers la création d'emplois et la lutte contre le chômage, tout en favorisant le développement des autres activités économiques telles que l'agriculture et le commerce. Ainsi, l'agglomération de Relizane comprend 10 unités de production relevant du secteur public et 33 unités du secteur privé, en plus d'environ 700 petites et moyennes entreprises dans des activités industrielles variées, notamment l'industrie alimentaire, les matières plastiques, les produits détergents et les textiles.

F. Équipements sociaux

Ce type d'institutions revêt une grande importance en raison des services sociaux qu'il offre, contribuant à la réinsertion et à la prise en charge de certaines catégories de la société. Parmi ces structures, l'agglomération de Relizane dispose d'une école pour les jeunes sourds et

muets avec une capacité de 80 places, d'un centre psycho-éducatif pour enfants à mobilité réduite d'une capacité de 60 places, d'un établissement d'aide à l'enfance (0 à 6 ans) pouvant accueillir 30 enfants, ainsi qu'une maison de retraite dotée de 80 lits.

G. Équipements sportifs et récréatifs

Les équipements sportifs et de loisirs jouent un rôle essentiel dans l'amélioration du niveau de vie des citoyens, en leur offrant des moments de détente, d'apprentissage et de développement social. À cet effet, l'agglomération de Relizane comprend plusieurs infrastructures sportives, notamment le complexe sportif Zougari Tahar qui regroupe plusieurs sections : un stade de football, une salle omnisports, une annexe d'entraînement, un complexe olympique, ainsi que deux salles de musculation. Le complexe dispose également de deux piscines, de quatre salles couvertes, d'environ 20 terrains de proximité répartis à travers les quartiers de la ville, d'un centre d'équitation et d'un jardin public. (Relizane D. d., 2025)

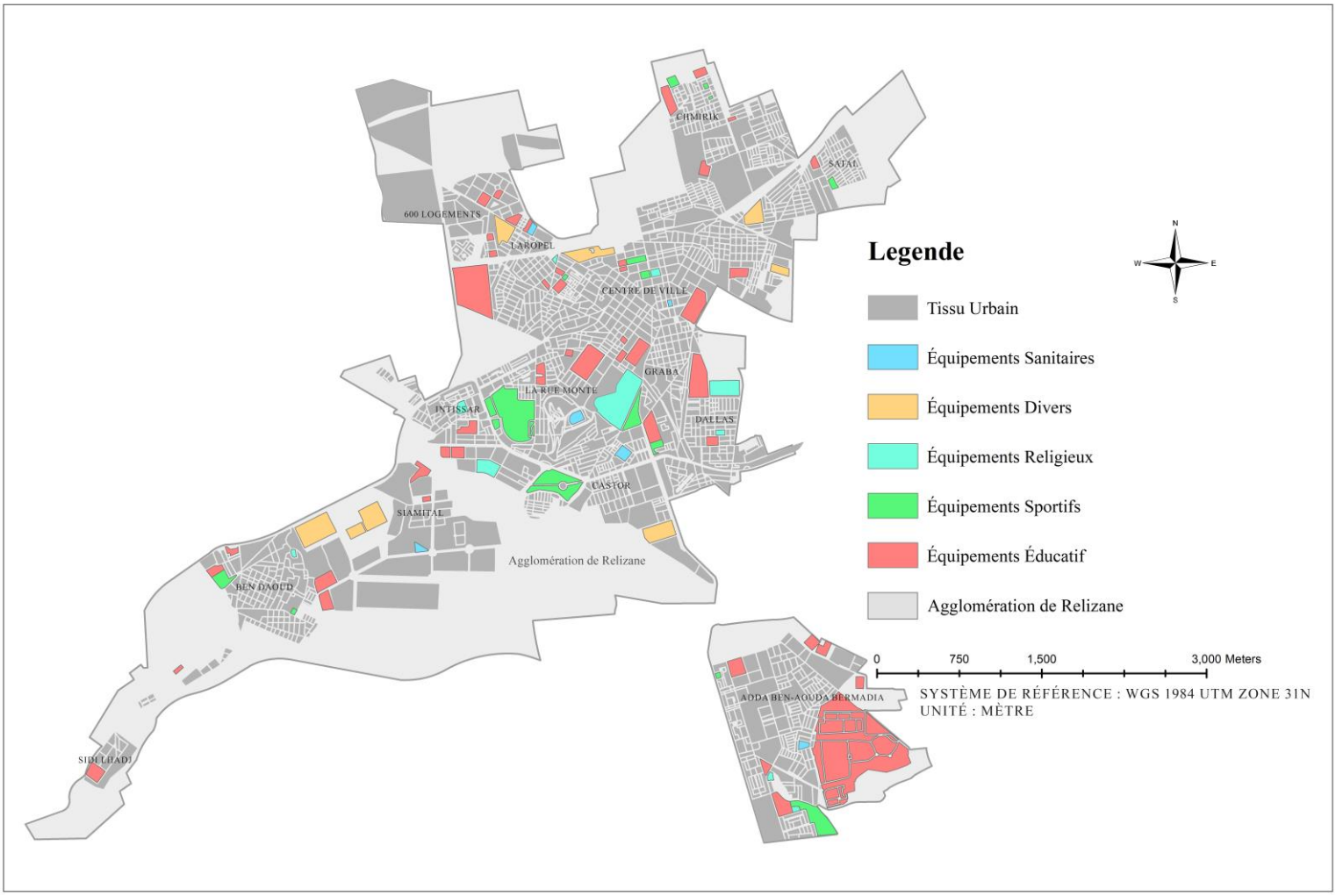


Figure 15 : Carte de la répartition des équipements à Relizane

3.3 Orientation de l'urbanisation future vers la zone nord de l'agglomération

Les résultats de l'étude géotechnique permettent d'identifier la capacité portante des sols pour les bâtiments et les infrastructures, ce qui permet de déterminer les terrains constructibles ainsi que ceux à préserver. Cela contribue également à définir les orientations d'expansion et de croissance de chaque ville ou agglomération urbaine.

Selon cette étude, l'agglomération de Relizane se compose principalement de secteurs urbanisés concentrés au centre-ville et dans les quartiers limitrophes. Les zones non constructibles se trouvent à l'est, ce sont des terres agricoles de bonne qualité qu'il convient de préserver, ainsi que le site archéologique de Mina, situé à la limite nord du noyau urbain d'Adda Ben Aouda (Bermadia).

Le quartier Adda Ben Aouda, au sud de l'agglomération de Relizane, est né de l'expansion de la ville dans cette direction. Il est partiellement urbanisé, tandis que le reste, en direction de Douar Echaritia, est considéré comme constructible selon le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU). Au sud-ouest, entre le centre de Relizane et le noyau urbain de Ben Daoud, une zone a été programmée pour l'urbanisation ; une partie en a déjà été utilisée avec l'apparition d'un nouveau quartier urbain, celui de Mina (SIA Matel).

Cette zone est toutefois limitée par la conduite de gaz et les terres agricoles, ce qui constitue un frein à l'expansion.

Quant au nord de l'agglomération, en direction de la voie ferrée, un plan a été établi pour l'urbanisation de certains secteurs, en raison du caractère stratégique de cette zone. Il s'agit de terrains à faible productivité agricole. Cette orientation présente un croisement stratégique entre la route de wilaya CW13, l'autoroute Est-Ouest et la nouvelle ligne ferroviaire reliant Oran à Alger, ce qui confère à cette zone une fonction de liaison entre l'espace urbain actuel et les zones à urbaniser à l'avenir, en direction de la zone d'activités industrielles de Belacel Bouzegza (PDAU, 2017)

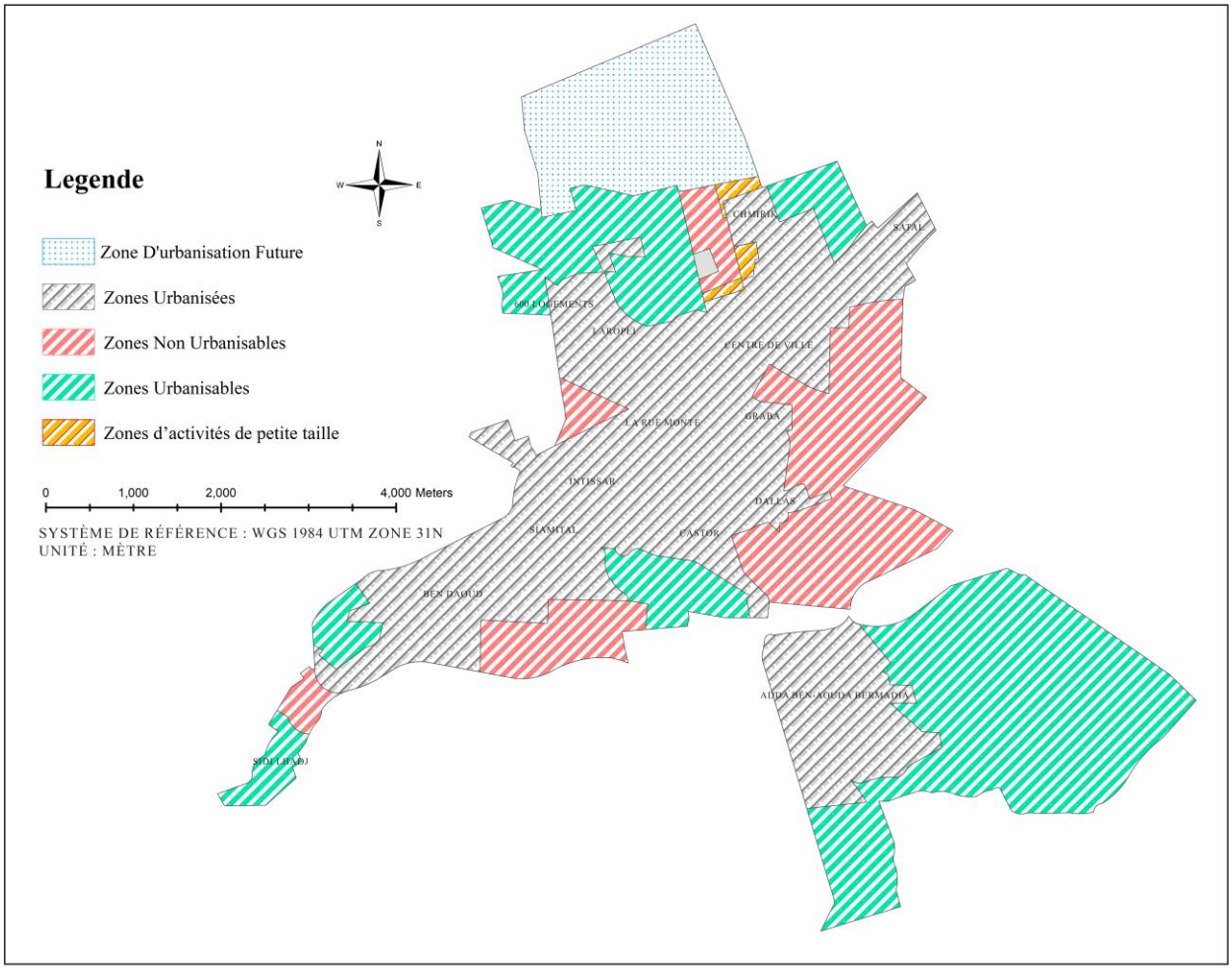


Figure 16 : Carte d'orientation de l'urbanisation future

3.4 La population de l'agglomération de Relizane en constante augmentation

Comme de nombreuses autres villes, Relizane a connu un développement notable de sa population, en grande partie grâce au découpage administratif de 1984, qui a vu la région accéder au statut de wilaya. Cela lui a permis de bénéficier de nombreux projets de développement, notamment l'amélioration du réseau routier et des moyens de transport, ainsi que le renforcement des routes nationales pour mieux relier l'agglomération de Relizane aux villes voisines. Plusieurs projets de logements ont également été réalisés pour répondre aux besoins croissants des habitants, tels que les quartiers Er-Romane et D.N.S.

Le secteur agricole a été soutenu par le développement et l'aménagement des terres agricoles, contribuant ainsi à l'augmentation de la production. D'autres projets de développement ont concerné les secteurs de la santé et de l'éducation. Tous ces investissements ont rendu L'agglomération plus attractive, provoquant un accroissement du flux migratoire

depuis les zones environnantes vers le centre-ville. La croissance naturelle a également joué un rôle important dans cette dynamique démographique.

Ainsi, le centre-ville a connu une forte croissance, nécessitant l'orientation du développement urbain vers de nouvelles zones : au sud-ouest vers l'agglomération de la commune de Ben Daoud, au sud-est vers le quartier Adda Ben Aouda (Bermadia), et au nord jusqu'aux limites de la nouvelle ligne ferroviaire. La population de l'agglomération principale de Relizane (ACL) était de 78 714 habitants en 1987, contre 39 399 en 1966, soit une augmentation de 48 315 habitants. D'après le recensement de 1998, la population a atteint 104 455 habitants, avec un taux de croissance annuel moyen de 2,5 % entre 1987 et 1998.

La population de l'agglomération de Ben Daoud était de 6 900 habitants en 1987, atteignant 10 380 en 1998, avec un taux de croissance de 3,7 %. Après saturation du centre-ville, il a fallu exploiter de nouveaux espaces pour répondre à la demande résidentielle croissante. Ainsi, le quartier Adda Ben Aouda (Bermadia) est apparu en 1993 avec 3 594 habitants selon le même recensement.

En 2008, la population de l'agglomération Relizane-Bermadia était de 127 271 habitants. Durant cette période, un nouveau noyau urbain a vu le jour : le quartier de Mina (Simetal), reliant L'agglomération de Relizane à l'agglomération de Ben Daoud. En 2010, l'agglomération englobait aussi cette dernière, dont la population atteignait 13 565 habitants, portant la population totale de l'agglomération de Relizane à environ 140 836 habitants.

Selon les estimations finales du Bureau des statistiques de la commune de Relizane à la fin de 2014, la population a continué d'augmenter pour atteindre 167 100 habitants. Le taux de croissance moyen pour la période 2008-2014 a été d'environ 2,1 % pour l'ACL Relizane-Bermadia, contre 2,7 % pour l'ACL Ben Daoud.

Les projections finales pour 2024 estiment la population à 210 500 habitants. En 2034, la population pourrait atteindre environ 275 000 habitants, avec un taux de croissance prévu de 2,7 % pour l'agglomération Relizane-Bermadia, et de 2 % pour celle de Ben Daoud sur la période 2024-2034. (mairie, 2025)

Tableau 1 : Évolution de la population de l'agglomération de Relizane entre 1966 et 2034

Année	1966	1987	1998	2008	2014	2024	2034
Agglomération de Relizane (urbain)	39 399	78 714	104 455	109 689	150 300	190 000	250 000
Agglomération de Bendaoud (urbain)	//	//	3 594	17 582			
Agglomération de bermadia (urbain)	1200	6 900	10 380	13 565	16 800	20 500	25 000
Total (urbain)	40 599	85 614	118 429	140 836	167 100	210 500	275 000

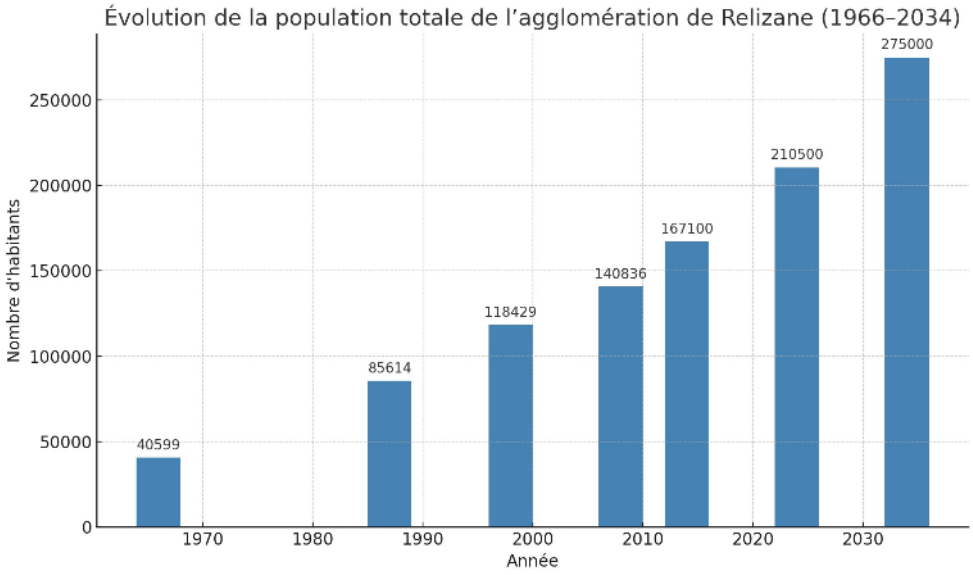


Figure 17 : Évolution de la population totale de l'agglomération de Relizane (1966–2034)

3.5 Le réseau routier

Le réseau routier joue un rôle fondamental dans la structuration de l'espace urbain de la wilaya de Relizane, car il constitue la base du système urbain. L'autoroute Est-Ouest traverse la wilaya de Relizane sur une distance de 87 km. Elle se distingue par le passage de cinq routes

nationales qui la relient aux wilayas voisines, ce qui lui confère une grande importance en tant que point de transit et carrefour stratégique reliant l'Est à l'Ouest et le Nord au Sud.

A. Deux routes nationales traversent l'agglomération de Relizane

Les routes nationales représentent les grands axes structurant l'espace, facilitant les déplacements et assurant la connectivité entre l'agglomération et les wilayas limitrophes. Elles garantissent également les échanges issus de l'activité urbaine et économique à l'échelle régionale (Sidi Ahmed Nour Eddine I. C., 2011) .

Deux routes nationales traversent l'agglomération de Relizane :

- La route nationale n°04 : Relie l'agglomération de Relizane à Mascara et à Chlef (sur une distance de 90,93 km).
- La route nationale n°07 : Relie l'agglomération de Relizane à Mascara (sur une distance de 25,82 km). (Direction des Transports de la Wilaya de Relizane , 2025)

B. Le réseau routier de wilaya complète le réseau routier national

Les routes de wilaya jouent un rôle important dans l'organisation de l'espace en reliant les différentes communes de la wilaya entre elles. Elles ont un impact positif sur les zones périphériques, constituant ainsi un réseau complémentaire aux routes nationales. Le réseau routier de wilaya de Relizane comprend 21 routes, s'étendant sur une longueur totale de 496,136 km, reliant l'agglomération principale de Relizane aux autres communes ainsi qu'aux wilayas voisines. (Sidi Ahmed Nour Eddine I. C., 2011)

C. Les routes communales : assurer la connectivité entre l'agglomération et les autres communes

L'importance des routes communales n'est pas moindre que celle des routes mentionnées précédemment. Elles remplissent également une fonction essentielle de liaison entre les centres et les agglomérations. Ce sont les voies les plus répandues dans la wilaya. En effet, la wilaya de Relizane dispose d'un réseau de routes communales d'une longueur totale de 2 186,6 km, traversant l'ensemble des communes de la wilaya. (Khaled, 2010/2011)

D. Réseau ferroviaire

La wilaya de Relizane est traversée par une ligne ferroviaire de 93 km, partant de la limite orientale avec la wilaya de Chlef jusqu'à la limite occidentale avec la wilaya de Mascara (au niveau de Mohammadia).
Ce réseau comprend cinq gares principales, dont celle de l'agglomération de Relizane. Il assure le transport des marchandises ainsi que des passagers.

E. Classification administrative du réseau routier dans l'agglomération

L'agglomération de Relizane dispose d'un réseau d'infrastructures qui la rapproche des grands centres urbains, lui conférant une place importante au sein du réseau routier régional à travers plusieurs axes majeurs :

L'autoroute Est-Ouest, située à environ 6 km au nord de l'agglomération, au niveau de la commune de Belacel Bouzegza, assure une liaison rapide entre l'agglomération et les villes d'Oran et d'Alger, ainsi qu'avec de nombreuses infrastructures comme les ports et les aéroports d'Oran, Mostaganem et Chlef.

La Route Nationale n°04 (RN4) joue un rôle stratégique dans les relations entre la région Ouest et la région Centre, en traversant l'agglomération principale de la wilaya.

