



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج  
Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers  
قسم بيئة ومحيط

Département d'Ecologie et Environnement

## Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine de Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie et Environnement

### Intitulé :

Création d'un système géo-intelligent pour la planification  
de la gestion des déchets urbains : étude de cas de la ville de  
Bordj Bou Arreridj « start up »

### Présenté par :

BELFERKOUS Abdelouahab & RIGHI Sabrina

Soutenu le : 01/07/2025, Devant le Jury :

Président :	M <sup>me</sup> . TABTI Salima	Prof.	Université de B.B.A.
Encadrant :	M <sup>me</sup> . BELLOULA Salima	MCB	Université de B.B.A.
Co-Encadrant :	M. BENSEFIA Sofiane	MCA	Université de B.B.A.
Examineur :	M <sup>me</sup> . BOULKROUNE Hasna	MCA	Université de B.B.A.

Année Universitaire :2024/2025

# Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier **ALLAH** Tout-puissant qui nous a accordé la force et la patience pour mener à bien ce travail.

A l'issue de ce travail de recherche, nous tenons à exprimer nos remerciements à notre encadrante M<sup>me</sup> BELLOULA Salima et notre co-encadrant M. BENSEFIA Sofiane pour avoir dirigé ce modeste travail. Nous leur sommes infiniment reconnaissants pour leur bienveillance, leurs précieux conseils, leur patience et leur disponibilité. Nous espérons qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous tenons à remercier, Mme TABTI Salima pour avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Nous remercions aussi Mme BOULKROUNE Hasna pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions également l'ensemble de nos enseignants qui ont contribué à notre formation tout au long de notre parcours universitaire.

Nous remercions Mr KHOUDJA Mouloud le directeur général de l'EPWGCET-BBA qui nous a accordé de continuer nos études universitaires pour obtenir le diplôme de master.

Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont participé à la réalisation de ce travail.

*Merci*



# Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

- À la lumière et à la joie de vivre, A mon adorable mère source de compassion, qui ne cesse de prier pour moi et me soutient pour que je puisse atteindre mes objectifs : ma mère BENMAHAMED Aida. Quoi que je fasse ou je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit.

- A tous ce qui d'une façon ou d'une autre m'aidé à la réalisation de mon mémoire.

-A mon meilleur ami Dr. LAMECH Larbi.

**Abdelouahab**

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

- La lumière et à la joie de vivre, Amon adorable mère source de compassion,  
qui ne cesse de prier pour moi et me soutient pour que je puisse atteindre  
mes objectifs : BOUDAHA Zouina.

-Mon mari : RACHEDI Sofiane, ce succès est un cadeau de ma part pour vous.

-Mes adorables enfants : Moncef, Chakib, Marak et Acil.

-Mes chères sœurs : Fatima Zohra, Karima, Nadjat et Lamia.

-Mes meilleurs frères : Cherif et Mohamed.

-Mes collègues de travail dans l'EPWGCET-BBA.

-Toute la famille RIGHI

-Tous qui m'ont soutenue tout au long de cette période.

**Sabrina**

# Liste des abréviations

## Liste des abréviations

**AND** : agence nationale des déchets.

**APC** : assemblée populaire communale.

**BBA** : Bordj Bou Arreridj.

**CET** : centre d'enfouissement technique.

**DMA** : déchet ménager et assimilé.

**EPWGCET** : établissement publique de wilaya de gestion des centres d'enfouissement technique.

**IA** : intelligence artificielle.

**SIG** : système d'information géographique.

# Liste des figures

## Liste des figures

<b>Figure 01</b>	Carte de la situation géographique de la ville de Bordj Bou Arreridj.....	4
<b>Figure 02</b>	Siège de l'administration de l'EPWGCET.....	6
<b>Figure 03</b>	Localisation du centre d'enfouissement technique (CET).....	9
<b>Figure 04</b>	Schéma des secteurs opérationnels de collecte de la ville de Bordj Bou Arreridj...	12
<b>Figure 05</b>	Carte de répartition de la population en fonction des secteurs.....	14
<b>Figure 06</b>	Répartition des bacs à ordures dans la commune de Bordj Bou Arreridj.....	15
<b>Figure 07</b>	Les composants du système géo-intelligent.....	19
<b>Figure 08</b>	Indice du voisin le plus proche sur l'emplacement des bacs dans le tissu urbain...	21
<b>Figure 09</b>	Carte d'emplacement des bacs par rapport à la distance standardisée et la distribution directionnelle.....	24
<b>Figure 10</b>	Carte d'influence des bacs dans les secteurs urbain n° (2-12 –14– 21) .....	25
<b>Figure 11</b>	Mécanisme d'analyse d'équité de distribution.....	26
<b>Figure 12</b>	Cartes illustrant l'équité de la répartition des bacs dans les quatre secteurs n° (2 - 12 - 14 - 21) .....	28
<b>Figure 13</b>	Carte illustrant les résultats de l'analyse de densité par noyau (Kernel Density) de la distribution des bacs.....	29
<b>Figure 14</b>	Carte illustrant les résultats de l'analyse à l'aide des polygones de Thiessen de l'efficacité des bacs.....	30
<b>Figure 15</b>	Résultats obtenus du système géo-intelligent.....	31

# Liste des tableaux

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b>	Moyen humain.....	6
<b>Tableau II</b>	Moyen matériel de l'EPWGCET.....	7
<b>Tableau III</b>	Evolution des quantités des déchets générés au niveau de la commune de Bordj Bou Arreridj.....	9
<b>Tableau IV</b>	Sectorisation au niveau de la commune de Bordj Bou Arreridj.....	11
<b>Tableau V</b>	Répartition de la population et quantités des déchets ménagers.....	13
<b>Tableau VI</b>	Pourcentage de la composition des déchets génères au niveau de la commune de Bordj Bou Arreridj.....	16
<b>Tableau VII</b>	Emplacement des bacs par rapport à la distance standardisée.....	22
<b>Tableau VIII</b>	Coefficient d'équité de la répartition des bacs à déchets au niveau des secteurs sélectionnés.....	27

# Table des matières

# Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
I-Introduction.....	1
<b>II- Matériel et méthodes</b>	
II-Matériel et méthodes.....	4
1-Présentation de la zone d'étude.....	4
1.1-Le réseau hydrographique.....	5
1.2-le climat.....	5
1.3-les précipitations.....	5
1.4-les vents.....	5
2-Gestion des déchets ménagers dans la ville de Bordj Bou Arreridj.....	5
2.1-Présentation de l'EPWGCET.....	5
2-2-Collecte des déchets ménagers.....	6
2.2.1-Moyen humain.....	6
2.2.2-Moyen matériel.....	7
2.2.3-Type de collecte.....	7
a-Collecte en apport volontaire.....	7
b-Collecte en porte à porte.....	7
2.2.4-Les horaires de ramassage des déchets ménagers .....	7
2.3Traitement des déchets.....	8
2.3.1-Centre d'enfouissement technique.....	8
2.3.2-Evolution des quantités de déchets réceptionnés au niveau du centre d'enfouissement technique.....	9
3-Matériel utilisé.....	10
4- Méthodologie.....	11
4.1-Collecte et traitement des données.....	11

4.1.1-Sectorisation.....	11
4.1.2-Répartition de la population et quantités des déchets ménagers générés en fonction des secteurs.....	12
4.1.3-Répartition des bacs à ordures dans la commune de Bordj Bou Arreridj.....	14
4.1.4-Typologie des déchets ménagers .....	15
4.2-Analyse spatiale.....	16
4.2.1-Création d'une base de données à référence spatiale.....	17
4.2.2-Calage de l'image JPG .....	17
4.3-Système intelligent.....	17
4.3.1-Technologie utilisée.....	18
a-Carte Arduino.....	18
b-capteur de distance ultrasonique .....	18
c-Capteur d'humidité et de température (DHT11 ou DHT 22) .....	18
d-Module GPS(NEO-6M) .....	18
e-Module de communication GSM(SIM800L) .....	18
4.3.2-Architecture du système.....	19
4.3.3-Fonctionnement global.....	20