La Route Nationale n°07 (RN7), conçue pour dynamiser les plaines de l'intérieur du Nord-Ouest, relie l'agglomération aux villes intérieures telles que Mascara, Sidi Bel Abbès et Tlemcen.

La routes de wilaya n°13 (W13) : Cette route assure la liaison entre l'agglomération et, d'une part, la commune de Sidi M'Hamed Ben Aouda au sud-est, et d'autre part, la commune de Belacel Bouzegza au nord.

Les lignes ferroviaires, comprenant trois axes principaux :

- Ligne Oran – Alger
- Ligne Relizane – Tiaret
- Ligne Mostaganem – Relizane . ((PDAU), 2017)

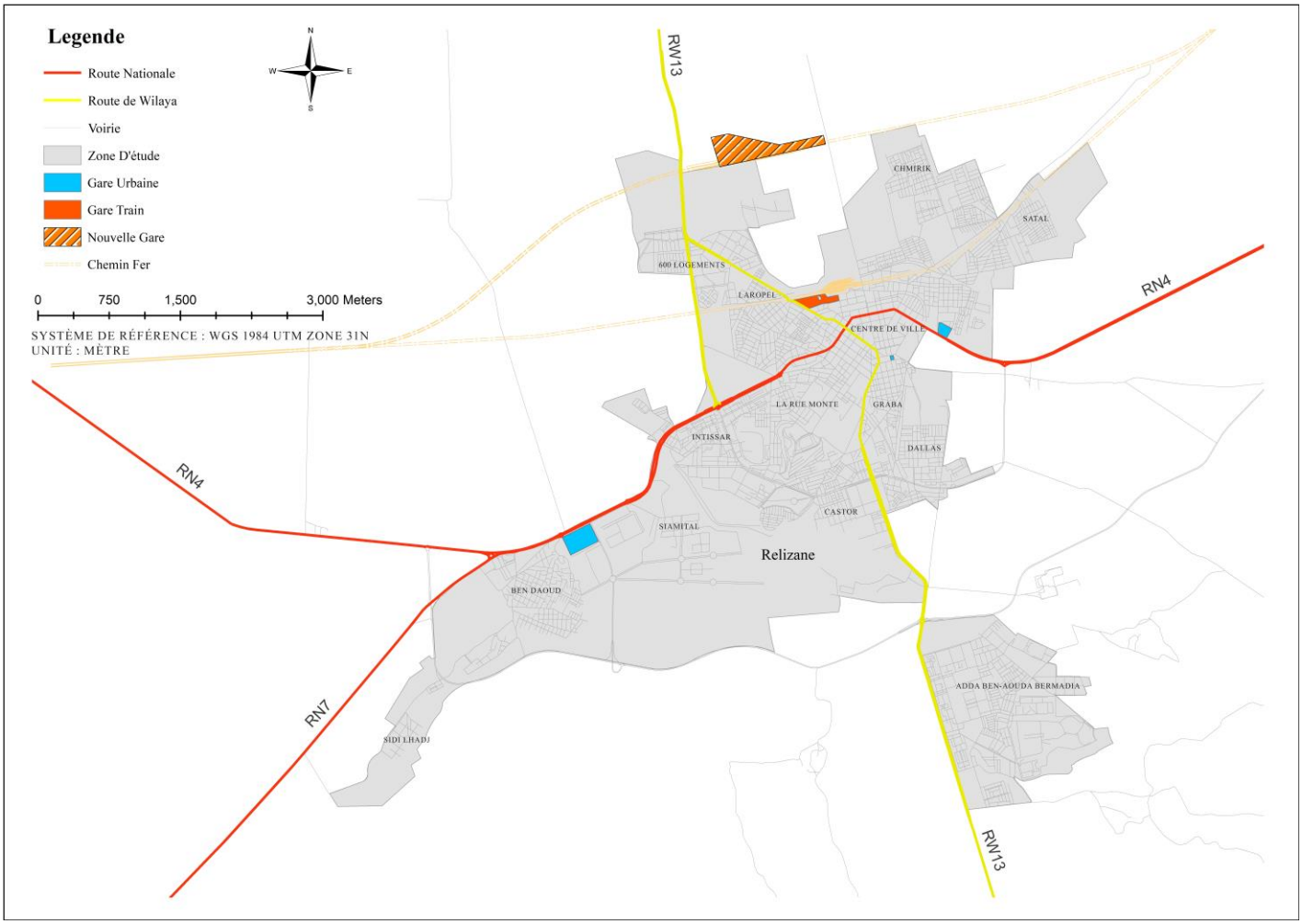


Figure 18 : Carte du réseau routier de L'agglomération de Relizane

F. Classification fonctionnelle du réseau routier à l'intérieur de l'agglomération

- Les voies primaires : Les voies primaires sont considérées comme les plus efficaces en matière de circulation rapide. Elles se distinguent par leur qualité de construction et d'équipement, assurant une fluidité optimale. Cela permet de réduire les retards et les embouteillages grâce à leur largeur, qui facilite la circulation dans les deux sens, même en cas de forte pression. De plus, les routes primaires jouent un rôle crucial dans la connexion des pôles urbains à l'intérieur des villes. (Derbal, 2015/2016) L'agglomération de Relizane dispose d'un certain nombre de voies primaires le long de la Route Nationale n°04, notamment :

- Avenue Mohamed Khemisti
- Avenue Aouad Ben Djabar
- Boulevard périphérique sud de Relizane

- Les voies secondaires : Ce type de routes est moins performant que les voies primaires en termes d'équipement et d'usage. Elles sont généralement plus étroites, mais elles assurent la

continuité du réseau en se ramifiant à partir des voies primaires pour distribuer la circulation entre les différents quartiers de l'agglomération. Relizane dispose de plusieurs voies secondaires en bon état, parmi lesquelles :

- Rue 11 Décembre
- Rue Zougari Tahar
- Rue El Hadj Laroussi
- Rue Docteur Bekhloua
- Rue Larbi Tebessi (Derbal, 2015/2016)

- Les voies tertiaires : Ces voies permettent de relier les habitations aux routes secondaires. Elles se trouvent à l'intérieur des quartiers résidentiels. Certains quartiers de l'agglomération de Relizane souffrent d'un manque d'entretien et d'un état de dégradation de ces voies tertiaires. (Derbal, 2015/2016)

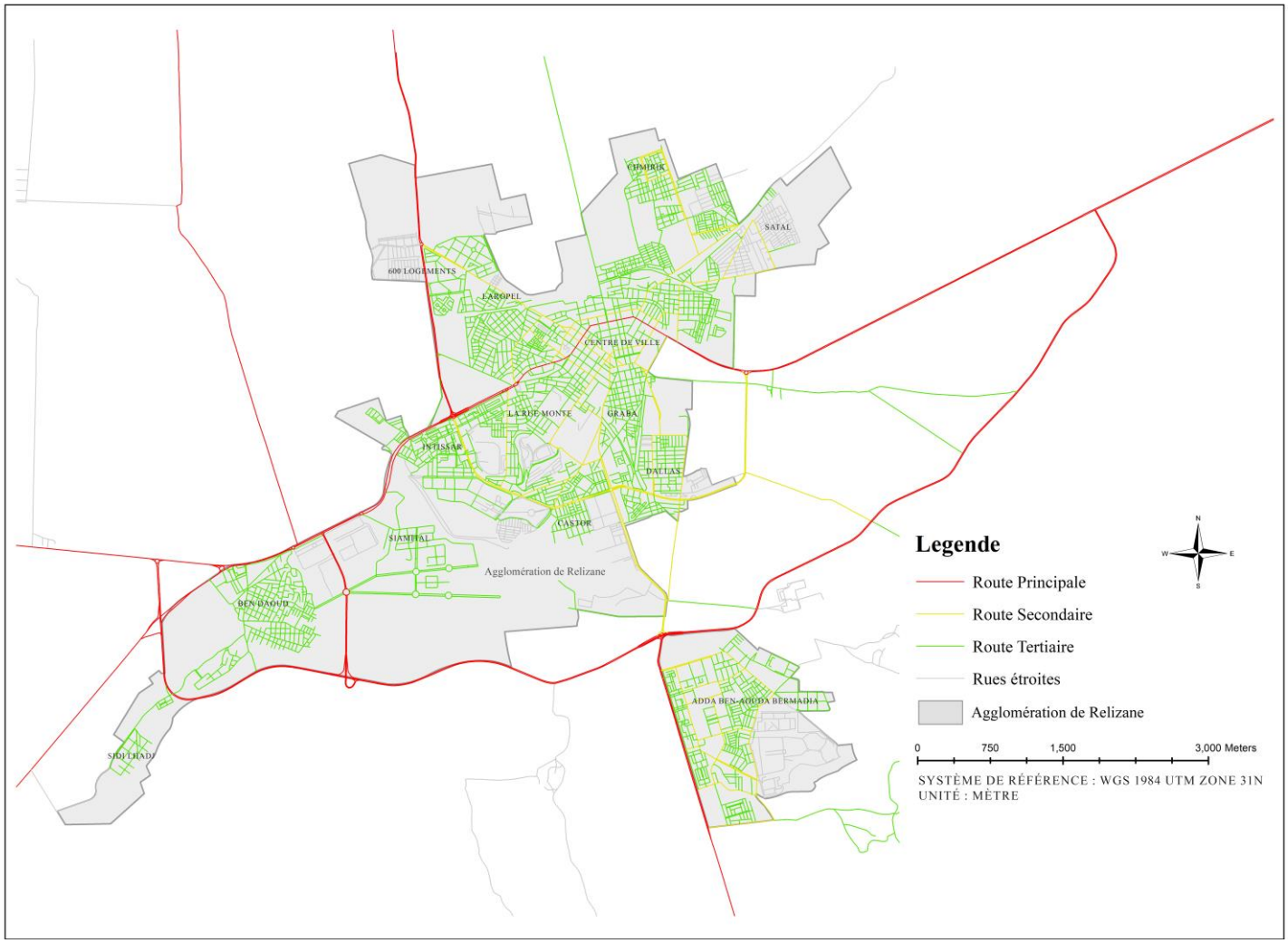


Figure 19 : Carte de la Classification fonctionnelle du réseau routier de L'agglomération relizane

3.6 Trois stations responsables de l'organisation du transport dans l'agglomération de Relizane

Les infrastructures de base sont devenues d'une importance capitale pour le tissu urbain, en réponse à l'évolution rapide à l'échelle mondiale. Parmi les infrastructures clés qui structurent le secteur du transport urbain, figurent les stations. L'agglomération de Relizane dispose d'une station routière pour le transport interwilayas (entre les wilayas) et intercommunale, ainsi que d'une station urbaine pour le transport à l'intérieur de la ville.

A. La station routière Ben Daoud

La station routière Ben Daoud est située à l'entrée ouest de l'agglomération de Relizane, précisément dans l'unité urbaine de Ben Daoud, à environ 5 km du centre-ville. Elle couvre une superficie totale d'environ 8 hectares, dont 1,4 hectare de surface bâtie. La station a débuté ses activités réelles le 1er février 2012 (Amir, 2014). Elle dispose de 20 quais et une surface totale allouée aux voitures de 25 000 m², tandis que l'espace dédié aux autobus mesure 10 000 m². En termes de services, la station Ben Daoud comprend 42 commerces, dont seulement 8 sont exploités, les autres étant fermés.

La station dispose également d'une partie réservée à l'entrée des autobus de transport urbain du secteur public (ligne n° 116, station routière - Bermadia), facilitant ainsi les déplacements des passagers.



Figure 20 : La station routière Ben Daoud (Roumaissa, 2024)

B. La nouvelle station urbaine (Rumman)

La nouvelle station urbaine Rumman est une station existante qui était initialement une station routière pour le transport des passagers entre les wilayas. Après sa fermeture, elle a été réaffectée en tant que centre pour l'établissement public de transport urbain et suburbain. Sa superficie totale est de 2376 m², dont 88 m² sont réservés pour le siège de l'établissement. La station a rouvert et a commencé à accueillir 15 lignes suburbaines en provenance de la zone orientale de la wilaya, et elle est utilisée comme point d'arrêt obligatoire avant d'arriver à la station routière principale Ben Daoud, avec un total de 150 bus desservant 28 communes situées dans l'est de la wilaya.

Le 16 juillet 2023, tous les départs des lignes urbaines ont été transférés de la station de Betouar vers la nouvelle station urbaine Rumman. (Direction, 2025)

En termes d'équipements, la nouvelle station urbaine dispose de quelques installations nécessaires, comme des aires de stationnement et de l'éclairage public, mais elle souffre de l'absence de commerces, à l'exception de quelques petits kiosques.



Figure 21 : La nouvelle station urbaine (Roumaissa, 2024)

C. L'ancienne station urbaine (Betouar)

L'ancienne station urbaine (Betouar) est située dans le quartier des habitants proches entre la rue Rouina et la rue Oulad Nail. Sa superficie est d'environ 2179,32 m². La capacité d'accueil de la station urbaine Betouar était de 129 bus en 2017, un nombre considérable par rapport à la taille de la station, qui était insuffisante. L'ancienne station urbaine Betouar dispose

de 4 quais entourés de diverses installations et commerces de services. Elle se trouve au centre du tissu urbain du complexe. (CNTS, 2017)

Le manque d'espace de la station, sa saturation par les bus, et la pression élevée exercée sur elle, ajoutés à l'exploitation des rues avoisinantes par les vendeurs ambulants pour le commerce informel, ont engendré de nombreux problèmes sociaux, tels que des vols et des accidents de la circulation. De plus, le manque d'infrastructures nécessaires a conduit à une décision de la wilaya de transférer la station de Betouar à la station routière ancienne Rumman, à partir du 16 juillet 2023 (Direction, 2025) .



Figure 22 : L'ancienne staion urbaine de Batouar avant son transfert (Roumaissa, 2024)



Figure 23 : Carte de localisation des stations de transport à l'agglomération Relizane

4. Présentation et cartographie de réseau de transport et des abribus

4.1 Le réseau de transport urbain (collectif et individuel) de l'agglomération de Relizane

Le transport urbain structure l'espace urbanisé et relie les différentes parties de l'agglomération. La communication y est centrée sur l'expansion urbaine continue, ce qui engendre une augmentation de la distance entre les zones résidentielles et les lieux de travail ainsi que les divers équipements. Cela impose une extension du champ du transport urbain, le développement de son parc, l'intensification de ses moyens et de toutes les structures qui l'organisent.

Le secteur privé du transport urbain collectif contribue à relier différents points des noyaux d'habitat à l'intérieur de l'agglomération urbaine. Cela se fait à travers l'encouragement des investissements privés dans le secteur du transport, ce qui permet de renforcer le parc de ce type de transport. Le réseau est élaboré par la direction des transports selon des critères précis

afin d'assurer une couverture de tous les quartiers de la ville, en particulier ceux à forte densité de population, pour faciliter les déplacements. Il met l'accent sur l'efficacité énergétique dans toutes les activités sociales et économiques permettant le développement et l'essor de l'agglomération. (directeur, 2023)

Le nombre de lignes de transport urbain du secteur privé dans l'agglomération de Relizane est de 19 lignes, dont 9 sont actives. Les 10 autres lignes sont inactives, en raison notamment de l'absence d'un itinéraire interne défini ou du retrait des transporteurs. Ces lignes incluent, entre autres, les trajets suivants : station urbaine – D.N.S., hôpital Mohamed Boudiaf, Barzek, Roman, Intissar ligne 11, Ennajah, et ligne station routière – Intissar. (directeur, 2025)

On estime actuellement à 93 le nombre d'opérateurs assurant les lignes de transport urbain en activité, avec un total de 103 véhicules, chacun ayant une capacité de 35 places ou plus. Ainsi, la capacité globale offerte s'élève à 4 635 sièges, répartis sur neuf lignes, comme présenté dans le tableau … . (la figure n°23 : illustre quant à elle le tracé de chaque ligne).

Tableau 2 : Lignes de transport urbain relevant du secteur privé

Code de la ligne	Point de départ	Point d'arrivée	Longueur de la ligne (km)	Nombre d'opérateurs	Nombre de véhicules
483001	station urbaine	Quartier El Intissar	3	7	7
483002		Quartier Azraïa	2	4	4
483003		Quartier bermadia	5	23	24
483005		Quartier dallas	1	3	4
483007		Quartier satal	3	10	11
483008		Quartier chemirik	4	7	7
483015		Quartier Ben Daoud	8	23	28
483017		Quartier 600 logements	2	8	9
483019		Quartier Sidi El Hadj	9	8	9

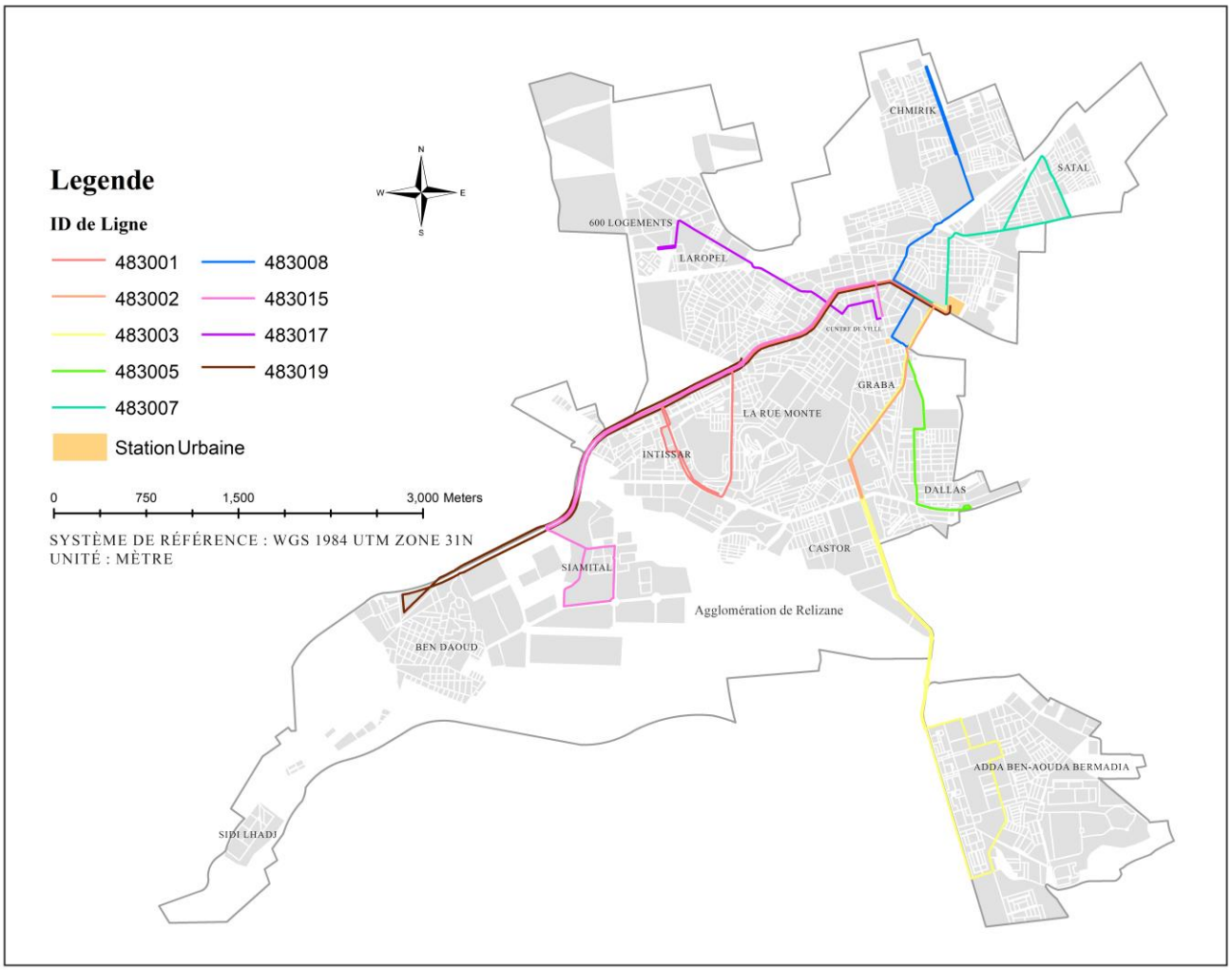


Figure 24 : Carte des lignes de transport urbain du secteur privé dans l'agglomération de Relizane

Le transport urbain assuré par le secteur public constitue une composante essentielle du système de transport collectif, axée sur l'amélioration de la qualité du service à l'intérieur des villes, dans le but d'assurer le confort, la régularité et la sécurité des déplacements.