### **III-Résultats et discussion**

III-Résultats et discussion.....	21
1-Analyse de la gestion actuelle des déchets solides ménagers.....	21
1.1-Analyse et évaluation de la répartition géographique des bacs à ordures.....	21
1.1.1-Analyse de l'indice du voisin le plus proche.....	21
1.1.2-Distance standardisée.....	22
1.1.3-Distribution directionnelle .....	23
1.1.4-Zone d'influence des bacs.....	24
1.1.5-Analyse de l'équité de la répartition.....	25
1.1.6-Analyse par noyau (Kernel) de la densité et distribution spatiale des conteneurs...	28
1.1.7-Evaluation de l'efficacité des bacs à déchets par la méthode des polygones de Thiessen.....	29
2-Analyse du système géo-intelligent.....	30
Conclusion.....	32

# Introduction

## I. Introduction

La consommation mondiale connaît une croissance rapide depuis plusieurs décennies, entraînant une augmentation continue de la production de déchets solides. Cette accumulation constitue une menace croissante pour l'environnement et la santé publique, en particulier dans les zones urbaines où les systèmes de gestion des déchets sont souvent dépassés. Selon un rapport de la banque mondiale de déchets pourrait atteindre 3.1 milliards de tonnes par an d'ici 2050 si aucune action n'est entreprise contre 2,01 milliards en 2016 (**Kaza et al. 2018**).

La croissance rapide des populations urbaines, notamment dans les pays en développement, s'accompagne d'une augmentation significative de la production de déchets solides municipaux. Cette situation pose des défis majeurs pour les autorités locales en matière de planification, de collecte, de transport et de traitement des déchets. Sans outils modernes d'analyse, ces opérations restent souvent inefficaces, coûteuses et nuisibles à l'environnement (**Suhartno et al. 2021**).

La question de la gestion des déchets ménagers (DMA) occupe une place croissante dans les problématiques environnementales actuelles. En Algérie, l'état de l'environnement s'est dégradé depuis les années quatre-vingt sous l'effet de plusieurs facteurs, notamment : l'urbanisation accélérée et le niveau de développement économique et social. Ces insuffisances ont engendré une série de conséquences préoccupante, telles qu'une aggravation des problèmes de santé publique, une réduction des moyens humains et matériels dédiés à la préservation de l'environnement. (**Ait Maamar et Kechout, 2016**).

En Algérie, la production de déchets ménagers est estimée entre 10 et 12 millions de tonnes par an. Ces déchets sont éliminés à 87 % par mise en décharges sauvages, en raison de son coût inférieur par rapport aux autres filières, telles que l'incinération ou le compostage. Ces décharges sont réparties sur plus de 4409 sites sauvages et points noirs, avec 71 226 tonnes de déchets couvrant l'ensemble du territoire national, pour une superficie totale de 4552.50 hectares (**M.A.T.E., 2024**).

Ces pratiques entraînent des problèmes environnementaux majeurs (pollution de l'air, des sols et des eaux), aggravés par des enjeux d'hygiène publique et par l'insuffisance des infrastructures dédiées à la gestion des déchets ménagers.

Depuis plus de 20 ans, la prise en charge et le traitement des déchets ont subi des modifications fondamentales : la gestion classique (collecte puis enfouissement ou incinération) a évolué vers une gestion multi-filières (tri sélectif, collecte, récupération, compostage, incinération, enfouissement) rendue nécessaire par le renforcement des réglementations environnementales.

La ville de Bordj Bou Arreridj, confrontée comme d'autres villes Algériennes à une gestion inefficace des déchets, nécessite une approche innovante associant SIG et participation citoyenne pour améliorer la propreté urbaine.

La production des déchets ménagers à Bordj Bou Arreridj est en constante augmentation, générant des nuisances permanentes qui dégradent le cadre de vie **(EPWGCET BBA, 2024)**.

Actuellement la gestion des déchets à Bordj Bou Arreridj s'effectue sans outils numérique d'aide à la décision. Ce qui entraîne une mauvaise allocation des ressources, des trajets de collecte inefficaces et des couts élevés **(EPWGCET BBA, 2024)**.

Notre étude vise à développer un modèle des infrastructures formelles et informelles du système de gestion des déchets à Bordj Bou Arreridj, en tenant compte du rôle important des organisations spontanées de quartier. Les résultats ont permis d'élaborer une base de données à référence spatiale (géo référencés) capable d'intégrer de manière structurée l'ensemble des informations existantes et futures.

Ce système géo-intelligent basé sur les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et l'Intelligence Artificiel (IA) représente une approche novatrice et durable pour planifier et gérer les déchets urbains de manière plus efficiente, en intégrant des paramètres spatiaux, temporels, sociaux et environnementaux dans un modèle d'aide à la décision **(Abd El Rahman et Soliman, 2019)**.

L'IA améliore les capacités prédictives en matière de production de déchets, rendant le système proactif plutôt que réactif **(Abd El Rahman et Soliman, 2019)**.

Le couplage entre SIG et IA donne naissance à des systèmes géo-intelligents capables d'analyser en profondeur l'environnement urbain. Ces systèmes permettent d'intégrer des données multi sources (géographique, démographique, comportementales) pour automatiser la planification, améliorer l'efficacité des services de collecte, réduire les coûts et limiter les impacts environnementaux (**Malak Ahmad et al. 2014**).

Cette étude avait pour finalité principale la conception d'un système géo-intelligent intégrant outils SIG et analytiques, afin d'optimiser la gestion des déchets urbains à Bordj Bou Arreridj. Les objectifs principaux comprenaient (1) la minimisation des coûts opérationnels et environnementaux, (2) suivre et prévenir les impacts environnementaux en temps réel, (3) la création d'un référentiel géo cartographique standardisé.

Cette situation soulève la problématique suivante : Dans quelle mesure système géo-intelligent combinant SIG et intelligence artificielle, pourrait-il améliorer et optimiser la gestion des déchets urbains à Bordj Bou Arreridj.

Afin de répondre à la problématique de gestion des déchets urbains à Bordj Bou Arreridj, ce mémoire est structuré en quatre parties principales :

- ✚ Introduction.
- ✚ Partie « Matériel et méthodes » décrivant la zone d'étude. Les méthodes de traitement des données géographiques.
- ✚ Partie « résultats et discussions » analysant les données obtenues.
- ✚ Conclusion synthétisant les principaux résultats et proposant des recommandations et des perspectives.