À Relizane, ce service est assuré par l'Établissement Public de Transport Urbain et Suburbain (EPTUS), une entreprise publique à caractère industriel et commercial (EPIC), chargée de la gestion du réseau de transport au niveau du pôle urbain de Relizane. (Djaballah, 2021)

En situation normale, cette entreprise mobilise 20 autobus du type 1910066, répartis sur six lignes urbaines selon un schéma établi par la Direction des Transports. Ces véhicules offrent plus de 2 000 places assises et debout, et une navette supplémentaire est maintenue en réserve.
Les points de départ et d'arrêt sont définis précisément à travers une carte de parcours officielle attribuée à chaque ligne.

Tableau 3 : Répartition des lignes de transport urbain relevant du secteur public

Code de la ligne	Point de départ	Point d'arrivée	Longueur de la ligne	Nombre de véhicules
116	station routière	Bérmadia	13 km	8
107	Quartier Satal	Siametal	9 km	3
108	Quartier Chemirik	Siametal	10 km	2
122	station urbaine	Siametal	12 km	2
117		Quartier 600 logements	5 km	2
103		Quartier 800 logements	5 km	2

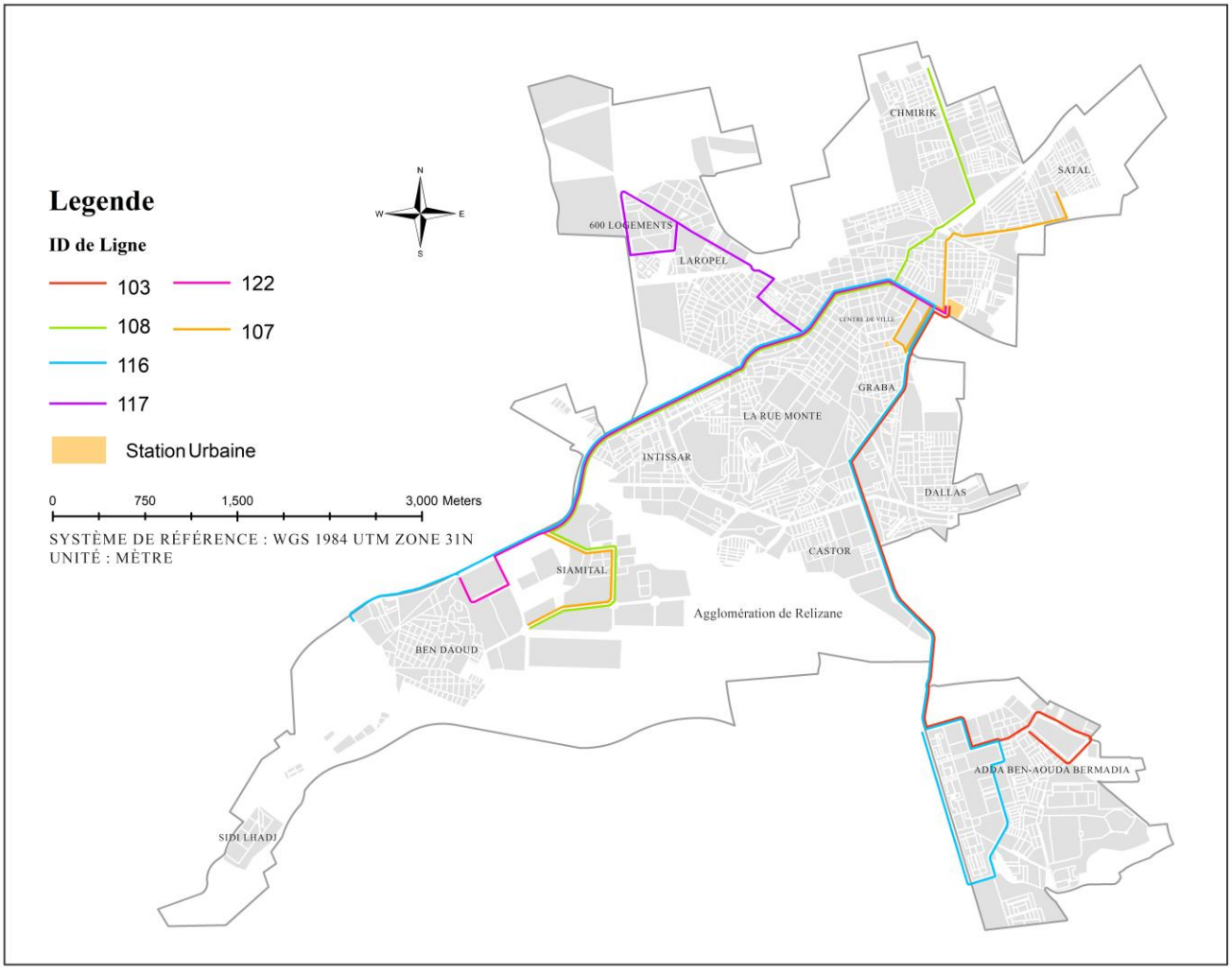


Figure 25 : Carte des lignes de transport urbain du secteur public dans L'agglomération de Relizane

Chapitre 3 Résultats et comparaison avec l'état actuel

Chapitre 3 : Résultats et comparaison avec l'état actuel

1. Diagnostic de la répartition actuelle des abribus

La ville de Relizane dispose actuellement d'un réseau d'arrêts de bus dont la répartition est historiquement héritée, sans véritable mise à jour pour accompagner l'évolution rapide du tissu urbain et des dynamiques de peuplement. L'objectif de cette première étape est de dresser un état des lieux objectif de l'accessibilité aux arrêts existants, afin d'en évaluer la couverture spatiale réelle et les limites.

L'analyse repose sur le calcul de la distance minimale entre chaque îlot urbain et l'arrêt de bus le plus proche, ces distances étant ensuite agrégées par quartier pour en tirer une tendance générale. L'accessibilité est par ailleurs classée en trois niveaux : bonne (<150 m), moyenne (150–300 m) et faible (>300 m).

1.1 Analyse par quartier

Le tableau suivant présente, pour chaque quartier identifié, le nombre d'îlots concernés, ainsi que la distance moyenne observée entre ces îlots et les arrêts actuels.

Tableau 4 : Traitement des distances par l'outil « Near » sur ArcGIS 10.8

Quartier	Nombre d'îlots	Distance Moyenne (m)
SIDI LHADJ	15	1907.279497
ADDA BEN-AOUDA BERMADIA	222	608.7964646
DIAR EL-OUARD	5	602.1708847
CITÈ SAADA	43	551.5643369
CITÈ RESIDENTIEL	3	506.8261909
BEN DAOUD	140	486.415598
ZAGHLOUL 1	69	435.6948225
CITÈ RAK	6	419.0786041
ADL LAROPEL	18	399.3053519
CITÈ SAADA	59	391.0618848
LALA AFIA	57	357.630966
LA RUE MONTE	57	344.4280691
SIAMITAL	20	330.2130085
DEUXIÈME GARE	18	328.7388366

CHMIRIK	88	304.5468859
ISAT IDIR	26	293.1743279
LES OULIVIÈRS	19	289.2422976
DNC TOB	18	288.0225545
ELHOFRA	28	287.4506318
MONTE VISO	46	286.9833969
BEREZGHA ABDELKADER	73	283.9553614
ZIRAAYA	39	277.2162672
CITÈ ROMANNE	66	261.4503533
SATAL	60	256.3777458
VILLAGE SANAFIR	14	255.9080018
COMPLEX	39	246.7588789
TOB	38	241.7983975
CITÈ CHADLI HMIDA	34	241.0048214
OFLA	12	227.4791645
INTISSAR	118	218.974669
600 LOGEMENTS	13	215.2173144
ZAGHLOUL 2	60	213.0447775
CENTRE DE VILLE	115	208.3767803
GRABA	52	193.7004302
CITÈ DES TRAVAILLEURS	12	188.6928881
DALLAS	81	177.8600913
CASTOR	30	175.4392377
LAROPEL	40	162.6653447

Ces valeurs montrent une forte variabilité spatiale. Si certains quartiers du centre-ville bénéficient d'une accessibilité acceptable (moyenne < 250 m), d'autres zones comme SIDI LHADJ présentent une distance moyenne supérieure à 500 mètres, traduisant une mauvaise couverture par les infrastructures actuelles.

1.2 Répartition des îlots par niveau d'accessibilité

En complément de l'analyse par quartier, les îlots ont été regroupés en trois classes d'accessibilité.

Tableau 5 : Répartition des îlots par niveau d'accessibilité

Niveau d'accessibilité	Nombre d'îlots
Bonne (< 150 m)	371
Moyenne (150–300 m)	789
Faible (> 300 m)	693

Cette répartition met en évidence que près de 50 % des îlots étudiés se situent à plus de 300 mètres de l'arrêt de bus le plus proche, ce qui constitue un frein majeur à l'usage quotidien du transport collectif, notamment pour les populations âgées, les enfants et les usagers non motorisés.

1.3 Visualisation cartographique complémentaire

A. Emplacement estimé des arrêts actuels de bus

Une carte a été produite pour représenter l'emplacement approximatif des arrêts de bus actuellement utilisés à Relizane, tels qu'identifiés à partir d'observations de terrain, d'imagerie satellite et d'informations recueillies auprès des habitants.

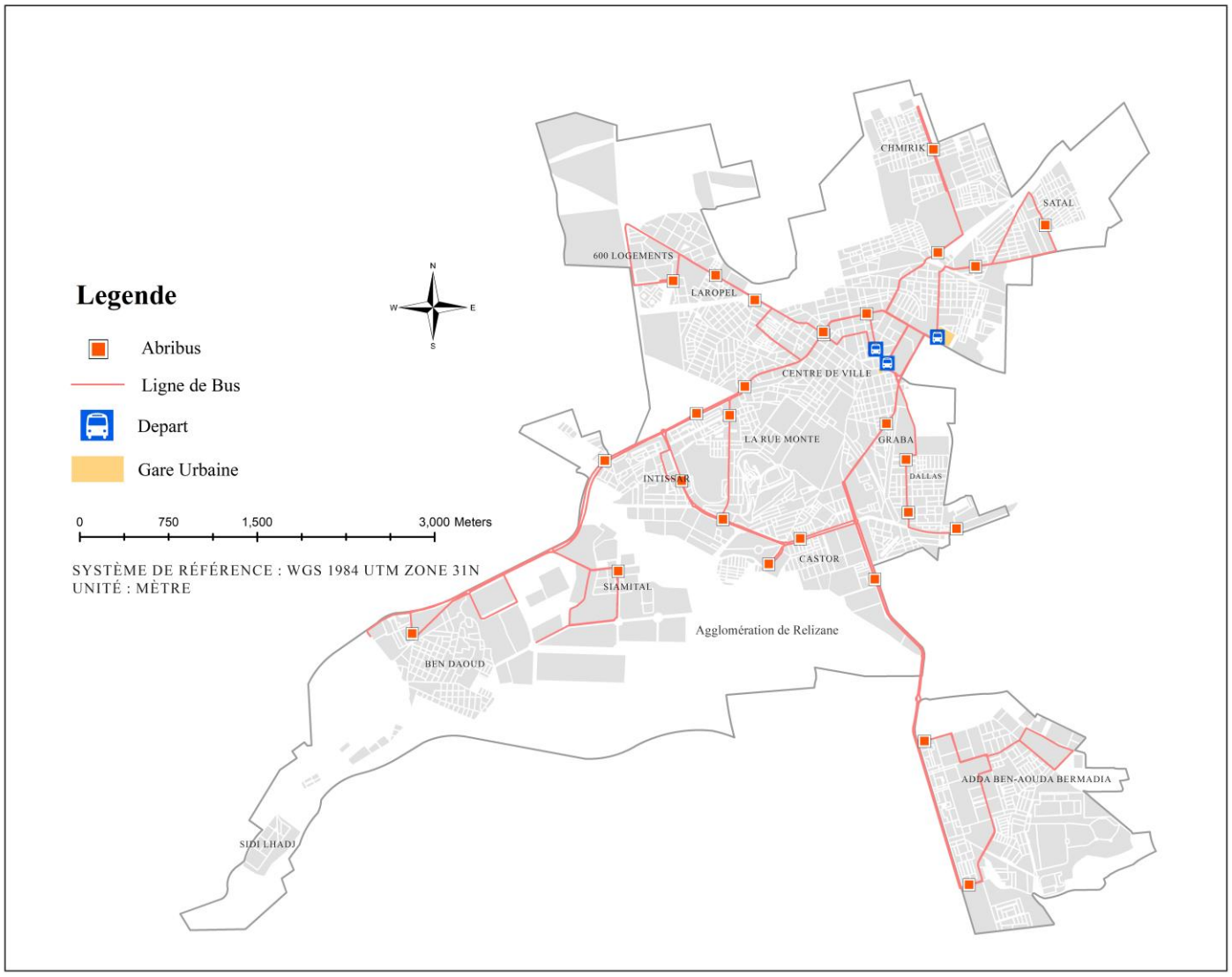


Figure 26 : Emplacement des arrêts actuels de bus à Relizane

Cette carte présente de manière concrète, la localisation actuelle des arrêts d'autobus de la ville de Relizane, repérés à partir d'observations de terrain, du traitement d'imageries satellites et de la concertation avec des usagers.

Les arrêts sont majoritairement repérés à proximité du centre-ville et dans les secteurs à forte concentration, c'est-à-dire, près des pôles de services notamment (marchés, administrations, établissements scolaires, etc.). Ce schéma de localisation, qui parle assez clairement d'une logique d'accès en fonction des flux d'usagers vers les zones d'activité, exclut une logique d'optimisation de la couverture spatiale.

On l'a dit, l'organisation fonctionnelle est aussi marquée par l'informel, où l'activité des conducteurs s'exerce au jour le jour sur la base des demandes des usagers, selon une dynamique de réponse qui procède de l'imprévisible, d'où le placement aléatoire de plusieurs de ces arrêts, et le fait que certaines zones essentielles, comme le Grand Hôpital de Relizane, n'aient pas droit à une desserte, de même que certains quartiers comme Sidi El Hadj, Zitoune ou Hay El Houria.

B. Accessibilité des îlots résidentiels aux arrêts actuels

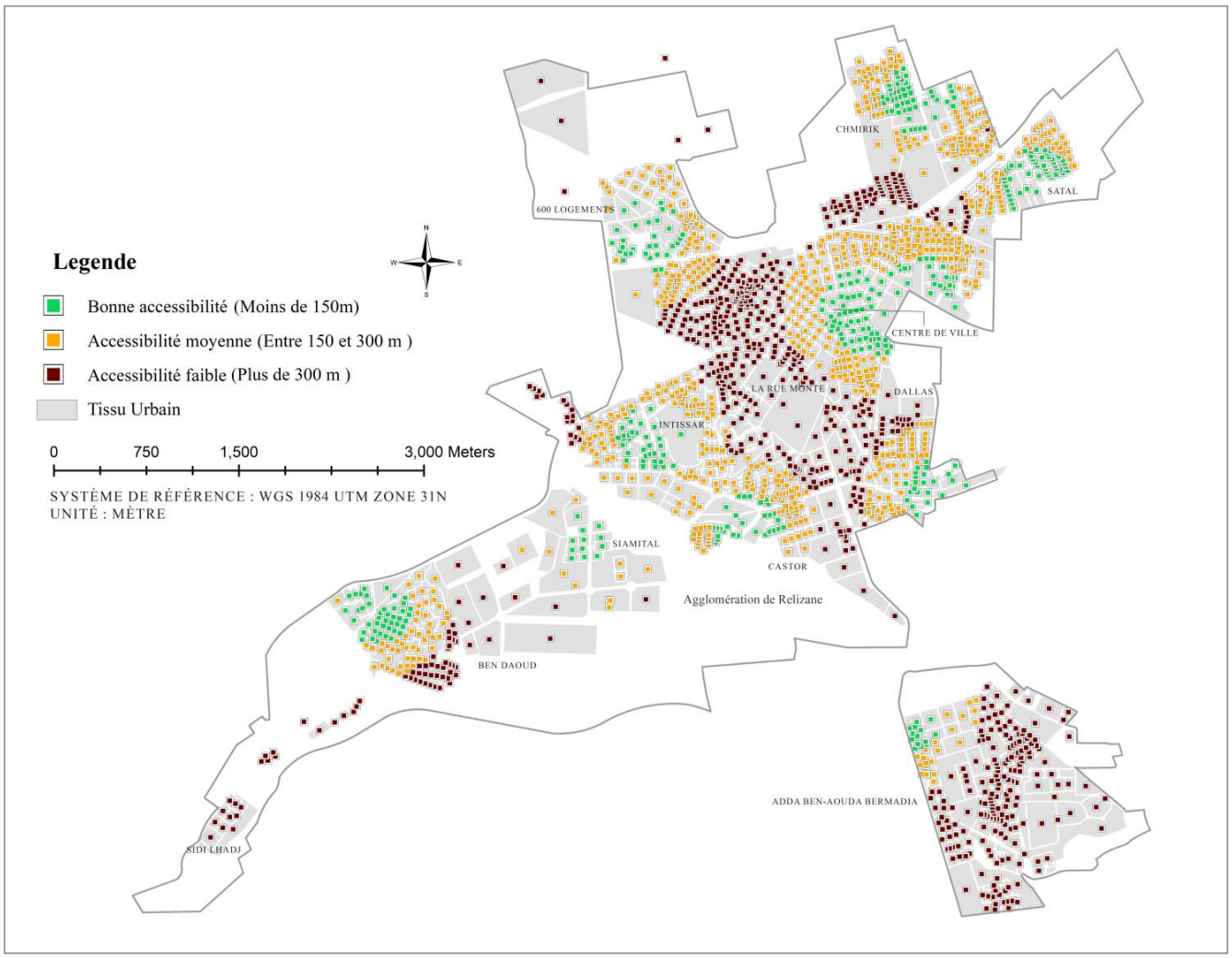


Figure 27 : carte d'accessibilité des îlots résidentiels aux arrêts actuels

Cette carte évalue l'accessibilité des îlots résidentiels aux arrêts existants, en classant chaque îlot selon sa distance au point d'arrêt le plus proche. Trois classes sont définies :

Moins de 150 m → Bonne accessibilité, Entre 150 et 300 m → Accessibilité moyenne, Plus de 300 m → Accessibilité faible.

Les résultats montrent une prépondérance de l'accessibilité faible, notamment dans les zones résidentielles éloignées des grands axes. Très peu d'îlots bénéficient d'un accès qualifié « bon ». Dans certains cas, plusieurs quartiers entiers sont desservis par un même point d'arrêt jugé « de bonne desserte », tandis que le reste du tissu urbain reste à l'écart.

Au total, la majorité des îlots présentent une qualifiée soit « moyenne », soit « faible », confirmant les limites de la couverture actuelle et la nécessité d'une optimisation spatiale plus équilibrée.

2. Optimisation du positionnement

2.1 Critères de sélection des nouveaux emplacements

A. Préparation des critères

Dans le cadre de l'analyse multicritère spatiale, huit critères ont été retenus pour guider l'identification des emplacements les plus pertinents pour l'implantation d'arrêts de bus.

Ces critères ont été sélectionnés à partir de leur impact sur la mobilité urbaine, leur adéquation à la planification des déplacements et leur disponibilité sur les données cartographiques.

Pour pouvoir faire l'objet d'un modèle de superposition pondérée, chacun de ces critères a été converti en couche raster reclassée sur une échelle ordinale de 1 à 5, 1 correspondant à une adéquation spatiale faible pour l'implantation, 5 à une grande adéquation spatiale.

La reclassification, effectuée manuellement grâce à l'outil Reclassify, a été conduite sur la base de seuils issus des normes urbanistiques, mais aussi de la logique spatiale mise en œuvre pour la mobilité, mais également de la morphologie urbaine de la ville de Relizane.