# Matériel et Méthodes

## II. Matériel et méthodes

### 1-Présentation de la zone d'étude

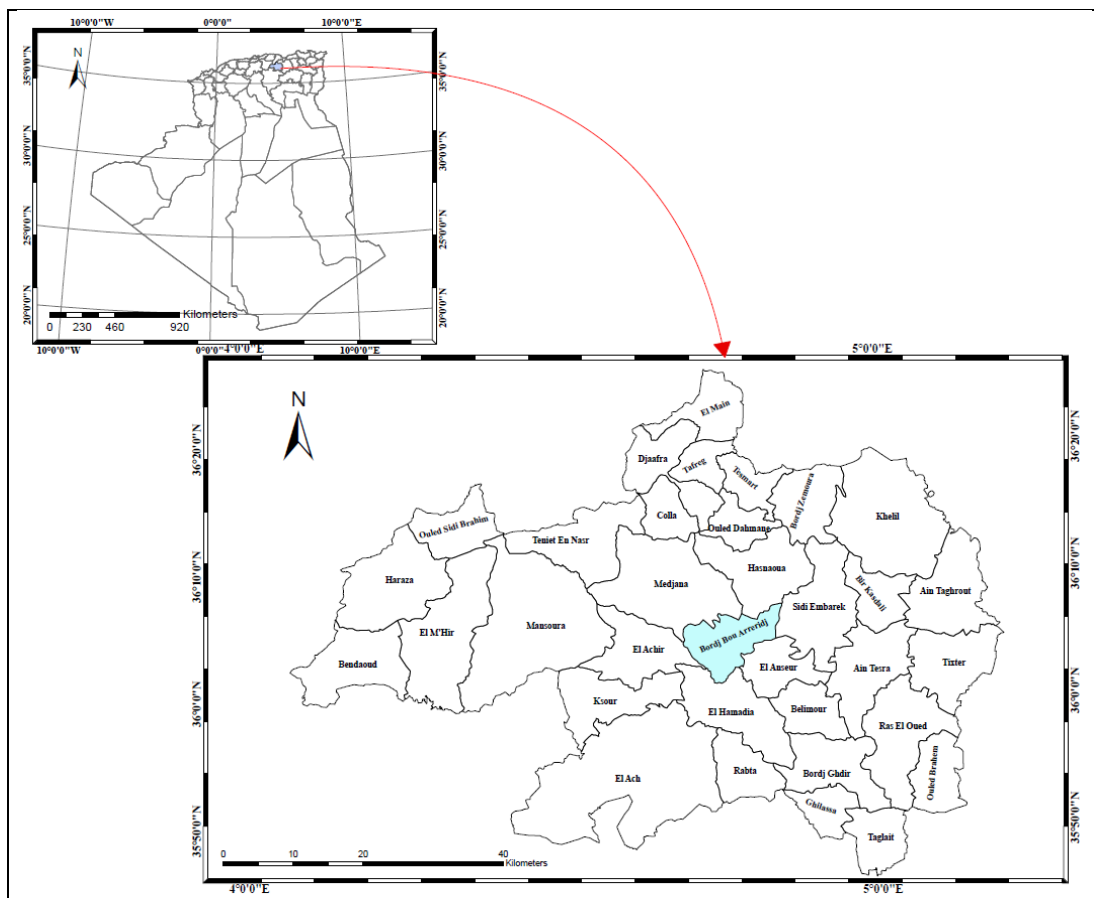
Capitale d'El Bibane relevant des Hauts Plateaux de l'Est du pays, la wilaya de Bordj Bou Arreridj s'étend sur l'axe Alger - Constantine, elle se situe à 230 km d'Alger et à 200 km de Constantine ; elle représente un axe important qui fait sa centralité géographique et économique dans le pays (**D.P.A.T 2024**).

A la faveur de sa position stratégique sur trois axes routiers importants que sont l'autoroute Est-Ouest, la Rn°05 et la Rn°45, elle ouvre une grande porte au Nord sur la wilaya de Bejaia et une autre sur le Grand Sud.

Elle appartient à un ensemble géographique constituant la « Région programme Hauts Plateaux Est » qui regroupe les wilayas de Tébessa, Oum El-Bouaghi, Bordj Bou Arreridj, Sétif, Batna et Khenchela (**D.P.A.T 2024**).

Le territoire de la wilaya de Bordj Bou Arreridj couvre une superficie de 3920,43Km<sup>2</sup>. Il abritait, à la fin de l'année 2022, une population de l'ordre de 885 400 habitants.

La ville de Bordj Bou Arreridj est le chef-lieu de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, elle couvre une superficie de 81.11 Km<sup>2</sup> (**D.P.A.T 2024**).



**Figure01** : Carte de la situation géographique de la ville de Bordj Bou Arreridj.

### **1.1-Le réseau hydrographique**

Le réseau hydrographique de la ville est caractérisé par deux cours d'eau principaux de sens d'écoulement opposés séparés par une ligne de partage des eaux. Cette limite naturelle correspond à la frontière de grands bassins versants (**D.P.A.T 2023**).

### **1.2-Le climat**

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants au sein de leur environnement (**Guit, 2015**). L'étude du climat permet de connaître les précipitations annuelles de la région, la direction des vents dominants selon les saisons, ainsi que les variations de températures tout au long de l'année. Ces données aident à déterminer les caractéristiques climatiques locales et leurs impacts sur les éléments urbanistiques et humains.

Le climat est de type continental semi-aride, marqué par des hivers rigoureux et des étés secs et chauds. Toutefois, des contrastes pluviométriques liés à l'altitude sont observés entre les différentes régions (**D.P.A.T 2023**).

### **1.3-Les précipitations**

Les précipitations les plus importantes sont enregistrées dans les zones montagneuses (700 à 1 000 mm). Tandis qu'ailleurs, la pluviométrie varie entre 300 et 600 mm. Les gelées blanches, fréquentes sur les hautes plaines, constituent un facteur limitant pour la production agricole. Pendant le mois le plus froid, les températures minimales moyennes avoisinent 0°C (**D.P.A.T 2023**).

### **1.4-Les vents**

Les vents dominants proviennent principalement du Nord-ouest pendant une grande partie de l'année, tandis que les vents du Sud (Sirocco) sont fréquents en été (**D.P.A.T 2023**).

## **2- Gestion des déchets ménagers dans la ville de Bordj Bou Arreridj**

L'étude de la gestion des DMA dans la ville de Bordj Bou Arreridj nécessite des outils de gestion des informations spatiales afin de mieux exploiter les données recueillies des services de l'APC de Bordj Bou Arreridj et l'EPWGCET (**EPWGCET BBA, 2024**).

### **2-1- Présentation de l'EPWGCET**

✓ **Date de création** :08/11/2008.

✓ **Les centres gérés par l'établissement**

- Trois (03) centres d'enfouissement technique des déchets ménagers et assimilés intercommunaux « CET classe II » à Bordj Bou Arreridj, Khelil et Mansoura.
- Une décharge contrôlée intercommunale des déchets ménagers et assimilés à « RABTA ».
- Un centre des déchets inertes « CET classe III » à Bordj Bou Arreridj.
- Une déchetterie industrielle.
- Un incinérateur des déchets d'activités de soins en cours d'acquisition.



**Figure 02** : Siège de l'administration de l'EPWGCET.

## 2.2-Collecte des déchets ménagers

L'EPWGCET BBA est chargée de la gestion des DMA de la commune (pré collecte, collecte, transport, élimination, recyclage et traitement des déchets) depuis Janvier2018.