Tableau 6 : Critères de sélection des nouveaux emplacements

Voirie : représente la densité et la proximité du réseau routier local, essentiel pour assurer un accès piéton et une desserte par les bus.	Attracteurs : inclut les équipements à forte attractivité (établissements scolaires, structures hospitalières, lieux de culte), qui génèrent des flux importants.
Équipements : couvre l'ensemble des services publics et équipements disponibles dans la ville (administrations, équipements sportifs, postes, etc.).	Voirie primaire : représente les grands axes structurant la ville, plus adaptés au passage régulier de lignes de bus.
Population : estimation de la densité résidentielle par îlots, permettant de cibler les zones à forte demande potentielle.	Flux : couche dérivée des axes à forte fréquentation (piétonne ou véhiculaire), estimée à partir d'observations et de logique spatiale.
Occupation du sol : seule l'occupation favorable (résidentielle, mixte, institutionnelle, etc.) est valorisée, tandis que les zones industrielles ou agricoles sont désavantagées.	Pente : les zones à forte déclivité sont défavorisées pour des raisons d'accessibilité et de sécurité.

B. Critères retenus et cartes raster reclassées

Les cartes suivantes présentent, pour chacun des critères retenus, la répartition spatiale de l'adéquation à l'implantation d'un arrêt de bus après reclassification. Ces rasters constituent la base d'entrée du modèle multicritère pondéré, en traduisant visuellement l'influence spatiale de chaque facteur sur l'ensemble du territoire urbain étudié. La reclassification a permis d'unifier l'échelle d'interprétation (de 1 à 5) afin de rendre comparables des variables hétérogènes en vue de leur combinaison dans un même modèle.



Figure 28 : Carte Reclassification des critères « Pente »

Tableau 7 : Reclassification de la pente (%) selon l'aptitude à l'implantation

Pente (%)	Score d'adéquation (Class)
0 – 3	5
3 – 6	4
6 – 10	3
10 – 15	2
> 15	1

Selon les normes d'accessibilité, une pente supérieure à 8–10 % commence à gêner la marche, surtout pour les personnes âgées.

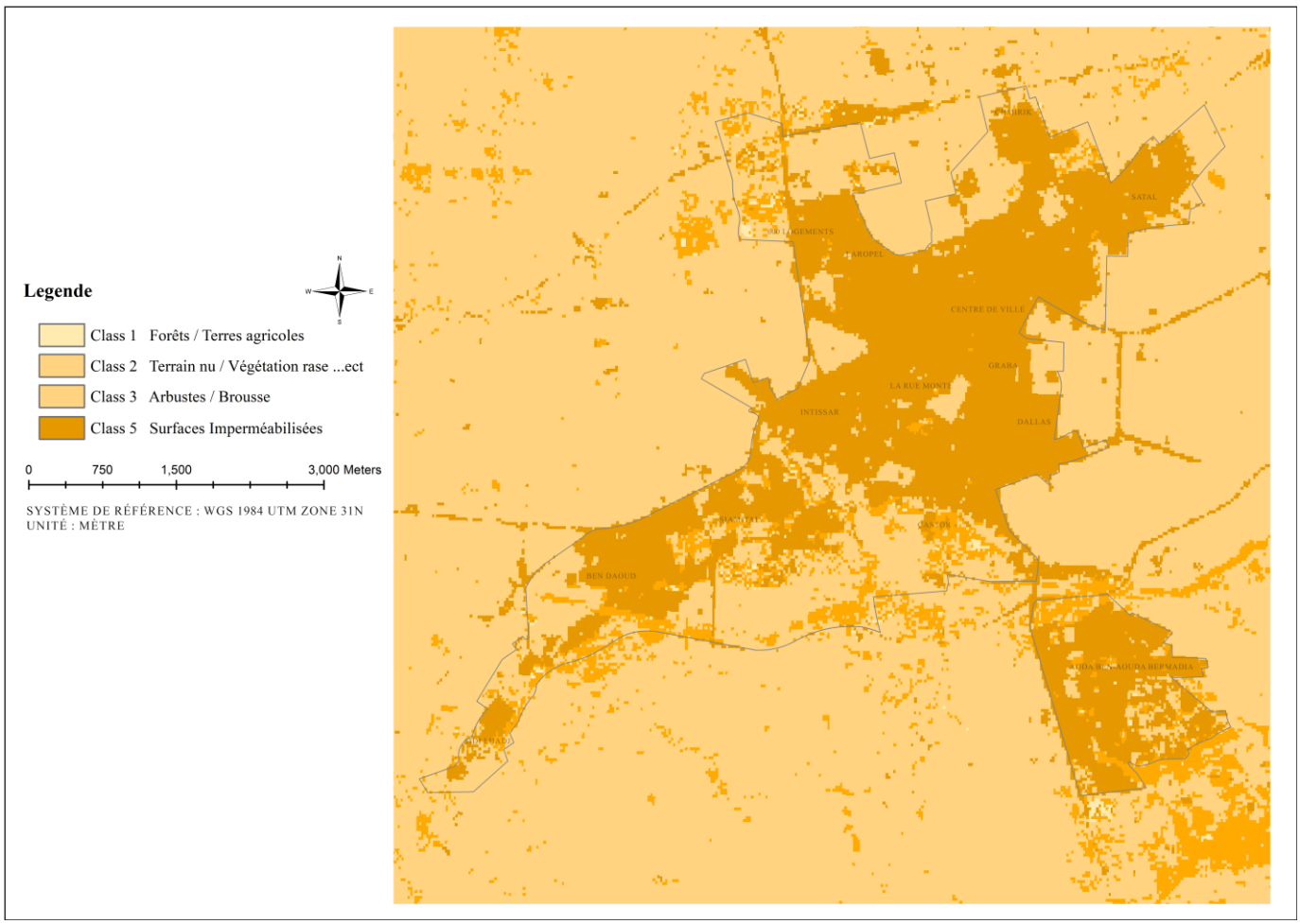


Figure 29 : Carte Reclassification des critères « Land Use »

Tableau 8 : Reclassification de l'occupation du sol selon le potentiel d'implantation

Catégorie d'occupation du sol	Score d'adéquation (Class)
Surfaces imperméabilisées (voirie, bâti, trottoirs)	5
Arbustes / Brousse	3
Terrain nu / Friches / Espaces ouverts	2
Végétation rase / Prairie / Mangrove	2
Forêts	1
Terres agricoles (cultures)	1

Seules les zones accessibles et constructibles peuvent accueillir un arrêt. Les zones imperméabilisées sont directement intégrables. (Cover)

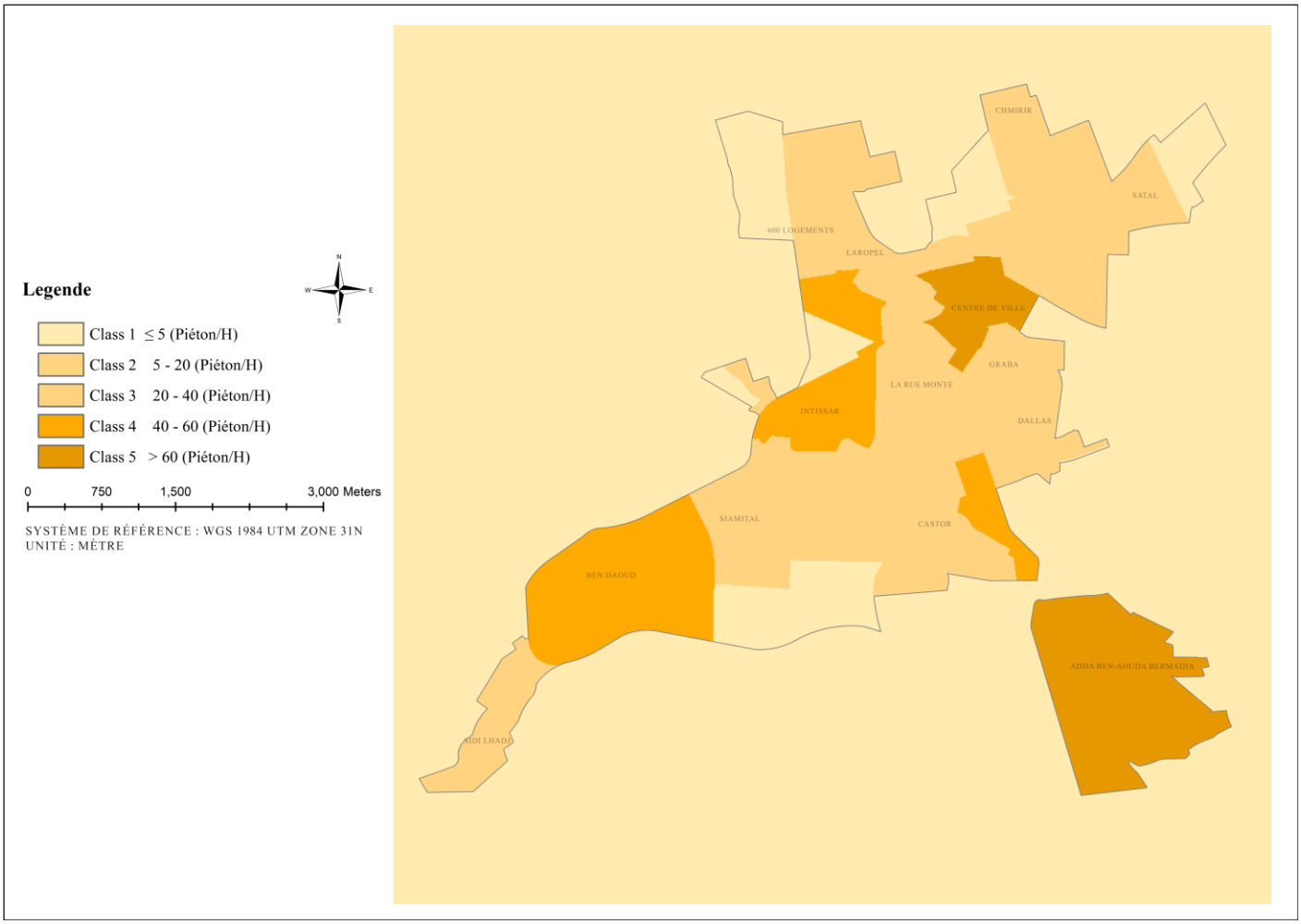


Figure 30 : Carte Reclassification des critères « Flux »

Tableau 9 : Reclassification du flux piéton estimé (piétons/heure)

Flux piéton/h	Score d'adéquation (Class)
> 60	5
40 – 60	4
20 – 40	3
5 – 20	2
≤ 5	1

Les seuils traduisent un gradient de pression piétonne. Un flux > 40 piétons/h représente une zone active justifiant l'implantation d'un arrêt. (TFL)

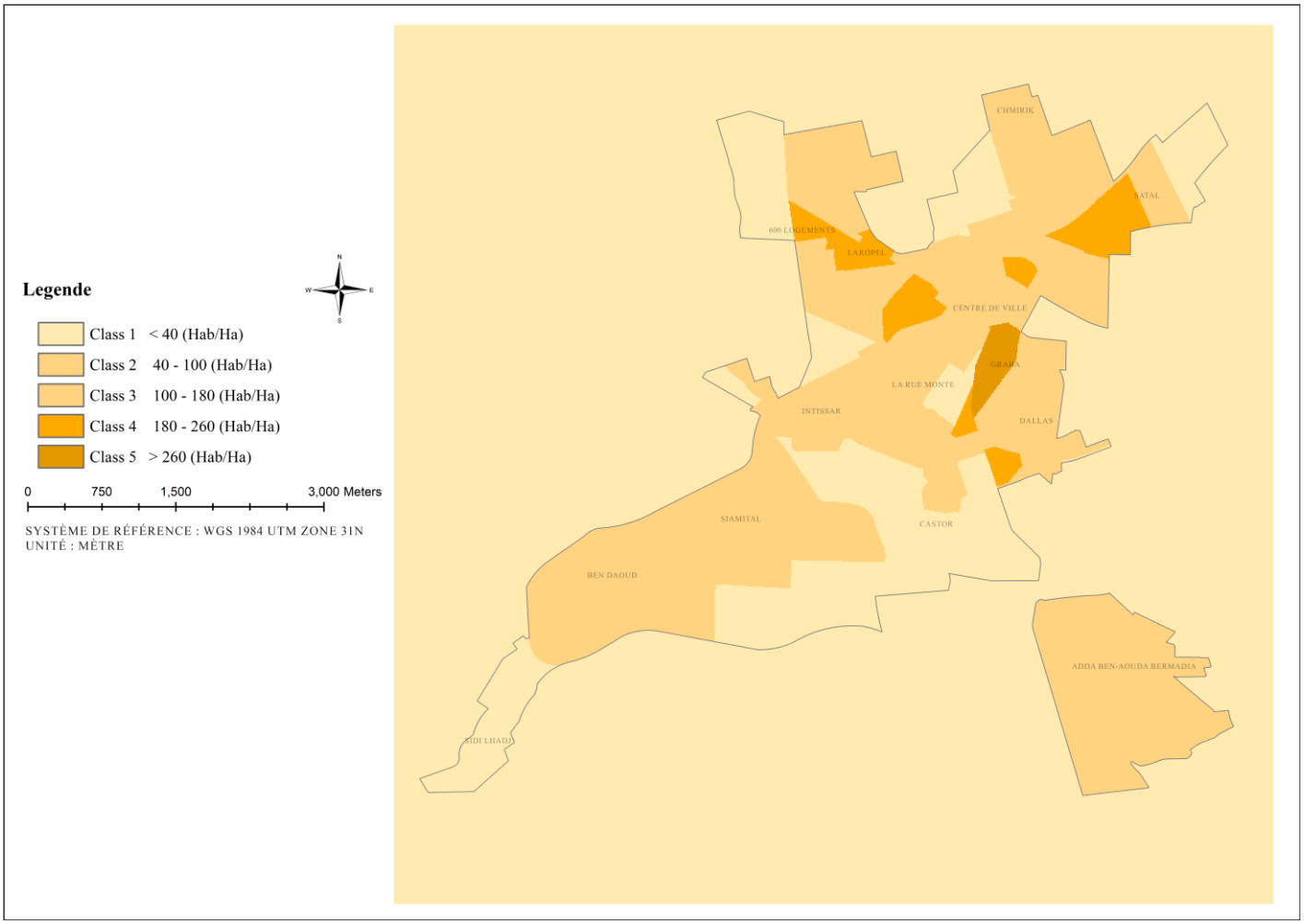


Figure 31 : Carte Reclassification des critères « Population »

Tableau 10 : Reclassification de la densité de population (hab/ha)

Densité (hab/ha)	Score d'adéquation (Class)
> 260	5
180 – 260	4
100 – 180	3
40 – 100	2
< 40	1

Les zones à plus de 180 hab/ha représentent les secteurs denses, nécessitant un service fréquent. En-dessous de 40 hab/ha, la rentabilité d'un arrêt est faible. (UN-Habitat, 2013)

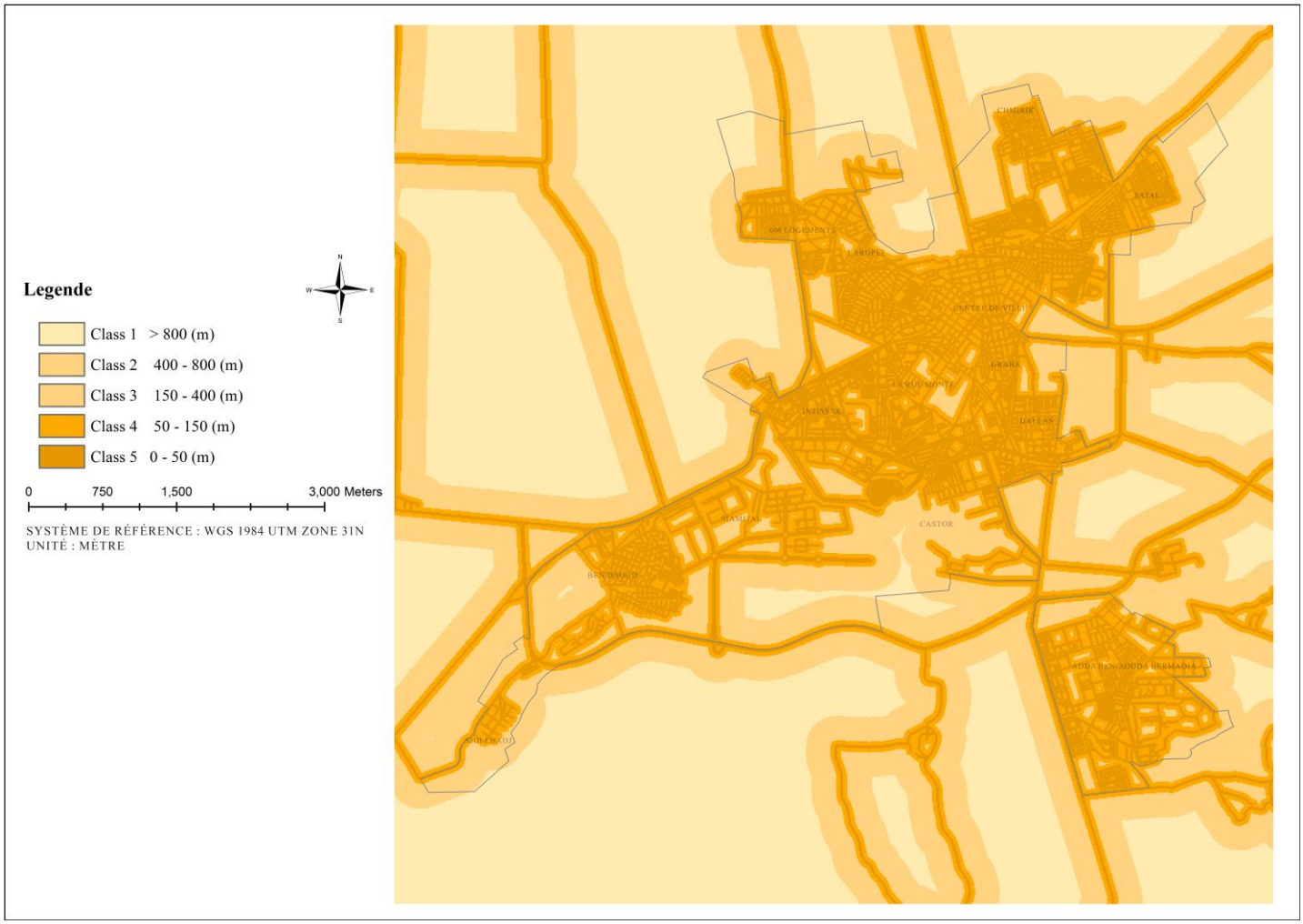


Figure 32 : Carte Reclassification des critères « Voirie »

Tableau 11 : Reclassification de la distance au réseau routier général (m)

Distance aux routes (m)	Score d'Adéquation (Class)
0 – 50	5
50 – 150	4
150 – 400	3
400 – 800	2
> 800	1

Un arrêt doit être physiquement atteignable depuis la route ; la plage optimale se situe entre 0 et 150 m. Au-delà de 400 m, l'intégration au réseau devient peu pertinente. (Cerema, 2015)



Figure 33 : Carte Reclassification des critères « Voirie Primaire »

Tableau 12 : Reclassification de la distance aux voiries primaires (m)

Distance aux axes primaires (m)	Score d'adéquation (Class)
0 – 15	5
15 – 75	4
75 – 150	3
150 – 300	2
> 300	1

Les distances ici sont réduites, car un arrêt sur voie primaire doit se situer immédiatement adjacent à la chaussée pour garantir efficacité et sécurité. (Cerema, 2015)



Figure 34 : Carte Reclassification des critères « Attracteurs »

Tableau 13 : Reclassification de la distance aux pôles attracteurs (m)

Distance (m)	Score d'adéquation (Class)
0 – 100	5
100 – 300	4
300 – 700	3
700 – 1500	2
> 1500	1

Les arrêts doivent être accessibles en moins de 5 minutes à pied (~300 m) pour desservir efficacement les établissements clés. (Bank, 2020)



Figure 35 : Carte Reclassification des critères « Equipements »

Tableau 14 : Reclassification de la distance aux équipements publics (m)

Distance aux équipements (m)	Score d'Adéquation (Class)
0 – 500	5 (Très favorable)
500 – 1000	4
1000 – 2000	3
2000 – 3000	2
> 3000	1 (Peu favorable)

Une distance inférieure à 500 m maximise l'usage piéton. Au-delà de 1000 m, l'attractivité d'un arrêt chute fortement. (TRB, 2013) (UITP, Public Transport Access Guidelines, 2016)

La reclassification standardisée permet de rendre comparables des variables de nature différente dans le cadre d'une superposition pondérée multicritère.