### 2.2.1-Moyen humain

Le facteur humain est une composante importante de l'établissement (Tableau I)

**Tableau I** : Moyen humain (EPWGCET BBA 2024).

Désignation de l'EPIC	Les employés (service de nettoyage)			
	Cadre administratif	Agent de maîtrise	Agent d'exécution	Total
EPWGCET	02	05	148	155

### 2.2.2-Moyen matériel

Le véhicule du transport des ordures est généralement composé d'un châssis, d'une benne et d'équipements qui diffèrent par la taille du camion, le mode de traction, le système de maintien des conteneurs, le système de compactage. L'EPWGCET de Bordj Bou Arreridj a mis en disponibilité des véhicules mentionnés dans le tableau (Tableau II) :

**Tableau II : Moyen matériel (EPWGCET BBA 2024).**

Désignation de l'EPIC	Benne tasseuse	Benne tasseuse à bras d'élevage	Camion	Camion ampli-roll	Camion à citerne	Camion balayeur	Balayeuse mécanique
EPWGCET	24	02	08	01	02	01	02

### 2.2.3-Type de collecte

Le processus de collecte des ordures ménagères dans la ville de Bordj Bou Arreridj joue un rôle important dans la gestion des ordures ménagères, les agents de nettoyage collectent quotidiennement selon deux manières :

**a- Collecte en apport volontaire** : l'EPWGCET de Bordj Bou Arreridj a mis en place des points de collecte spécifiques qui permettent aux particuliers de collecter leurs ordures ménagères et de les apporter à l'endroit désigné au niveau de leur résidence pour élimination. Ce système comprend notamment les bâtiments et les grandes collectivités résidentiels par la distribution des bacs à ordures pour couvrir le plus grand nombre des zones dans la ville de Bordj Bou Arreridj

**b-Collecte en porte à porte** : les ramasseurs déposent les déchets au niveau des points de ramassage au niveau de la voie publique. Ce processus nécessite une main-d'œuvre importante, en particulier dans les zones où les camions ne peuvent pas accéder, dont les agents de nettoyage ramassent les sacs poubelles devant chaque maison, puis les jettent dans des camions pour les transporter vers le CET. Ce mode de ramassage touche de nombreux quartiers, notamment les quartiers de logements individuels qui se situent au centre de la ville où la propagation des bacs ne donne pas une bonne vision de la ville.

### 2.2.4-Les horaires de ramassage des déchets ménagers

- Rotation de collecte principale à 21h :30
- Rotation de collecte principale à minuit

- Rotation de rattrapage à 06 :00 du matin
- Rotation de collecte pour les établissements et institutions étatiques
- Enlèvement des caissons métalliques par camion ampli-roll à 05h:00 du matin (14caissons - 04 rotations/jour)
- Rotation de collecte du carton à 16 :00 dans les 21 secteurs
- Rotation de collecte des déchets des bacs semi-enterrés à 05h:00 du matin (70bacs-02 rotations/jour).

## **2.3 Traitement des déchets**

Dans le cadre de la gestion des déchets ménagers et assimilés à Bordj Bou Arreridj, le traitement constitue l'étape ultime de leur cycle de vie. Les déchets sont alors acheminés vers le seul site dédié à cette fin : centre d'enfouissement technique de Bordj Bou Arreridj.

### **2.3.1-Centre d'enfouissement technique**

- Date de mise en exploitation :09/06/2009
- Nombre des communes conventionnées : 08
- Communes concernées : Bordj Bou Arreridj, ElAnasser, Hasnaoua, Sidi Embarek, Bordj el Ghedir, Ghailassa, Medjana et Belimour.
- Population desservie :297590 habitants.
- Superficie : 10 hectares.
- Localisation : situé à 05km au Nord-Est du chef-lieu de la wilaya au lieu-dit « Boumergued » commune de Sidi Embarek.
- Casier n° :01 : Capacité de 150000m<sup>3</sup>(fermé).
- Casier n° :02 : Capacité de 130000m<sup>3</sup> (saturé). Réalisé par l'EPWGCET en2018.
- Bassin de lixiviat : 01bassin.
- Station de traitement de lixiviat : Capacité de 80m<sup>3</sup>/j (en cours de réalisation par l'AND).



**Figure 03** : Localisation du centre d'enfouissement technique (CET).

### 2.3.2-Evolution des Quantités des déchets réceptionnés au niveau du centre d'enfouissement technique

En raison de l'augmentation de la population, de l'urbanisation rapide et du changement de mode de vie, la quantité de déchets ménagers est passée de 59 223.41 Tonne en 2018 à 61484.62 Tonne en 2024 avec un ratio de 0.67Kg/j/hab. la quantité de DMA généré dans la ville de Bordj Bou Arreridj dépasse les 168 Tonne par jour (Tableau III).

Le volume des déchets enregistré en 2020 est de 74 285.10 Tonne par rapport à 2019 et 2021. Cela est dû à la présence du corona virus, qui a touché l'ensemble du pays, ce qui a conduit à prendre certaines mesures, notamment l'extension vacances et cette raison a contribué de manière significative à l'augmentation notable du volume de déchets tout au long de l'année (Tableau III).

**Tableau II** : Evolution des quantités des déchets générés au niveau de la commune de Bordj Bou Arreridj.

ANNEE	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Nombre d'habitant	Ratio Kg/j/ha
Quantités Des déchets	59223.41	62024.52	74285,10	57741.32	58578.99	60248.58	61484.62	251396	0.67
M/J (tonnes)	162.26	169.93	203.52	158.19	160.49	165.06	168.45	/	/

### 3- Matériel utilisé

Le matériel utilisé pour la collecte des données se compose comme suit :

- Les logiciels utilisés : Map Info10.08, Google Earth pro.
- Un ordinateur portable.
- Un appareil photographique de la marque SONY.
- Des cartes numériques.
- Une carte Arduino-uno
- Les capteurs intelligents : HC-SR04, DHT11, MQ135.
- Module GPS.
- Module SIM800L

Un système d'information géographique (SIG) est défini par **Thériault (1996)** comme « Un ensemble de principes, de méthodes, d'instruments et données à référence spatiale utilisés pour saisir, stocker, transformer, analyser, modéliser, stimuler et cartographier des phénomènes et processus distribués dans l'espace géographique ». Il s'agit donc d'un outil informatique permettant de gérer des informations ».

Les principales fonctionnalités des SIG comprennent (**Thériault, 1996**):

- **L'archivage**, stockage des données via la saisie d'information sous forme numérique.
- **L'analyse spatiale**, capacité d'analyse qui en fait un outil puissant d'aide à la décision.
- **La visualisation**, représentation des résultats d'analyses sous forme de cartes thématiques.

Dans le domaine de la gestion des ordures ménagères, Avec le SIG, on peut :

- Voir où se trouvent les opérateurs de collecte et matérialiser leur circuits journalier ou hebdomadaire de collecte.
- Voir les points de regroupement des déchets collectés

La visualisation rapide de ces informations peut permettre aux différents acteurs de la gestion des déchets de localiser des zones prioritaires en matière d'amélioration des services d'assainissement. Les acteurs et décideurs peuvent ainsi voir où se situent les problèmes d'assainissement.

Des données variées ont été recueillies auprès des différentes institutions et entreprises afin de constituer une base de données géographique intégrée dans le système d'informations géographique (SIG).

## 4- Méthodologie

### 4.1-Collecte et traitement des données

Les données sont accueillies auprès de l'EPWGCET. Un travail de terrain est effectué dans la ville pour obtenir les coordonnées géographiques des points de collecte.