C. Pondération et justification des poids

Au cours de l'élaboration de ce travail, la sélection des emplacements optimaux pour les arrêts de bus a été conduite selon une démarche multicritère spatiale, structurée autour d'un modèle raster de résolution 10 × 10 mètres par pixel. Huit critères ont été retenus pour évaluer l'adéquation spatiale des emplacements potentiels : densité de population, proximité des attracteurs urbains (écoles, mosquées, hôpitaux…), équipements publics, réseau routier général, voirie primaire, flux de déplacement, pente et usage du sol.

Chacune des conditions de référence a été convertie en couches raster normalisées, puis reclassées en cinq classes ordinales de façon à rendre compte de différents niveaux d'adéquation. Les poids relatifs associés à chaque critère ont été fixés à partir d'une mise en relation croisée prenant en compte les normes urbanistiques, les considérations spatiales rationnelles et la connaissance du terrain. Une matrice de comparaison par paires du type AHP a ensuite été établie pour assurer la cohérence interne des pondérations retenues.

D. Tableau des pondérations

Les pondérations attribuées aux critères ont été établies en tenant compte de leur influence relative sur l'efficacité et l'accessibilité du futur réseau d'arrêts de bus. (Cette hiérarchisation repose sur des considérations issues des normes urbanistiques, de l'analyse spatiale, et de la connaissance du terrain d'étude.)
La somme des pondérations a été normalisée à 100 %, répartie comme suit :

Tableau 15 : Pondération des critères spatiaux pour l'implantation optimale des arrêts

Critère	Description	Poids (%)
Voirie	Réseau routier général	25
Attracteurs	Écoles, hôpitaux, mosquées…	20
Équipements	Services publics, équipements	15
Voirie primaire	Axes majeurs	10
Population	Densité résidentielle	10
Flux	Déplacements majeurs	10

Critère	Description	Poids (%)
Land use	Usage du sol favorable	5
Pente	Déclivité du terrain	5

E. Vérification par AHP

Il a été aussi procédé à une vérification a posteriori du bon ordonnancement des poids attribués aux critères mis en œuvre dans le cadre de l'analyse multicritère par la méthode AHP (Analytic Hierarchy Process), à l'aide de l'extension extAHP 2.0 d'ArcGIS Desktop, pour attester d'un bon ordonnancement des poids

A partir des poids initialement fournis par une approche urbaine fondée sur une analyse spatiale, les standards d'accessibilité, et la connaissance du contexte territorial de Relizane, il a été mis en place une matrice de comparaison par paire selon l'échelle de Saaty (1980) de façon à ensuite calculer le vecteur de poids normalisés de façon automatique dont la Consistency ratio (CR) a été de 0.01, bien en deçà du seuil critique 0.10 percutant à vérifier de bonne cohérence des jugements.

Ce qui valide que quand bien même les pondérations ont été déterminées de façon qualitative a priori, elles concordent globalement avec les résultats fournis par un modèle mathématique rigoureux.

Les écarts observés viennent nuancer, sans remettre en cause, l'ordonnancement initial des critères. Ils contribuent ainsi à renforcer la crédibilité de la démarche et montrent une certaine convergence avec les résultats issus de la méthode mathématique.

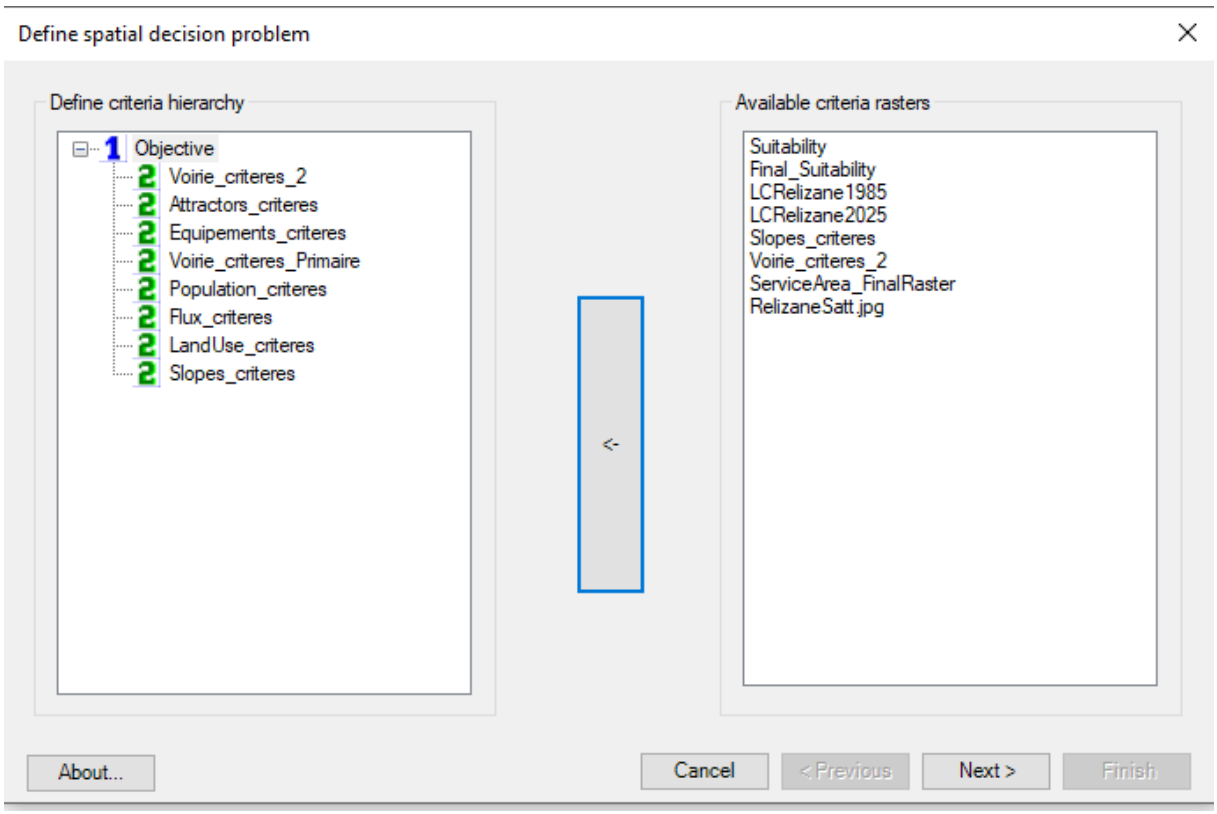


Figure 36 : outil l'extension extAHP 2.0 d'ArcGIS Desktop

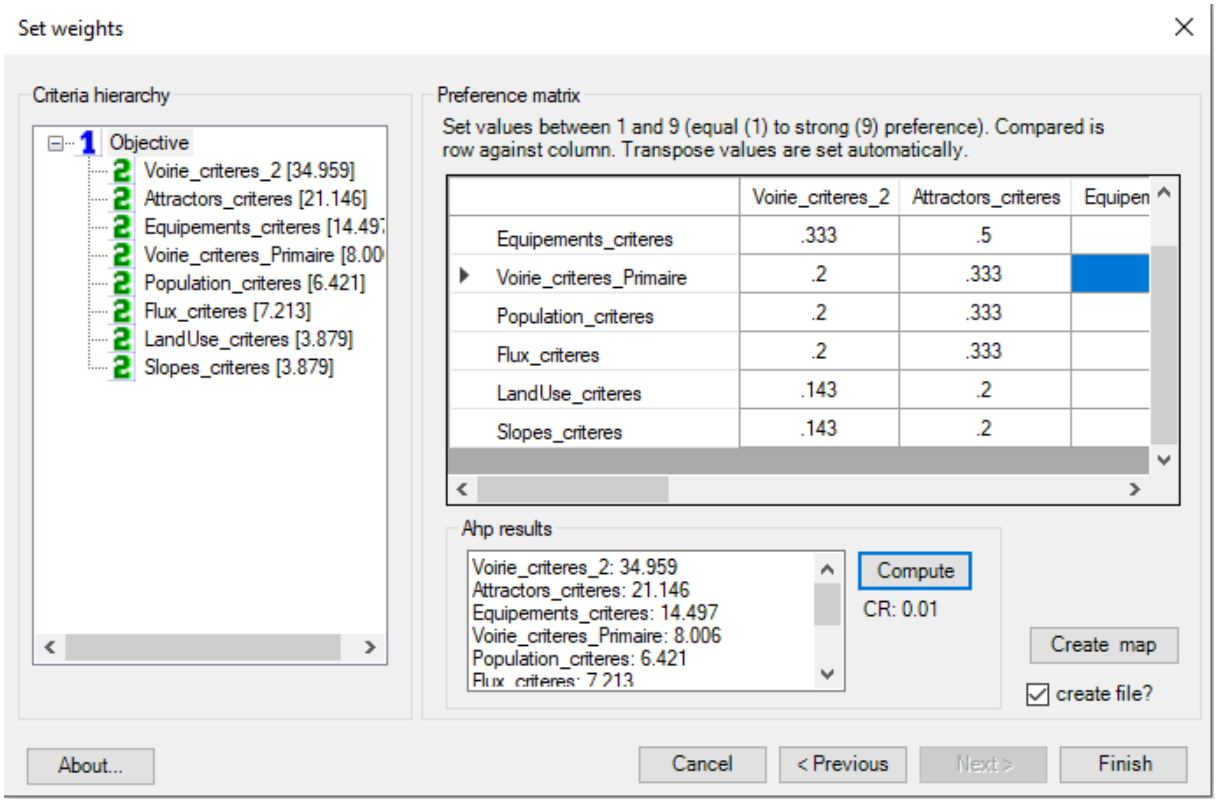


Figure 37 : Vérification des pondérations par la méthode AHP dans ArcGIS (extAHP 2.0)

Affichage de la matrice de comparaison par paires et du résultat de cohérence (CR = 0.01), confirmant la validité des poids attribués.

Tableau 16 : Comparaison entre pondérations initiales et poids calculés via AHP

Critère	Poids initial (%)	Poids AHP (%)	Écart (%)
Voirie	25	25.1	+0.1
Attracteurs	20	15.2	–4.8
Équipements	15	10.4	–4.6
Voirie primaire	10	5.7	–4.3
Population	10	5.7	–4.3
Flux	10	4.3	–5.7
Usage du sol	5	2.9	–2.1
Pente	5	2.5	–2.5

2.2 Scénarios proposés (analyse de réseau et multicritère)

A. Weighted Overlay (Pseudo-code)

L'outil Weighted Overlay d'ArcGIS permet d'effectuer une superposition multicritère normalisée entre plusieurs rasters en entrée. Chaque critère (sous forme de raster) est reclassé selon une échelle commune (ici, 1 à 5, où 5 représente une forte aptitude), afin d'harmoniser les unités de mesure et les sens d'influence. Un poids (en pourcentage) est ensuite attribué à chaque critère selon son importance relative dans le processus décisionnel. L'outil applique une formule de type somme pondérée :

$$\{\text{Suitability}\}_{\{i\}} = \sum_{\{k=1\}}^{\{n\}} \left(W_k \cdot R_{\{ik\}} \right)$$

où W_k est le poids du critère k et $R_{\{ik\}}$ est la valeur reclassée de la cellule i pour ce critère. Le résultat est une carte d'aptitude synthétique dans laquelle chaque cellule raster exprime un score d'adéquation globale pour l'implantation des arrêts

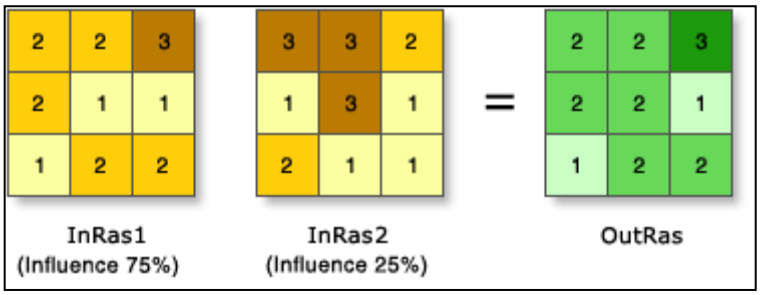


Figure 38 : Weighted Overlay (https://pro.arcgis.com)

B. Modèle de traitement (ModelBuilder)

Afin d'assurer une démarche fluide, modulaire et reproductible, l'ensemble du processus d'analyse multicritère a été implémenté dans un modèle automatisé sous ModelBuilder (ArcGIS 10.8).
Ce modèle dynamique permet d'enchaîner automatiquement les différentes étapes du traitement spatial, notamment :

- l'intégration des rasters reclassés pondérés à l'aide de l'outil Weighted Overlay.
- la conversion du raster de pertinence en points vectoriels (outil Raster to Point) .
- l'extraction des scores par critère pour chaque point à l'aide d'un script Python personnalisé .
- le filtrage des points pour garantir une distance minimale de 300 m entre emplacements proposés .
- le snap des points aux axes routiers, pour un alignement plus réaliste avec l'infrastructure existante.

Ce modèle offre ainsi une solution flexible, pouvant être ajustée ou relancée en cas de modification des poids, des critères ou de l'étendue de l'étude.

Enfin, une contrainte d'exclusion stricte a été intégrée : les emprises bâties ont été automatiquement affectées d'un score minimal (valeur 1), de manière à empêcher toute implantation sur des zones construites.

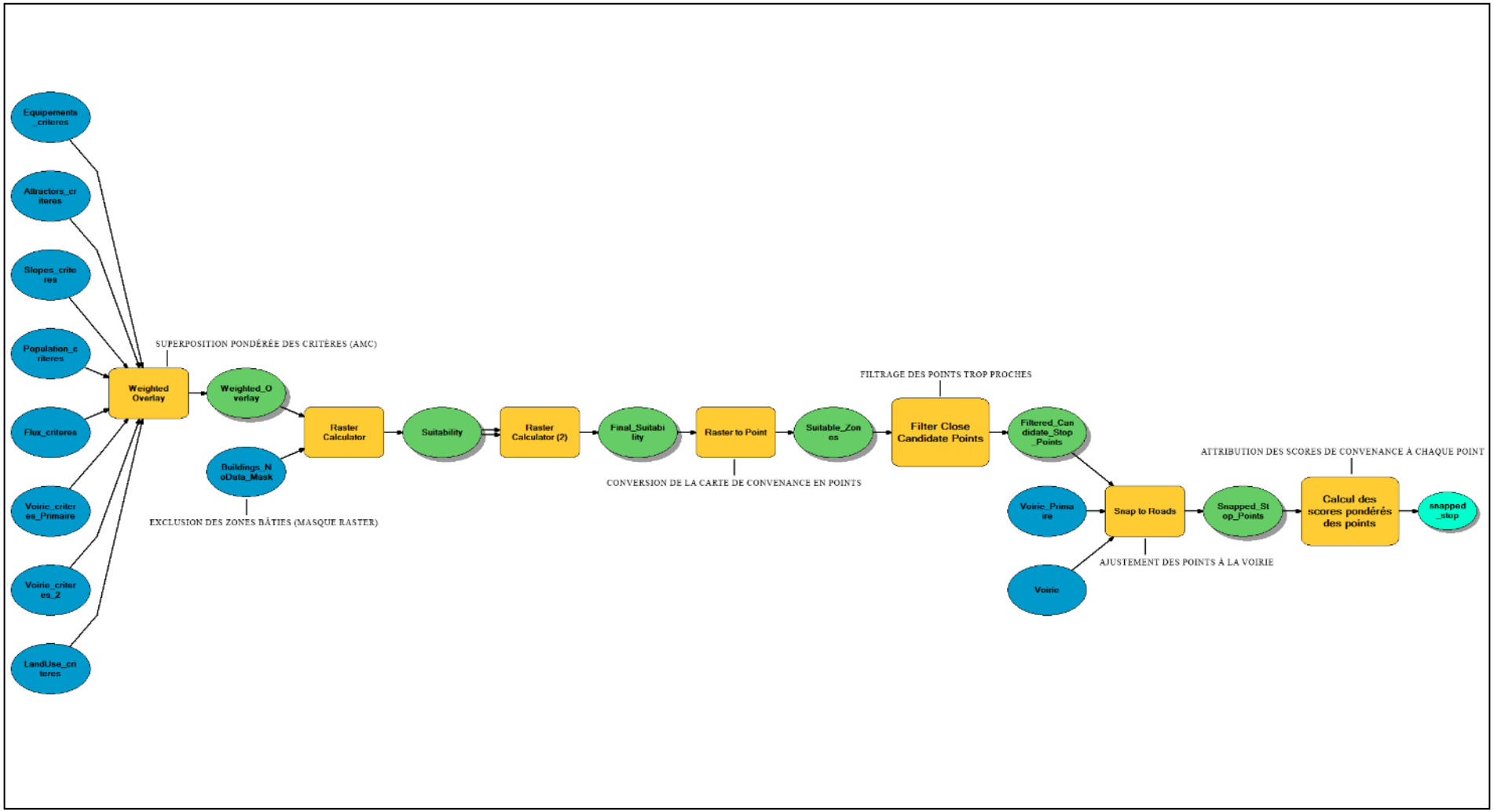


Figure 39 : Schéma du modèle de traitement automatisé (ModelBuilder)

C. Génération de la carte d'aptitude (suitabilité)

À l'issue du modèle Weighted Overlay, une carte d'aptitude spatiale a été générée. Cette carte raster attribue à chaque pixel de l'aire d'étude une valeur d'adéquation en fonction de la combinaison pondérée des huit critères retenus. Plus la valeur est élevée, plus la zone concernée est jugée favorable à l'implantation d'un arrêt de bus.

Cette carte constitue donc la sortie principale de l'analyse multicritère, et servira de base pour l'extraction des emplacements candidats à l'aide d'une vectorisation.



Figure 40 : carte finale de suitabilité (résultat de la superposition pondérée)

Carte représentant les zones les plus favorables à l'implantation d'arrêts de bus selon le modèle multicritère pondéré.