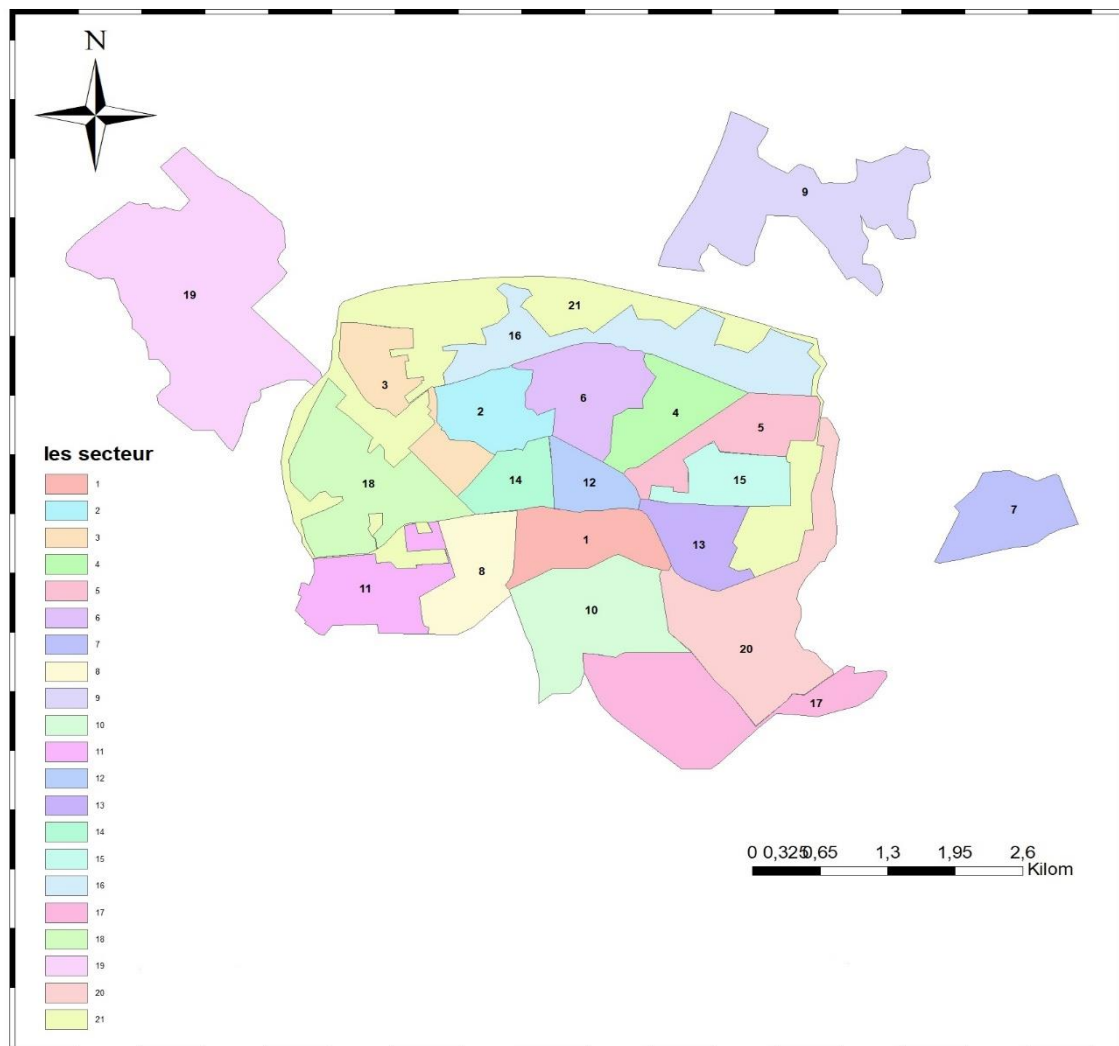
#### 4.1.1-Sectorisation

En coordination avec la Direction de l'environnement, l'AND et les services de L'APC de Bordj Bou Arreridj, un schéma opérationnel de collecte a été élaboré afin d'organiser la collecte et le transport des déchets ménagers et assimilés au sein du territoire de la commune de Bordj Bou Arreridj (21 secteurs : Tableau IV).

**Tableau IV** : Sectorisation au niveau de la commune de Bordj Bou Arreridj.

Secteur	Désignation
Secteur 01	Centre-ville
Secteur 02	35coopérative/cité Ezohour/cité234log.
Secteur 03	Cité ben Zemmam/ djoudi/partie du cité Ezohour/ bat ADJIL bouzid/1250log.
Secteur 04	Lotissement Fatemi/logEPLF
Secteur 05	Cité1044/680log/1008log/ lotissement BC
Secteur 06	Cité BOUDHIAF Houcine/cité Bordj Hachemi/cité Enahdha/cité BOUFALA Ammar/cité 11 Décembre/cité 1008/ lotissement BC
Secteur 07	Regroupement secondaire BOUMERGUED.
Secteur 08	Cité Echouhada /cité ZIOUEL Alaoua / cité ELMahata.
Secteur 09	Regroupement secondaire AINBENAMRANE/BIRSNAB
Secteur 10	Cité17octobre/BENYERBECHE/cité ELABEDI/cité BOURABA LEMGUEDEMI/ cité ESSOUK/ cité 08MAI 1945.
Secteur 11	Cité Mourad Rabah/cité Essaada/ partie du lotissement HANNACHI.
Secteur 12	Cité Tarek BENZIAD/lotissement KHALFALAOUI.
Secteur 13	Cité 450.300.500 log, cité MOHAMED FARAH, lotissement HANICHE, cité MAHSAS, cité 517, 210 et 100 log.
Secteur 14	Cité Abdelmoumene
Secteur 15	Secteur D, lotissement KHALFALAOUI/ bat BOUZIDI Lahcene / bat SEHILI Ahmed.
Secteur 16	Bâtiments BEN ZIR Ali/t bat 130 log/ bat participatifs BEN HAMMADI/ bat HADADJE/ bat AADL route ARIBI Lakheder/ cité 500+130lot route de BIR SNAB.
Secteur 17	Cité des frères LAIDI/ partie de la cité 106, cité Ouled Slimane/lotissement95 lot/ lotissement BEN TAYEB/ lotissement DAOUED EDDINE.

Secteur 18	Cité05JUILLET/Bat BENCHALLI Amar/cité250log/ lot HAMOUCHE/lot 210 lot/ coopérative el Basma.
Secteur 19	Regroupement secondaire AOUINEZERIGA/OUEDEL MALEH.
Secteur 20	Nouvelle extension : bat AADL, bat ENPI/ ferme BELBAABOUCHE/cité administrative, AADL 700log/ cité El Kods.
Secteur 21	Bâtiments des quartiers équipés des bacs semi enterrés.



**Figure 04** : Schéma des secteurs opérationnels de collecte de la ville de Bordj Bou Arreridj

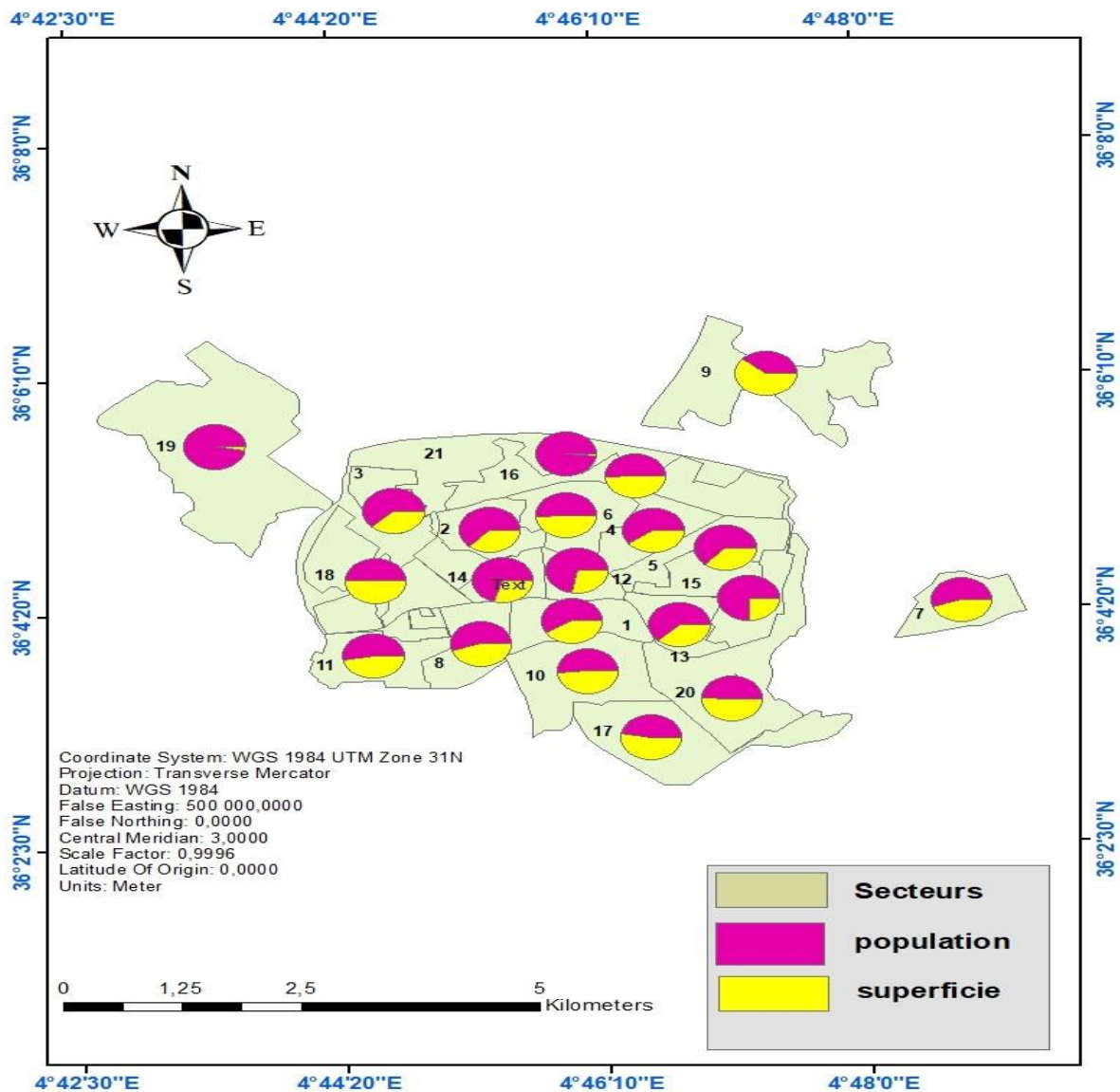
#### 4.1.2-Répartition de la population et quantités des déchets ménagers générés en fonction des secteurs : (APC et EPWGCET 2024)

La population est l'un des principaux facteurs influençant l'organisation du service de collecte et déterminant la quantité des déchets produits. D'autre part, le type et la structure du bâti conditionnent la nature des moyens à utiliser ainsi que le mode de collecte le plus adapté.

Selon les données fournies par l'APC de Bordj Bou Arreridj, nous avons pu déterminer le nombre d'habitants par secteur, comme suit (Tableau V).

**Tableau V :** Répartition de la population et quantités des déchets ménagers

Secteur	Nombre de population	Quantité des déchets générés (tonne/jour).
Secteur01	11 641	7.80
Secteur02	11 492	7.70
Secteur03	13 283	8.90
Secteur04	11 194	7.50
Secteur05	13 582	9.10
Secteur06	9 776	6.55
Secteur07	9 552	6.40
Secteur08	9 343	6.26
Secteur09	11 910	7.98
Secteur10	12 985	8.70
Secteur11	9 014	6.04
Secteur12	9 373	6.28
Secteur13	8 626	5.78
Secteur14	10 149	6.80
Secteur15	15 850	10.62
Secteur16	13 343	8.94
Secteur17	12 029	8.06
Secteur18	12 805	8.58
Secteur19	9 194	6.16
Secteur20	16 119	10.8
Secteur21	20 149	13.5



**Figure 05** : Carte de répartition de la population en fonction des secteurs.

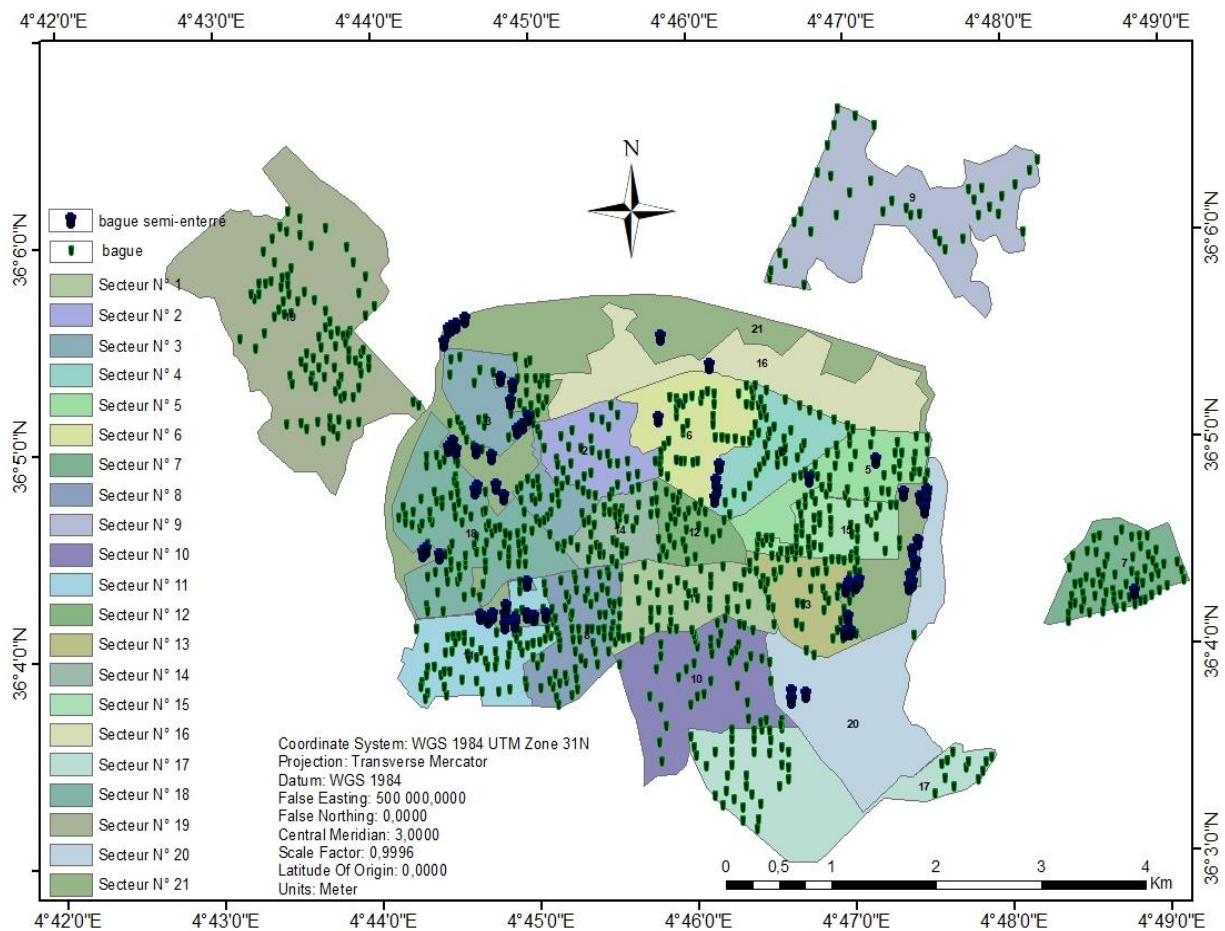
#### 4.1.3-Répartition des bacs à ordures dans la commune de Bordj Bou Arreridj

La commune de Bordj Bou Arreridj dispose de 1035 bacs à ordures répartis par l'APC dans les différents quartiers et rues. Cette distribution dépend de plusieurs critères, dont les principaux sont :

- L'espace nécessaire pour installer un bac,
- Une distance maximale de 100 mètres par rapport aux habitations,
- La prise en compte des personnes à mobilité réduite (personnes âgées et jeunes enfants).