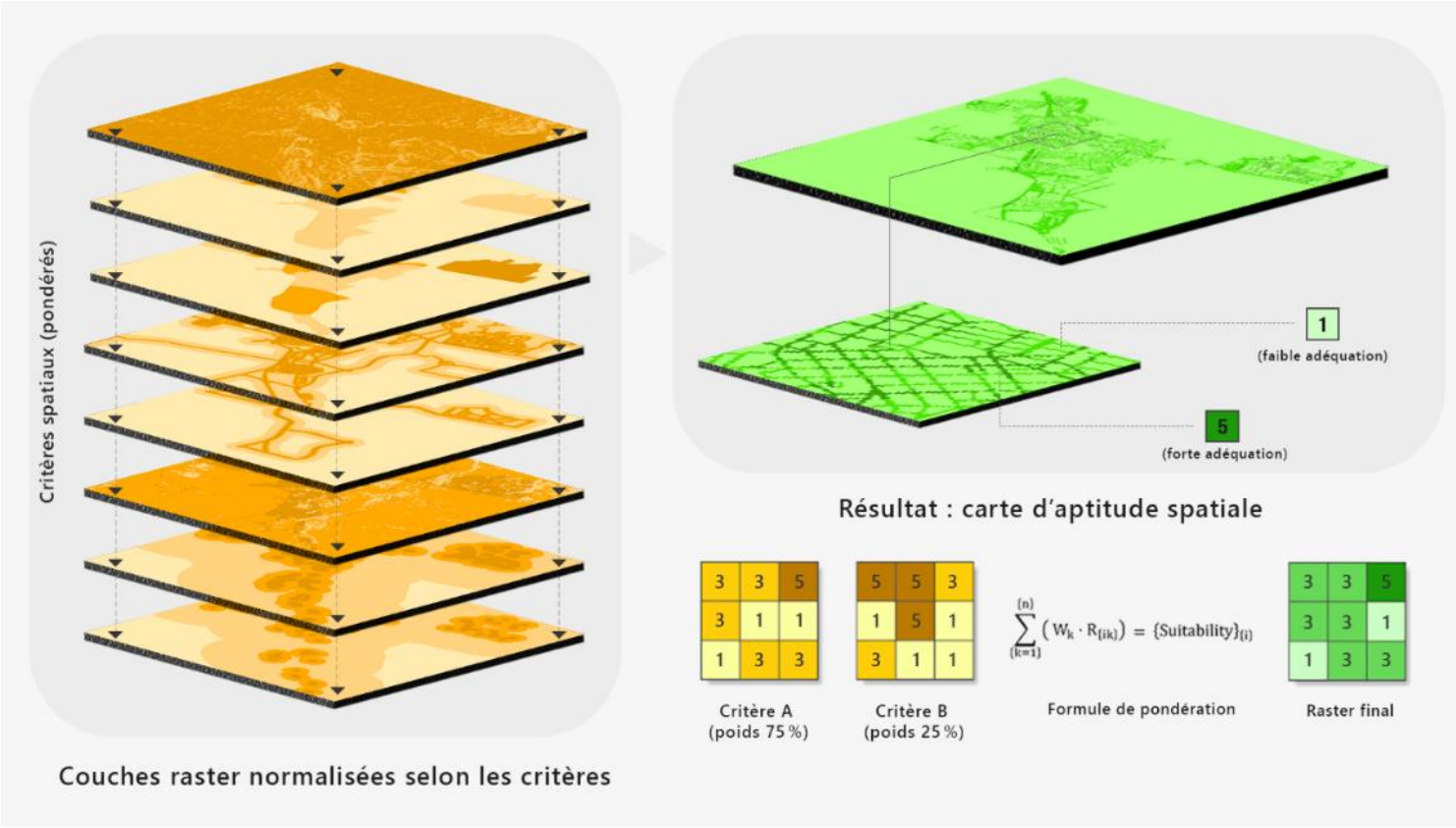


Figure 41 : Schéma du processus de pondération multicritère (Weighted Overlay)

D. Vectorisation du raster en points

Après génération de la carte d'aptitude spatiale, une vectorisation ciblée a été effectuée afin d'extraire uniquement les pixels présentant une forte pertinence pour l'implantation d'arrêts de bus.
Cette opération, réalisée à l'aide de l'outil Raster to Point, a permis d'obtenir environ 2 000 points représentant les emplacements les plus favorables selon le modèle multicritère pondéré.

Chaque point correspond à une cellule du raster dont la valeur d'adéquation dépasse un seuil défini, garantissant ainsi que seuls les secteurs les mieux classés soient retenus pour l'analyse suivante.

Cette conversion en points constitue une étape essentielle pour pouvoir analyser individuellement chaque emplacement, appliquer des filtres géographiques (distance minimale, exclusion de certaines zones), et affiner la sélection des arrêts potentiels.

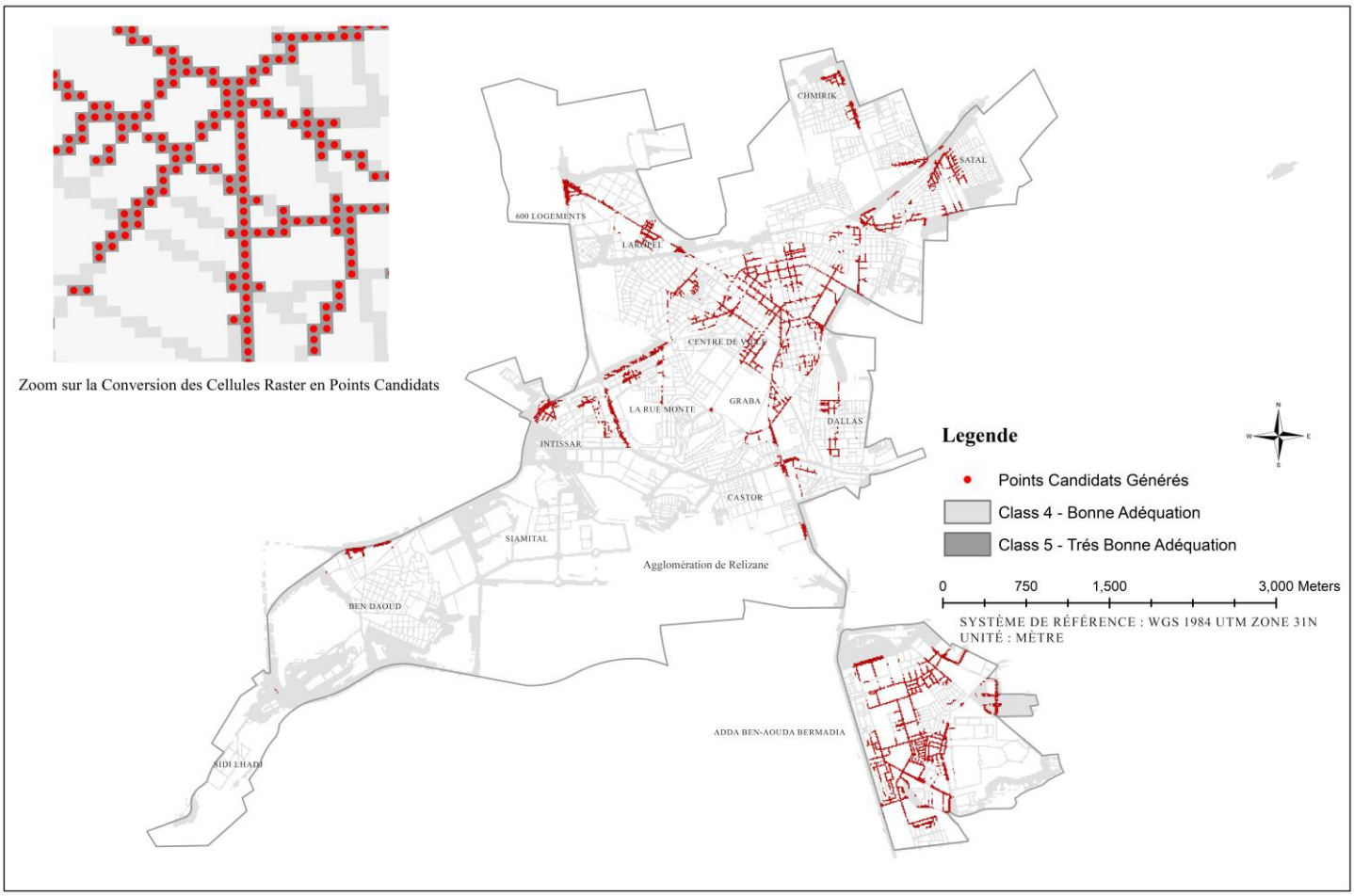


Figure 42 : Points candidats générés à partir de la suitabilité

Chaque point représente un emplacement hautement favorable selon l'analyse multicritère. La densité élevée illustre la granularité du modèle, basé sur des unités de 10x10 mètres.

E. Filtrage des points candidats

Les emplacements extraits ont ensuite été soumis à un filtrage automatique afin de garantir une distribution spatiale cohérente et réaliste.
Un script Python personnalisé a été utilisé pour :

- Supprimer les points situés à moins de 300 mètres les uns des autres, conformément aux bonnes pratiques d'urbanisme pour les réseaux de bus en milieu urbain (TCQSM, 2013)
- Exclure les points placés sur des zones bâties, afin d'éviter les implantations dans des parcelles déjà occupées .

- Ajuster les points restants aux axes routiers à l'aide de l'outil Snap, assurant ainsi une compatibilité directe avec l'infrastructure de circulation.

À l'issue de cette étape, seuls les points espacés, non bâtis et connectés au réseau viaire ont été retenus comme emplacements candidats définitifs.

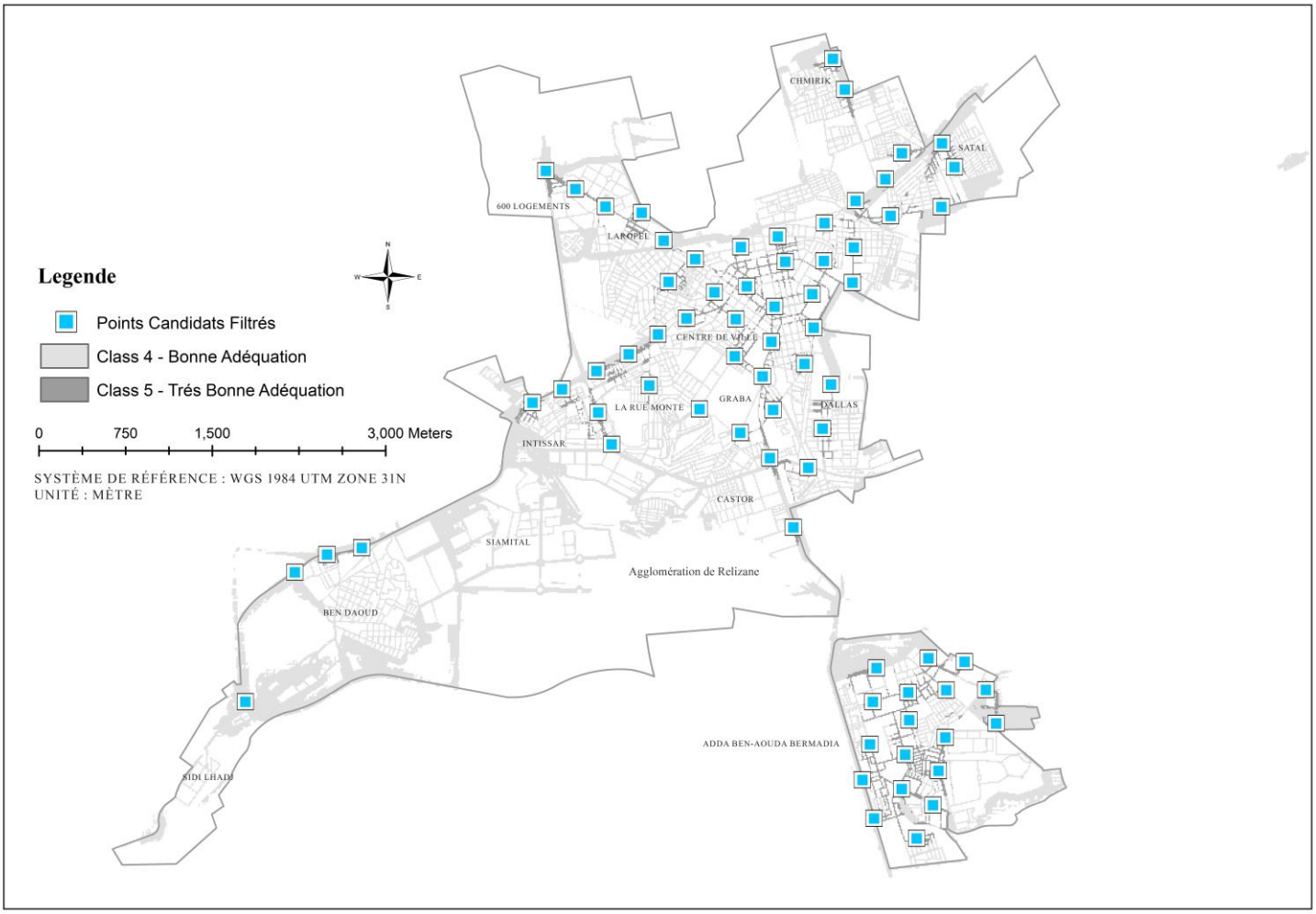


Figure 43 : Points candidats filtrés à partir de la suitabilité

F. Ajustements finaux manuels

À la suite du filtrage automatisé, des ajustements manuels ciblés ont été apportés aux emplacements retenus,en s'appuyant sur une lecture cartographique fine et la connaissance du terrain.

Ces ajustements ont été réalisés dans un souci de cohérence pratique et d'amélioration locale de la desserte.

Plus précisément, des points supplémentaires ont été :

- Ajoutés dans certaines zones non couvertes, malgré une pertinence spatiale évidente sur le terrain ;
- Dupliqués de l'autre côté de la chaussée sur certains grands axes structurants munis d'un séparateur central, afin de garantir l'accessibilité dans les deux sens de circulation.

Aucun point initialement filtré n'a été supprimé à ce stade. Ces interventions ponctuelles visent à renforcer la continuité et la logique du réseau proposé, tout en respectant les contraintes physiques de l'agglomération de Relizane.

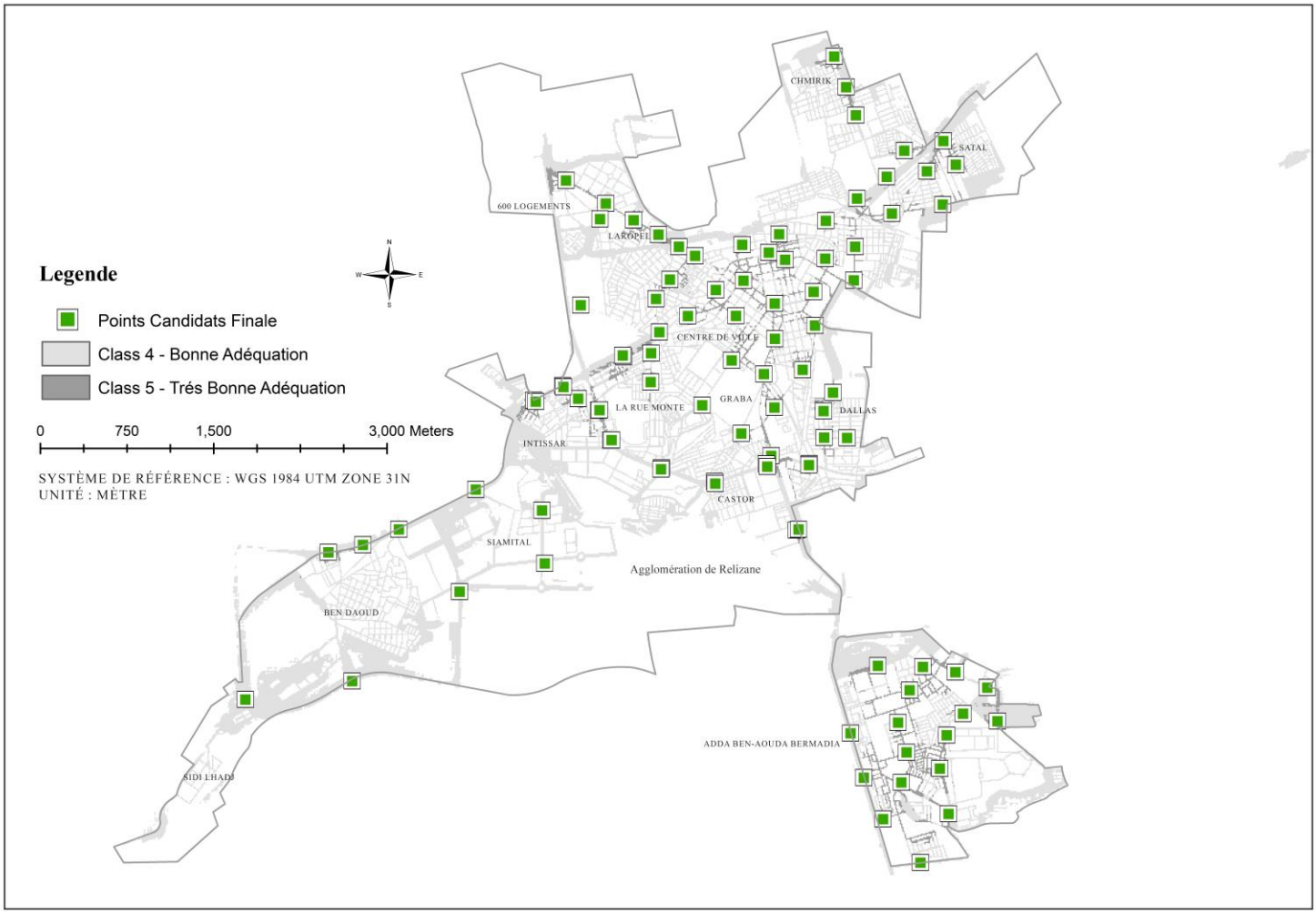


Figure 44 : carte des Points d'arrêts proposes finale

Répartition finale des arrêts optimisés. Chaque point a été validé manuellement pour assurer une couverture cohérente et réaliste du tissu urbain.

Résumé des points selon les étapes

Tableau 17 : Réduction progressive des points potentiels dans le modèle d'analyse multicritère

Étape	Nombre de points
Points initiaux (>2000)	~2000
Après filtrage à 300 m	72
Sélection et ajustement final	98

3 Discussion et validation : comparaison avec les modèles existants, impacts sur la mobilité quotidienne

3.1 Comparaison avec les modèles existants

A. Analyse de répartition spatiale (Clustering K-means)

Cette sous-section propose une analyse de la distribution spatiale des arrêts actuels et optimisés à l'aide d'un algorithme de clustering K-means, permettant d'identifier les zones de concentration excessive ou de sous-couverture.

Deux cartes sont comparées ci-dessous : l'une représentant les clusters formés à partir des arrêts existants, l'autre ceux générés à partir des arrêts proposés.