L'EPWGCET utilise conteneurs suivants :

- **Bacs d'une capacité de 770L** : 965 unités
- **Bacs semi-enterrés d'une capacité de 870 kg** : 70 unités



**Figure 06** : Répartition des bacs à ordure dans la commune de Bordj Bou Arreridj

#### 4.1.4-Typologie des déchets ménagers

Selon une étude réalisée en 2024 par l'Agence Nationale des Déchets (AND) dans le cadre de l'élaboration du schéma directeur de la commune de Bordj Bou Arreridj, les déchets ménagers se répartissent en plusieurs catégories (Tableau VI).

Les déchets récupérés dans la commune de Bordj Bou Arreridj en 2024 représentent 38.89% des déchets ménagers réceptionnés (Tableau VI).

**Tableau VI : Pourcentage de la composition des déchets générés au niveau de la commune de Bordj Bou Arreridj.**

Articles		Pourcentage (%)
Matières organiques		61,11
Papier et carton		0,62
Plastique	Plastique (PET)	3,49
	Plastique (PEHD)	1,68
	Sacs en plastique	5,04
	Plastique (PVC)	0,09
	Plastique (PS)	0,20
	Plastique (PP)	2,45
	Film plastique	0,33
Verre		0,77
Minéraux		5,15
Chaussures		4,28
Textures		3,49
Déchets dangereux		0,83
Déchet inerte		1,09
Couches		8,29
Autres déchets		1,09

## **4.2-Analyse spatiale**

### **4.2.1-Création d'une base de données à référence spatiale**

Après la collecte des données à intégrer au système, il est essentiel de les organiser et de les structurer. Ainsi, la définition de règles de gestion a permis d'ordonner, selon leur logique d'apparition, toutes les données retenues.

De plus, pour passer d'une réalité complexe à une représentation informatique, nous avons procédé à la conception d'un modèle de base de données géographique (MBDG), ainsi qu'à l'intégration des données structurées dans un système informatique.

### **4.2.2-Calage de l'image JPG**

Le calage de l'image JPG de la ville de Bordj Bou Arreridj consiste à lui attribuer des coordonnées géographiques dans un système de projection défini, en spécifiant les points de l'image qui correspondent à ces coordonnées. Cette étape est nécessaire avant toute utilisation de la carte.

Pour ce faire, nous avons identifié quatre points de calage sur l'image, permettant d'évaluer la précision du géo-référencement.

## **4.3-système intelligents**

La gestion intelligente des déchets représente un enjeu majeur pour les villes modernes qui souhaitent optimiser la collecte et réduire les coûts logistiques. Dans ce contexte, la mise en place de conteneurs intelligents permet non seulement de surveiller le niveau de remplissage des bacs à ordures, mais aussi de collecter des données environnementales (humidité, température) et de localiser les conteneurs pour faciliter leur gestion.

Le développement d'un prototype de conteneur de déchets intelligent basé sur la technologie Arduino constitue une première étape vers la numérisation de la gestion des déchets urbains. Grâce à une architecture simple et à faible coût, ce système est facilement déployable dans divers environnements urbains. De futures améliorations pourraient inclure l'intégration de réseaux LORAWAN, l'exploitation de l'intelligence artificielle pour la prévision des remplissages, ou encore l'intégration avec des systèmes de gestion urbaine connectée (smart city). Ce projet vise à concevoir un prototype de conteneur de déchets intelligent basé sur une carte Arduino, intégrant plusieurs capteurs et modules de communication.

Le but principal de ce travail est de développer un système autonome capable de :

- détecter le niveau de remplissage du conteneur.
- Mesurer l'humidité interne pour anticiper la présence des déchets humides ou liquides.
- Localiser le conteneur grâce à un module GPS.
- Transmettre les informations aux responsables via un module de communication (GSM ou WIFI).
- Ces fonctionnalités permettront une optimisation des tournées de collecte et une meilleure répartition des ressources.

#### **4.3.1-Technologie utilisée**

##### **a-Carte Arduino**

L'Arduino Uno est une carte microcontrôleur open-source facile à programmer. Elle constitue le cœur du système, assurant le contrôle des capteurs et la communication des données.

##### **b- Capteur de distance ultrasonique**

Le capteur HC-SR04 permet de mesurer la distance entre le couvercle du conteneur et les déchets. Cette mesure permet d'évaluer le taux de remplissage du bac.

Si la distance est inférieure à un seuil critique, le conteneur est considéré comme plein.

##### **c-Capteur d'humidité et de température (DHT11ou DHT22)**

Le capteur DHT11 permet de mesurer l'humidité relative et la température du conteneur.

Ces informations sont utiles pour détecter des conditions propices à la dégradation des déchets organiques ou la formation de moisissures.

##### **d- Module GPS (NEO-6M)**

Le module GPS NEO-6M fournit les coordonnées géographiques (latitude et longitude) du conteneur. Cela permet de localiser précisément les bacs sur une carte pour optimiser la planification logistique.

##### **e-Module de communication GSM(SIM800L)**

Le module SIM800L permet l'envoi de messages SMS aux responsables municipaux en cas de besoin (conteneur plein, alerte de température ou humidité élevée). Alternativement,

Un module WIFI peut être utilisé pour transmettre les données vers un serveur ou une application mobile.

#### 4.3.2-Architecture du système

Le système se compose des éléments suivants (Figure07) :

- **Une carte Arduino Uno** pour la gestion des capteurs et la logique de contrôle.
- **Un capteur HC-SR04** monté en haut du conteneur permettant de mesurer de distance le niveau de remplissage des bacs
- **Un capteur DHT11** positionné à l'intérieur du bac permettant de relever la température et l'humidité à l'intérieur du conteneur.
- **Un capteur méthane MQ-135** permettant la détection du gaz inflammable méthane.
- **Un module GPS** fixé sur le conteneur pour géo localiser le conteneur
- **Un module SIM 800L** pour la transmission des données en temps réel à une plateforme web/SIG.