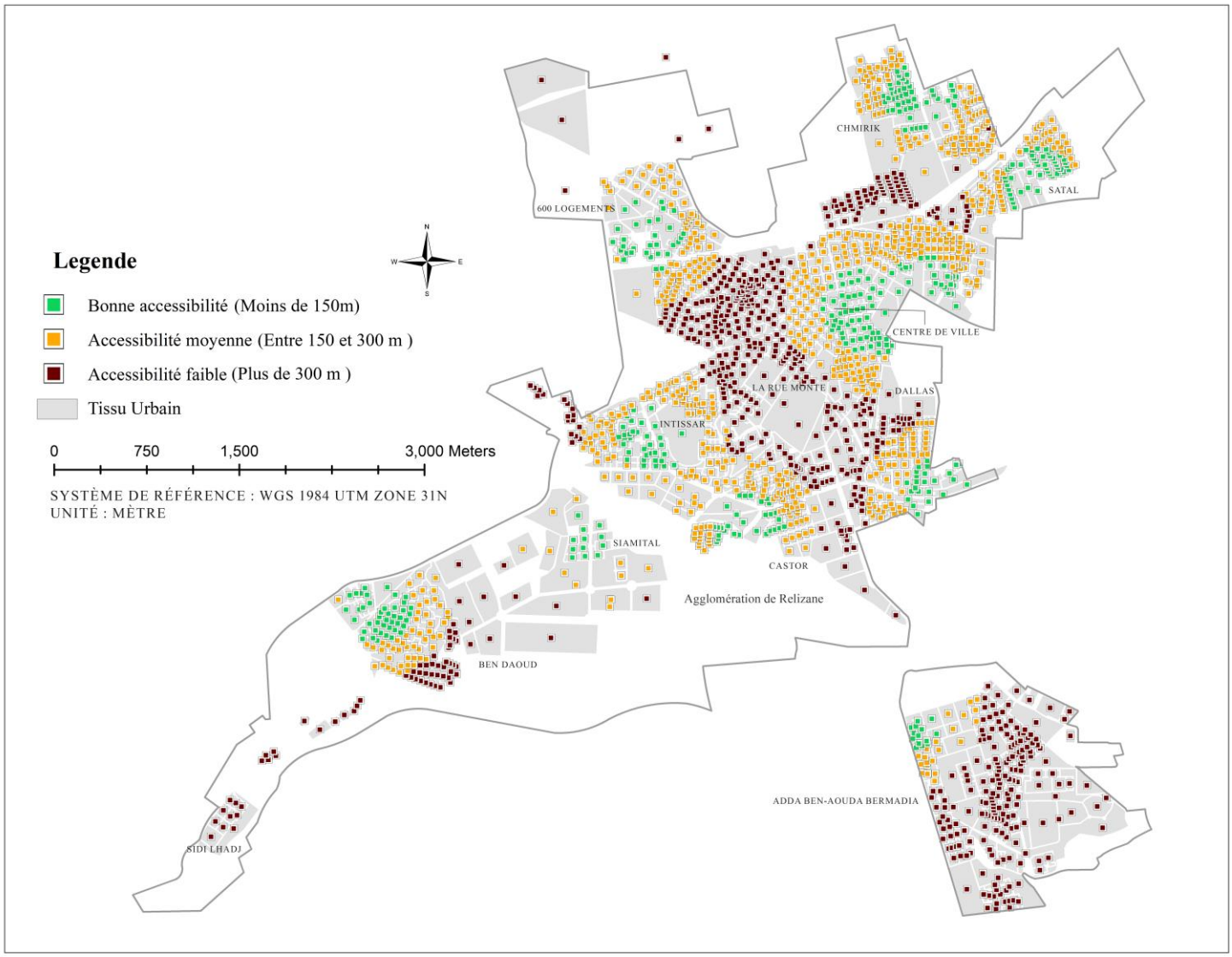


Figure 45 : Clustering des arrêts actuels par K-means

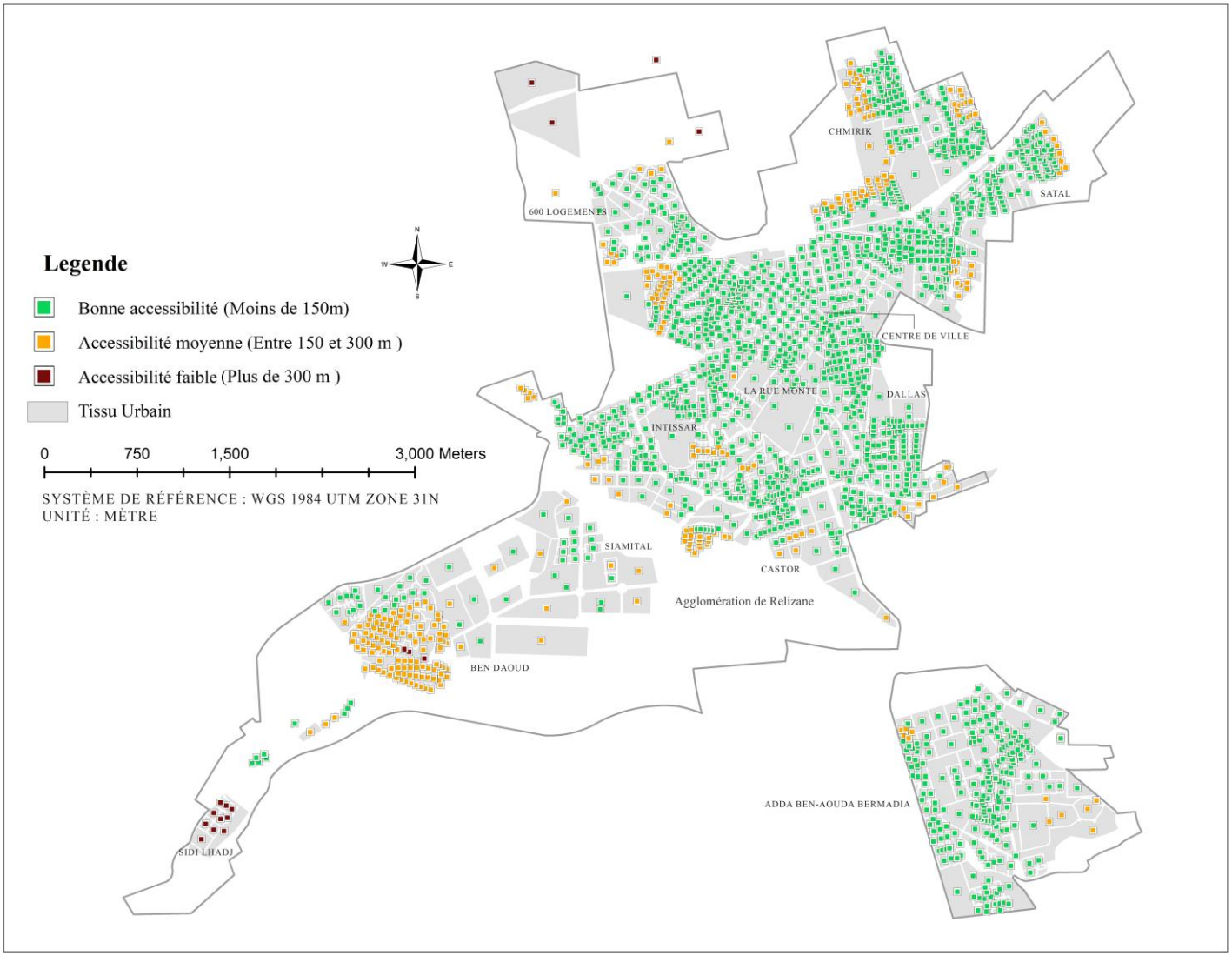


Figure 46 : Clustering des arrêts proposés par K-means

La situation s'est beaucoup améliorée. En effet, la majorité des îlots se trouve désormais à moins de 400 mètres d'un arrêt de bus, ce qui correspond à une accessibilité immédiate à pied, soit environ cinq minutes. Un autre lot est situé entre 400 et 600 mètres, ainsi intégrant une zone acceptable ou bien l'accessibilité est structurée comme nouvelle (donc relativement acceptable) dans le milieu urbain. Il n'y a plus guère d'îlots ce situant au-delà de 600 mètres, gage d'une quasi-absence de zones à accessibilité faible.

Il s'agissait toujours pour nous du premier résultat démontrant l'impact positif du modèle proposé, issu d'une superposition multicritère rigoureuse et d'un filtrage spatial sur les points d'arrêt de bus. Le réseau actuel n'ayant pas connu une logique planifiée d'implantation de l'arrêt de bus est considéré à tort comme tant de l'ordre du non dit que de l'impossible. Le scénario optimisé lui, assure une couverture homogène et équitable du territoire urbain de Relizane.

B. Analyse de couverture spatiale (zones de desserte par buffer)

Lors de la présente section, nous évaluons les effets nationaux et concrets de l'optimisation réalisée, révélant l'accessibilité fournie par le réseau existant d'abribus, et l'accessibilité mise en œuvre par le réseau proposé pour atteindre une amélioration des insuffisances constatées sur la répartition actuelle des arrêts et sur la couverture spatiale de la ville de Relizane.

Tout d'abord, la carte ci-dessous illustre la situation actuelle :

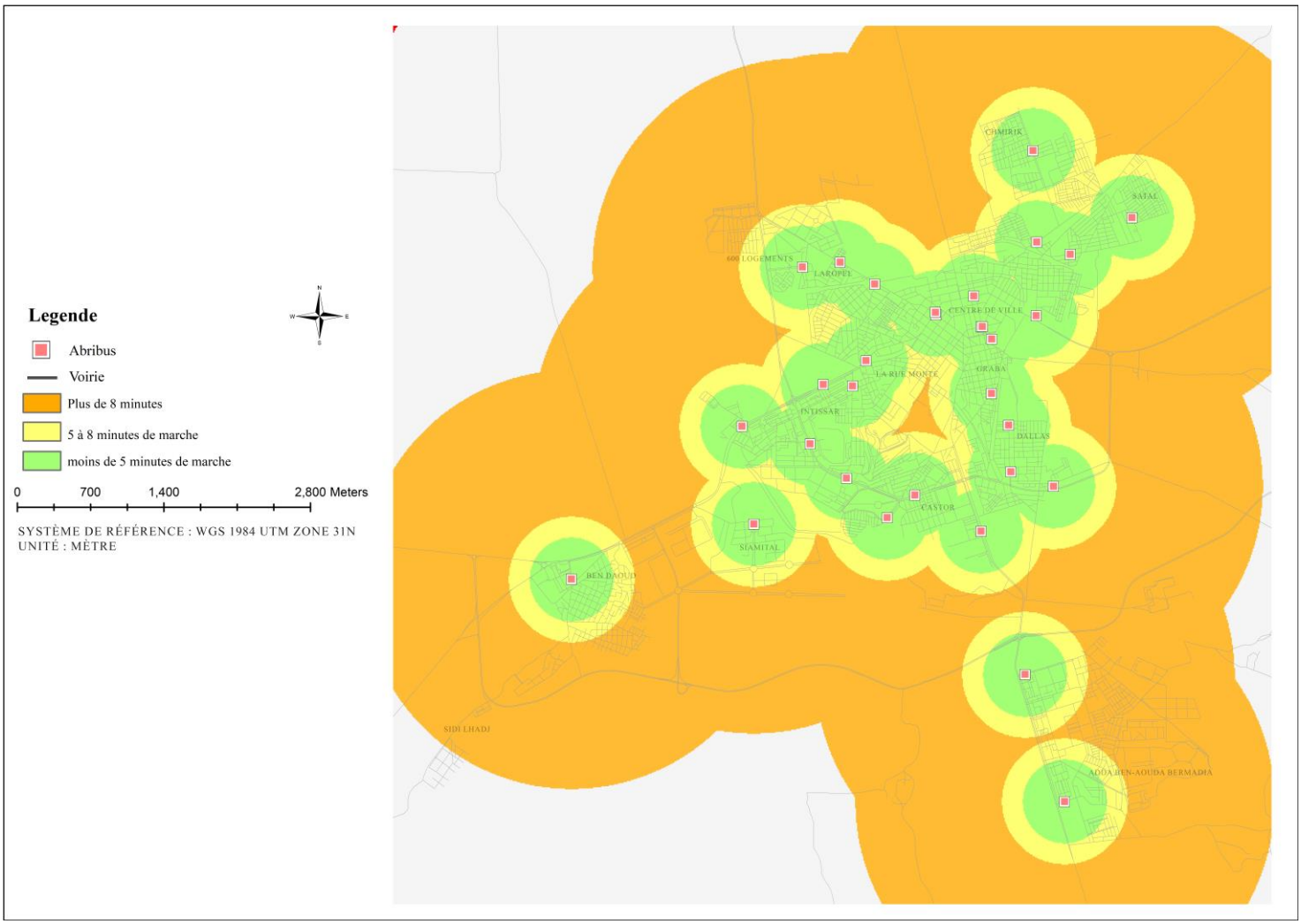


Figure 47 : Accessibilité des îles résidentielles aux arrêts actuels

On y observe une forte concentration des points d'arrêt dans certaines zones du centre-ville, au détriment d'autres secteurs plus éloignés. Des zones entrières comme Sidi El Hadj, La rue mont, ou encore les alentours du Grand Hôpital présentent une accessibilité faible voire inexistante. Le désir de maximiser l'efficacité semble avoir été remplacé par une approche

empirique et non planifiée. Les îles situées à plus de 600 mètres des arrêts existants représentent une part importante du tissu urbain.

En comparaison, la carte suivante présente l'accessibilité résultant de notre scénario d'optimisation :

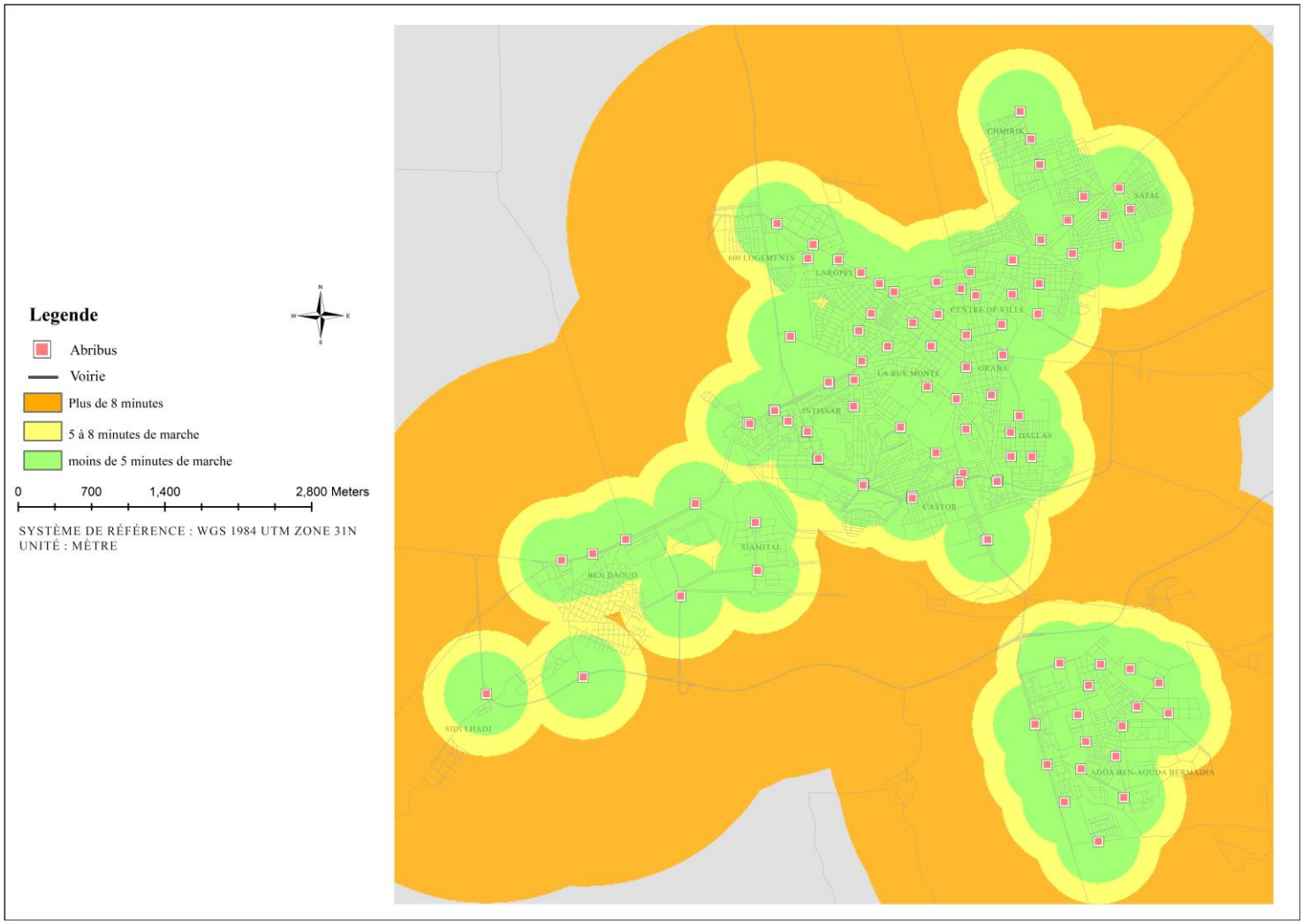


Figure 48 : Accessibilité des îles résidentielles aux arrêts proposés

La différence est nette. Près de 80 % du tissu urbain dispose désormais d'un accès à un arrêt en moins de cinq minutes de marche. Les zones anciennement marginalisées (Grand Hôpital, Laremont, Rue Monte, Monte Viso, Cité Résidentielle, Sidi El Hadj, etc.) sont intégrées à la couverture. La distribution des arrêts est plus régulière, suivant le réseau viaire principal tout en évitant les fortes pentes, ce qui permet une desserte optimale sans compromettre la fluidité de circulation.

L'impact sur la mobilité quotidienne est significatif : la marchabilité est améliorée, les zones périphériques sont connectées, et les zones à forte densité bénéficient d'une concentration réfléchie d'arrêts. Cette nouvelle configuration donne accès à une mobilité plus équitable.

L'ancien réseau, que l'on pourrait qualifier de dispersé ou empiriquement constitué , laisse place à un maillage spatial cohérent et à couverture maximale . L'amélioration est perceptible aussi bien sur le plan quantitatif (nombre d'arrêts, zones couvertes) que qualitatif (logique d'implantation, continuité du service, accessibilité équitable).

Ainsi, cette comparaison souligne l'efficacité de l'approche multicritère adossée à une analyse spatiale rigoureuse. Le modèle proposé assure une répartition optimale des arrêts en fonction des besoins réels de la population, tout en tenant compte des contraintes physiques et de l'infrastructure existante.

C. Validation complémentaire par le modèle Location-Allocation

Dans le but de consolider la robustesse des résultats issus de l'analyse multicritère spatiale (AMC), une modélisation complémentaire a été réalisée à l'aide de l'outil Location-L'outil d'allocation proposé dans le module Network Analyst du logiciel ArcGIS Desktop 10.8 permet de sélectionner, parmi les points candidats obtenus après l'analyse d'aptitude, les emplacements les plus pertinents pour desservir au mieux la demande résidentielle, en minimisant les distances de parcours sur le réseau viaire réel. Le modèle a été configuré selon le mode de résolution « Minimize Impedance », visant à réduire la somme des distances entre les points de demande – représentant les centroïdes d'îlots résidentiels et donc un site de demande fictif – et les lieux de livraison (arrêts) retenus. Les données d'entrée utilisées incluent : un réseau topologique routier construit en tant que « Network Dataset »; une couche de points de demande, soit les zones d'habitat ; une couche de points candidats, soit à partir de tous les 98 arrêts sortis grâce au modèle multicritère. Le nombre de facilités à localiser a été fixé à 89, soit le nombre d'arrêts parmi les 98 parmi lesquels le modèle devait choisir. Les points de demande ont été considérés sur un même pied (pondération uniforme), faute de données démographiques réparties par îlot.

La carte emplacements optimaux selon le modèle Location-Allocation présente le résultat obtenu en mettant l'accent sur les arrêts choisis par le modèle et les liaisons avec les zones de demandes qu'ils desservent. Sur les 98 arrêts proposés initialement, 89 ont été pris en compte et 9 rejetés par le modèle. L'analyse visuelle et spatiale des résultats montre un bon couplage entre les points choisis par le modèle de localisation-allocation et ceux retenus par la méthode AMC. Les points rejetés étaient pour la plupart des arrêts rajoutés de façon volontaire

dans une logique de renforcement ou de confort sur certaines zones. Leur rejet par le modèle n'entraîne dès lors aucune dégradation significative de la qualité de la couverture spatiale. Cette validation complémentaire confirme bien la cohérence et la pertinence des résultats de l'analyse multicritère tout autant qu'elle apporte une nouvelle preuve de l'efficacité de l'approche intégrée mobilisée dans ce travail. Elle démontre que les choix effectués dans la sélection finale des arrêts se recoupent plutôt bien avec les résultats d'une optimisation topologique s'appuyant sur la logique du réseau.

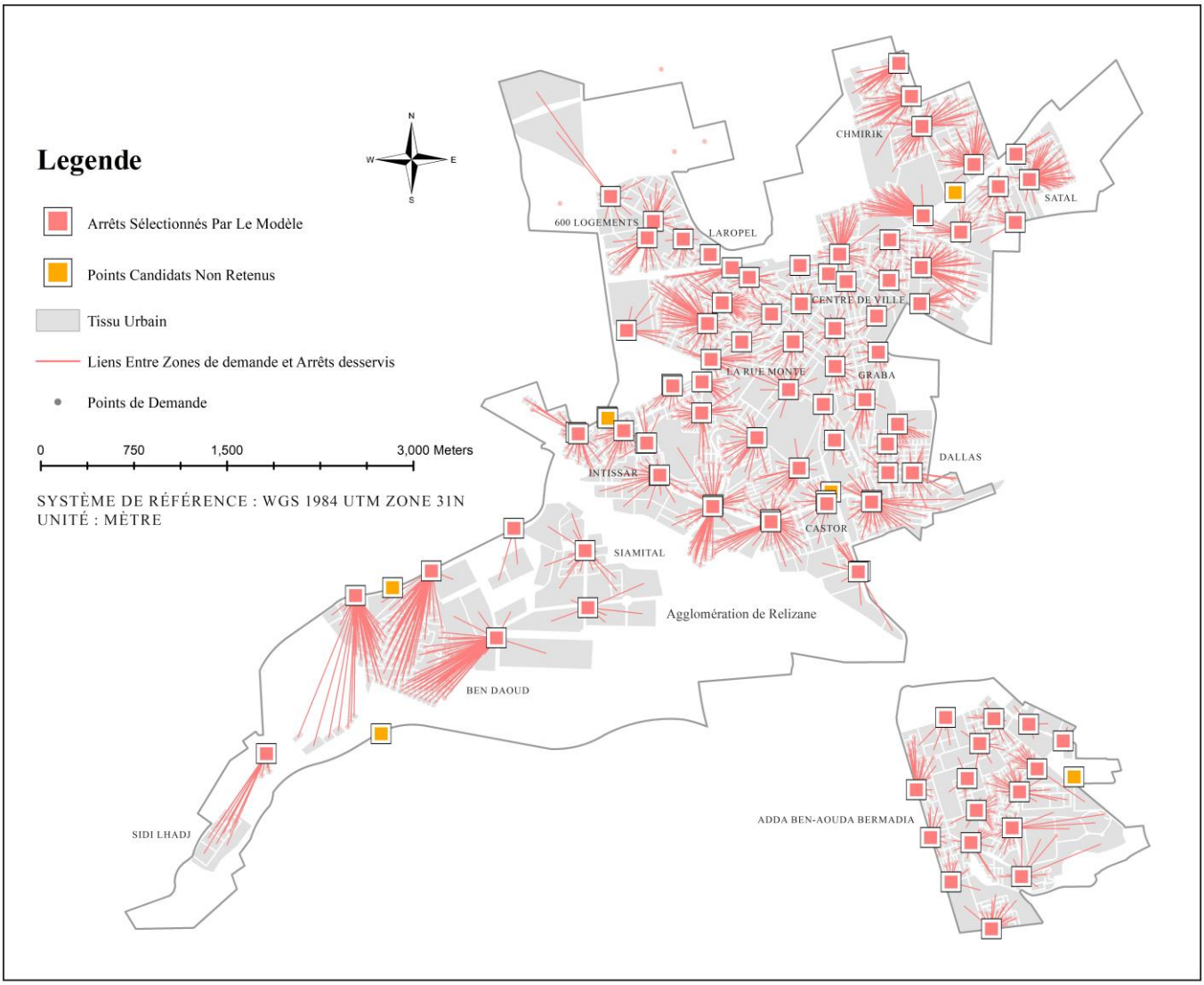


Figure 49 : Emplacements optimaux selon le modèle Location-Allocation

4. Avantages et limites de l'approche adoptée

La méthodologie mise en œuvre dans le cadre de l'étude s'articule autour d'une analyse spatiale fine (réseau, densité de population des secteurs existants, etc.) et d'une évaluation

multicritère pondérée. Ce choix méthodologique fournit l'opportunité d'une répartition optimisée des arrêts de bus à Relizane, indépendamment des pratiques empiriques et non systématiques en vigueur dans les réseaux existants. Nous proposons de faire apparaître tant ses forces que ses faiblesses.

A. Avantages

L'approche adoptée dans ce travail repose sur une intégration rigoureuse d'outils SIG (ArcGIS 10.8) au sein d'un modèle automatisé sous ModelBuilder, combinant à la fois des analyses de réseau et une évaluation multicritère spatiale pondérée. Ce cadre méthodologique a permis de proposer une répartition optimisée et cohérente des arrêts de bus, en rupture avec les pratiques empiriques traditionnellement observées à Relizane.

Le recours à l'outil Weighted Overlay a permis de combiner huit critères spatialement pertinents (densité de population, proximité aux pôles attracteurs, accessibilité viaire, pente, usage du sol, etc.), après une phase de reclassification manuelle et de pondération fondée sur une logique urbaine et territoriale. Cette pondération a été vérifiée a posteriori par une matrice AHP, assurant la cohérence interne du modèle.

L'automatisation de l'ensemble du processus via ModelBuilder (de la pondération jusqu'à l'extraction et le filtrage des points candidats) constitue un atout majeur en termes de reproductibilité et de flexibilité. Le filtrage spatial (distance minimale de 300 m, exclusion des zones bâties, snap aux routes) et les ajustements manuels sur le terrain (ajout d'arrêts sur axes à séparation centrale, etc.) ont permis de produire un réseau réaliste, mieux adapté à la morphologie urbaine.

Le modèle ainsi obtenu offre une couverture spatiale beaucoup plus équilibrée, notamment dans les quartiers historiquement sous-desservis (ex. : Bermadia, Simetal, Adda Ben Aouda, nord de Sidi El Hadj), tout en maintenant des distances de marche inférieures à 400 m pour la majorité des îlots urbains. De plus, le système est adaptable : la modification des pondérations, des critères ou de l'étendue de l'étude permettrait de générer d'autres scénarios (ex. : desserte scolaire prioritaire, nouvelles extensions urbaines, etc.).

B. Limites

Malgré ses apports méthodologiques et opérationnels, cette approche présente certaines limites qu'il convient de reconnaître.

Tout d'abord, l'étude s'est concentrée sur l'optimisation des emplacements d'arrêts, sans modéliser l'ensemble du réseau de transport (lignes, fréquences, correspondances). Or, l'efficacité perçue par l'usager dépend aussi de ces variables dynamiques, non intégrées ici.

Ensuite, certaines données utilisées — notamment celles liées à la population par îlot ou aux flux de déplacements — ont été estimées ou dérivées à partir de couches plus générales, faute de données précises disponibles. Malgré une structuration logique, ces approximations peuvent introduire un certain niveau d'incertitude dans les résultats.

Par ailleurs, la définition des pondérations, bien qu'argumentée, repose sur une expertise interne. Une approche participative impliquant les opérateurs de transport, les élus locaux ou les usagers eux-mêmes aurait permis de consolider cette étape selon des priorités partagées.

Enfin, l'absence de validation terrain constitue une limite importante. Aucun test réel ni enquête auprès des usagers n'a été mené pour confirmer l'acceptabilité ou la pertinence des emplacements proposés. Une phase complémentaire de terrain — par questionnaires, ateliers ou observations — permettrait d'enrichir le modèle en intégrant des dimensions d'usage, de confort ou de sécurité, souvent absentes dans les seules données spatiales

Conclusion générale

Conclusion générale

Le présent mémoire avait pour objectif de répondre de manière rigoureuse et opérationnelle à la problématique du mauvais positionnement des arrêts de bus dans la ville de Relizane, marqué par une couverture inégale du territoire, une faible intégration aux équipements structurants et un manque de cohérence spatiale.

En mobilisant les Systèmes d'Information Géographique (SIG), deux approches ont été mises en œuvre de manière complémentaire : Une analyse de l'accessibilité au réseau actuel, et une analyse multicritère spatiale pondérée visant à identifier les emplacements optimaux pour de nouveaux arrêts.

Le diagnostic par l'outil Near et la modélisation par Service Area ont permis de mettre en évidence les quartiers mal desservis, en particulier ceux éloignés de plus de 400 mètres d'un arrêt. Ces résultats ont confirmé l'existence de déséquilibres notables, notamment dans les zones périphériques à forte densité résidentielle.

L'approche multicritère a consisté à intégrer huit critères géographiques et urbains, reclassés sous forme de couches raster harmonisées, puis pondérés selon une logique spatiale, des normes urbanistiques et une connaissance fine du contexte local.
La pondération ainsi définie a été testée par une matrice de comparaison AHP afin d'en valider la cohérence.
L'ensemble du processus (pondération, superposition, extraction et filtrage) a été automatisé dans un modèle ModelBuilder, rendant l'analyse flexible et reproductible.

Les résultats ont abouti à une carte d'aptitude spatiale à l'échelle du pixel (10x10 m), suivie de l'extraction de points candidats, filtrés selon plusieurs critères (distance minimale de 300 m, exclusion des zones bâties, alignement aux routes).
Des ajustements manuels ont permis de renforcer la logique d'implantation, notamment sur les grands axes à double sens.

Les scénarios générés offrent ainsi une solution spatialement plus équitable, intégrant mieux les pôles de services (écoles, hôpitaux, administrations), les zones densément peuplées comme Bermadia, Simetal et Adda Ben Aouda, tout en tenant compte des contraintes physiques telles que la pente ou la configuration viaire.

Le modèle a ensuite été validé par une analyse Location-Allocation, confirmant la pertinence des choix d'implantation et la couverture optimisée du territoire.

Perspectives : Ce travail ouvre plusieurs perspectives d'enrichissement :

La réalisation d'enquêtes qualitatives auprès des usagers pour intégrer les préférences réelles dans le processus décisionnel, l'application de la méthodologie à d'autres villes algériennes, et l'intégration de données en temps réel (flux de passagers, circulation) pour améliorer la réactivité des futurs modèles.

Ainsi, ce mémoire ne se limite pas à une évaluation critique du réseau existant. Il propose une méthodologie reproductible, opérationnelle et adaptable, plaçant les données spatiales au cœur de la planification urbaine pour un système de transport plus efficace, équitable et durable à l'échelle de Relizane.

Références

- **(DUCH), l. D. (2025).**
- **(PDAU), D. d. (2017).** ***Rapport de révision du Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU),***
- **21542, I. (s.d.).** ***Accessibility and usability of the built environment.***
- **(s.d.).** ***Accessibility and usability of the built environment.*** **ISO 21542.**
- **aicha, y. (2011).** ***mémoire fin d'étude mobilité et motorisation en voiture particulière dans les villes algériennes : cas de la ville de relizane fait par.***
- **Algérie., M. d. (2018). .** ***Stratégie nationale de la mobilité urbaine durable. Direction Générale de la Planification et des Études. .***
- **Amir, A. A. (2014). .** ***Expansion urbaine et ses relations avec le transport urbain : étude de la nouvelle gare routière de la ville de Relizane, mémoire de master en sociologie urbaine, Département des sciences sociales, Faculté des sciences.***
- **Banister, D. (2008).** ***The sustainable mobility paradigm. Transport Policy, 15(2), 73–80. .*** **https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005 .**
- **Bank, W. (2020).** ***Accessibility Planning for Public Facilities.***
- **Baron, N. (2017).** ***La mobilité comme révélateur des inégalités territoriales : pour une approche systémique de l'inaccessibilité. Revue Géographique de l'Est, 57(1-2). .*** **https://doi.org/10.4000/rge.6289 .**
- **beaucire, l. &. (2000).** ***"transports publics et gouvernance urbaine", sur le rôle du cadre urbain dans.***
- **Belu. (2008).** ***Les modèles de localisation-allocation », International business and european integration,p 6.***
- **Benichou. (2018).** ***L'analyse de la couverture des équipements en zones urbaines par SIG met en évidence les zones de sous-desserte prioritaires.***
- **Benichou, K. R. (2018).** ***"Approche SIG pour la modélisation du réseau routier et la mesure de l'accessibilité aux équipements publics". .***
- **Boudiba, F. (2016).** ***La mobilité urbaine en Algérie : enjeux et perspectives. Revue des Sciences Humaines, 46(2), 55–70. .***
- **Boudiba, F. L.–7. (2016).** ***La mobilité urbaine en Algérie : enjeux et perspectives. .*** **Revue des Sciences Humaines, 46(2), 55–70. .**

- **Bouziane, K. &. (2019).** ***Agriculture and Forestry Journal – Exemple d'intégration de données multiples pour une analyse géographique fine.***

- **brandao, R. D. (2021).** ***Développement d'un outil d'aide à la décision par analyse.*** **montreal.**

- **Carmen, D. L. (2020).** ***An integrated GIS-based approach for sustainable urban public transport planning. Sustainability, 12(9), 3843.*** **https://doi.org/10.3390/su12093843 .**

- **Cerema. (2015).** ***Aménagement des arrêts de bus sur voirie.***

- **Chen, Y. Y. (2010).** ***Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation. Environmental Modelling & Software, 25(12), 1582–1591. .*** **https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.06.001 .**

- **Cherifi, S. (2019).** ***Les dynamiques urbaines et les enjeux de la mobilité dans les villes moyennes algériennes. Cahiers du CREAD, 35(2), 73–98. .***

- **Citaristi, I. (2022).** ***UN-Habitat. World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities.*** **United Nations Human Settlements: . https://unhabitat.org.**

- **CNTS, l. C. (2017).** ***Extrait du rapport relatif à l'étude du schéma de transport de la wilaya de Relizane, élaboré par le Centre national de transport et de consultance (CNATC).*** **Boumerdes, sur la situation du transport urbain en 2017.**

- **code.earthengine.google.com. (2025).**

- **Cover, C. L. (s.d.).** ***Urban Atlas – European Environment Agency.***

- **Crucitti P., L. V. (2006).** ***« Centrality measures in spatial networks of urban streets », Physical Review E, 73(3), pp. 1-5.***

- **Cucuzzella, C. S. (2020).** ***Réinventer l'attente du bus : Vers une nouvelle conception des arrêts de transport collectif urbain. VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, 20(1).*** **https://doi.org/10.4000/vertigo.2700.**

- **Curtis, C. &. (2010).** ***Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making. Progress in Planning, 74(2), 53–106. https://doi.org/10.1016/j.progress.2010.05.001 .***

- **Davis, A. (1992).** ***sur la sécurité perçue des arrêts comme facteur clé d'usage. .***

- **Derbal, S. (2015/2016).** ***Le transport urbain collectif par autobus dans le cadre du développement durable de la ville de Khenchela, mémoire de Master en techniques de BTP, Institut des Techniques de BTP, Université Larbi Ben M'hidi Oum .***

- **directeur. (2023). Rapport sur la situation du secteur des transports dans la wilaya de Relizane, Direction des Transports de la Wilaya de Relizane,.**

- **directeur. (2025). Enquête de terrain, entretien avec la Direction des Transports de la Wilaya de Relizane, en face de la mairie . duch.**

- **directeur. (2025).** ***Direction des Transports de la Wilaya de Relizane .***

- **directeur, l. (2025).** ***Établissement public de transport urbain de la wilaya de Relizane, enquête 2025 .***

- **Direction des Transports de la Wilaya de Relizane . (2025).** ***Schéma directeur des transports urbains, Relizane.***

- **Direction, d. d. (2025). Enquête de terrain, la Direction des Transports,.**

- **Djaballah, B. (2021).** ***Le transport urbain, cours du cinquième semestre, module de la mobilité et du transport.***

- **Enquête de terrain, e. a. (Avril 2025 .).**

- **ESRI. (2020).** ***Network Analyst permet le calcul automatisé de zones de service et de trajets optimaux .***

- **Esri. (s.d.).** ***Esri ArcGIS Network Analyst Questions) .***

- **Focas, C. &. (2017).** ***The future of road transport: Implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility. Publications Office of the European Union. .*** **https://doi.org/10.2760/66814 .**

- **Geertman, S. &. (2003).** ***Planning Support Systems in Practice. Springer. .***

- **Geurs, K. T. (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 .**

- **Guitouni, A. M. (2010).** ***Cadre méthodologique pour différencier les méthodes multicritères. .*** **: Defence [sic] R&D pour la défence [sic] Canada-Valcartier. .**

- **Hadjiedj, B. e. (2000).** ***L'intégration d'une logique d'optimisation spatiale est essentielle dans l'élaboration des réseaux de transport collectif. .***

- **Khaled, S. A. (2010/2011).** ***Le transport urbain dans la wilaya de Relizane, mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'études appliquées, Département de Géographie et d'Aménagement du Territoire, Univers.***

- **Khira, F. (2011/2012).** ***La trame urbaine de la wilaya de Relizane, mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master 2, Université d'Oran 2, p. 5/6. .***

- **Laurent chapelon, J.-C. U. (s.d.).** ***Les fondements théoriques et méthodologiques de la conception des logiciels d'accessibilité dans la recherche française en géographie et aménagement.*** **Laboratoire de Géographie et d'Aménagement de Montpellier.**

- **Longley, P. A. (2015).** ***Geographic Information Science and Systems (4th ed.). Wiley. .***

- **mairie, o. +. (2025).** ***plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (pdau) + fiche technique de la commune + office national des statistiques (ons) .***

- **Malczewski, J. (1999).** ***GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons. .***

- **Malczewski, J. (2006).** ***GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. International Journal of Geographical Information Science, 20(7), 703–726. .*** **https://doi.org/10.1080/13658810600661508 .**

- **Mena, S. (2000).** ***Introduction aux méthodes multicritères d'aide à la décision. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, .***

- **Meunier, C.-W. &. (2003).** ***un arrêt mal positionné peut entraîner jusqu'à 20 % de perte de temps opérationnel sur une ligne urbaine mal optimisée. .***

- **Monographie de w de Relizane . (2025). Récupéré sur (https://interieur.gov.dz/monographie/index.php?wil=48)**

- **Monographie de wilaya de Relizane. (2025). Récupéré sur https://interieur.gov.dz/monographie/index.php?wil=48)**

- **Offner, J. M. (2006).** ***nouvelle utopie urbaine. Esprit, 321, 125–146.*** **La mobilité : nouvelle utopie urbaine. Esprit, 321, 125–146.**

- **OUAHIBA, I. (2019).** ***PROBLÉMATIQUE DE LA MOBILITÉ URBAINE DANS LES VILLES*** **. à béjaïa: mémoire de problématique de la mobilité urbaine dans les villes algériennes.**

- **Öztaşkın, D. &. (2023).** ***The Accessibility of Public Transportation Stops: Istanbul Case. Turkish Journal of Remote Sensing and GIS, Vol. 4(2), pp. 301–318*** **.**

- **Papon, F. (2002).** ***Accessibilité et mobilité des personnes âgées : quelles politiques ? Revue Transport, 47(1), 13–18. .***

- **PDAU, R. é. (2017).**

- **pegard, o. (2007).** ***espacestemps.net – l'abribus est un symbole d'usage public et un levier d'amélioration de l'espace urbain.(page 2 – 6 -11).*** **Récupéré sur https://www.espacestemps.net/articles/abribus/**

- **Relizane, D. d. (2025).** ***, Révision exceptionnelle du PDAU, deuxième phase, pp. 11-12. .***

- **Roumaissa, D. (2024).**

- **Saaty, T. L. (1980).** ***The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill. .***

- **Sadki, L. (2021).** ***Les SIG comme outil de gouvernance urbaine en Algérie : entre potentialités et inerties. Revue Algérienne de Géographie Appliquée, 6(2), 93–108.***

- **Sadki, L. (2021).** ***Les SIG comme outil de gouvernance urbaine en Algérie : entre potentialités et inerties. Revue Algérienne de Géographie Appliquée, 6(2), 93–108. .***

- **Sali, S. (. (2015).** ***Une mauvaise implantation des arrêts augmente les comportements imprudents chez les usagers (montée en marche, traversées imprévues, etc.). .***

- **Shaikh1, M. A. (2024).** ***Measuring GIS-based pedestrian accessibility to bus stops*** **. pakistan .**

- **Sidi Ahmed Nour Eddine, I. C. (2011).** ***Le transport urbain dans la ville de Relizane, mémoire de licence, Département d'aménagement du territoire, Université de Relizane, Faculté de géographie, p. 13. .***

- **Sidi Ahmed Nour Eddine, I. C. (2011).** ***Le transport urbain dans la ville de Relizane, mémoire de licence, Département d'aménagement du territoire, Université de Relizane, Faculté de géographie, p. 14 .***

- **SIG., R. (2025).** ***Analyse spatiale réalisée avec ArcGIS Desktop 10.8 par les auteurs. Données non publiées. .***

- **Simic. (2015).** ***A hybrid analytic hierarchy process for clustering and ranking best location for logistics distribution center, "Lecture Notes in Arti icialIntelli gence" No. 9121, p. 477-488.***

- **Soumia, B. (2024).** ***Adéquation spatiale de l'expansion urbaine en utilisant les systèmes d'information géographique et l'analyse hiérarchique multicritère (AHP), mémoire de deuxième stage, premier cycle, diplôme d'ingénieur d'État de l'administra.***

- **Statistiques, l. N. (2022).**

- **TCQSM. (2013).** ***(Transportation Research Board. (2013). Transit Capacity and Quality of Service Manual (3rd ed., TCRP Report 165). Washington, D.C.: National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.).***

- **TFL, T. f. (s.d.).** ***Design Guidelines for Transport Nodes.***

- **TRB. (2013).** ***Transit Capacity and Quality of Service Manual (TCQSM), TCRP Report 165.***

- **UITP. (2016).** ***Public Transport Access Guidelines.***

- **UITP. (2019).** ***Bus systems in urban transport: Key facts and trends. Union Internationale des Transports Publics. .*** **https://www.uitp.org .**

- **UITP. (2019).** ***Bus systems in urban transport: Key facts and trends. Union Internationale des Transports Publics. .*** **https://www.uitp.org .**

- **UN-Habitat. (2013).** ***Urban Density Guidelines.***

- **yousfi aicha. (2011).** ***mémoire fin d'etude mobilite et motorisation en voiture particuliere dans les villes algeriennes : cas de la ville de relizane fait par yousfi aicha en .***

- **Zebouja Khaled Khatem Ahmed. (2006).** ***pfe d'ingénieur d'État en géographie et aménagement du territoire, Les transport dans w de relizane et leur rôle dans l'organisation du domaine, , p. 8 .***