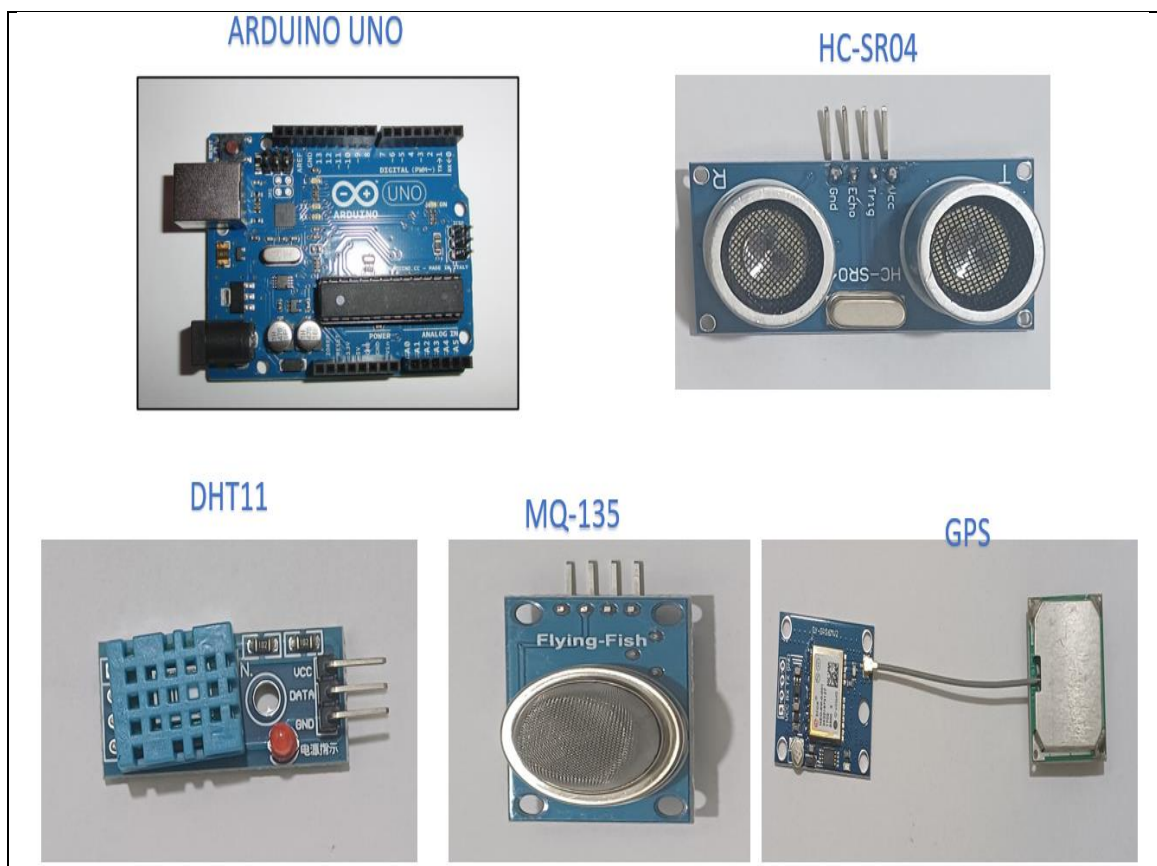


Figure 07 : Composants du système géo-intelligent.

### 4.3.3-Fonctionnement global

Le fonctionnement du système suit les étapes suivantes :

- Lecture périodique de la distance avec le capteur ultrasonique.
- Lecture des valeurs d'humidité et de température.
- Lecture des coordonnées GPS.

Si le conteneur est plein (distance seuil atteinte), envoi automatique d'un SMS contenant :

- Le message d'alerte.
- Le niveau d'humidité
- La position géographique sous forme de lien GOOGLE MAPS.
- Mise en veille du système pour économiser l'énergie entre deux cycles de mesure.

# Résultats et discussion

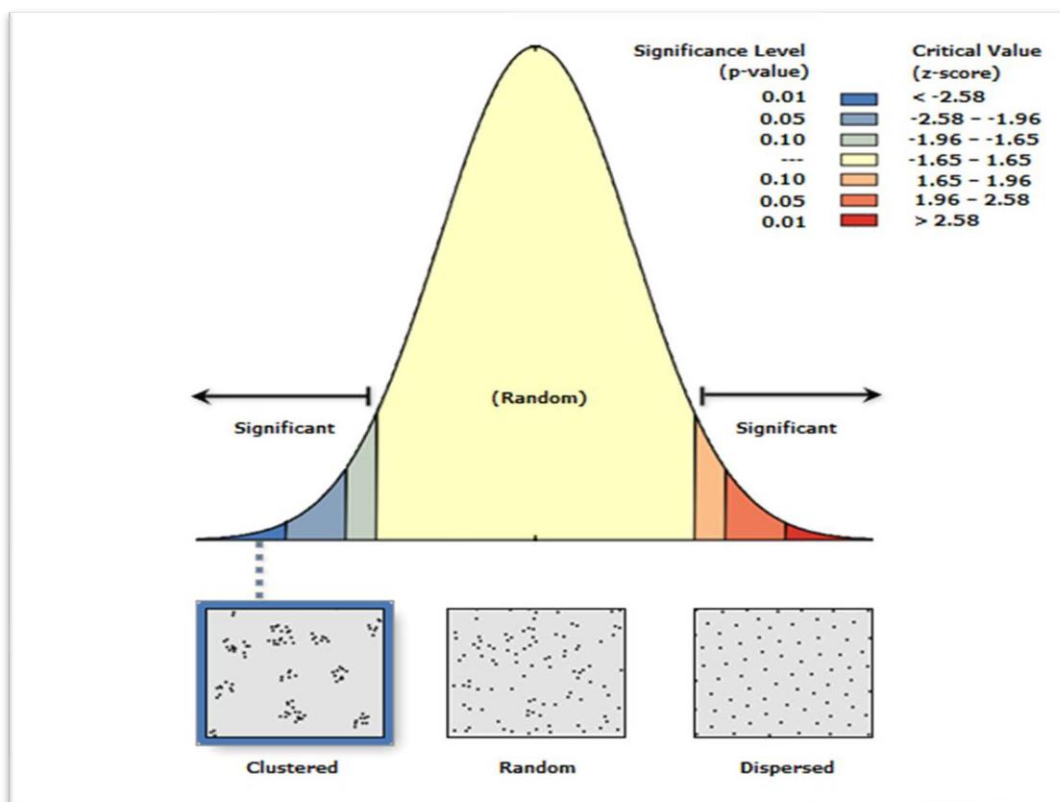
### III. Résultats et discussion

#### 1- Analyse de la gestion actuelle des déchets solides ménagers

##### 1.1-Analyse et évaluation de la répartition géographique des bacs à ordures

Les systèmes d'information géographique (SIG) ont permis d'analyser et d'évaluer la répartition des bacs à ordures dans la ville de Bordj Bou Arreridj. Cette étude s'est appuyée sur sept méthodes d'analyse différentes pour caractériser la situation actuelle.

##### 1.1.1-Analyse de l'indice du voisin le plus proche



**Figure 08** : Indice du voisinage le plus proche pour la localisation des bacs à ordures dans le tissu urbain

L'application de l'indice du plus proche voisin (Nearest Neighbor Index - NNI) à la distribution des bacs à ordures dans le tissu urbain de Bordj Bou Arreridj révèle une configuration spatiale de type agrégé (concentré), présentant une tendance vers une distribution aléatoire (Figure 07). Cette configuration est statistiquement significative avec un niveau de confiance de 0,01.

La distance moyenne observée entre les bacs est d'environ 77.31 mètres, ce qui est inférieur à la distance moyenne attendue de 118.30 mètres. Cela a donné un indice NNI de 0,65, accompagné d'une valeur Z négative.

Le combiné à un score Z négatif, confirme une distribution non aléatoire des bacs ( $p < 0,01$ ). Cette configuration agrégée traduit :

- Une concentration marquée dans certaines zones, avec formation de clusters à faibles distance inter-points.
- Une dispersion relative sur le reste du territoire, caractérisée par des distances inter-points plus importantes.

Cette analyse met en évidence une inégalité spatiale dans la répartition des bacs, suggérant une optimisation potentielle du maillage de collecte.

### 1.1.2-Distance standardisée

Cette mesure permet d'évaluer et de comparer les distributions spatiales des bacs à déchets, représentés par des points sur la carte. Elle quantifie le degré de concentration ou de dispersion des conteneurs :

+Un écart-type élevé indique une dispersion marquée.

+Un rayon réduit révèle une forte concentration.

L'analyse cartographique (Figure 08) a permis de déterminer un rayon de distance standard 2449,7 mètres, ce qui suggère une répartition étendue des bacs sur le territoire d'étude. Cette valeur ne signifie pas pour autant une distribution aléatoire. Certains bacs périphériques peuvent influencer significativement le calcul de la distance standard sans pour autant refléter une dispersion.

**Tableau VII** : Emplacement des bacs par rapport à la distance standardisée.

Distance standardisée(m)	Emplacement des bacs		Pourcentage%	
	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
2449.7	690	275	71.50	28.50

- 71.50 % des bacs sont situés à l'intérieur du cercle de distance standard ( $\leq 2449,7m$ ), indiquant concentration relative autour du centre géographique moyen.
- 28.50 % des conteneurs se trouvent en dehors de ce périmètre, révélant : Une dispersion significative en périphérique, Une influence notable des points éloignés sur la distribution globale.

Cette répartition confirme :

- Une tendance centrale marquée (majorité des bacs proches du centre).
- Une extension spatiale importante due aux conteneurs périphériques.
- Une distribution non uniforme au niveau du territoire.

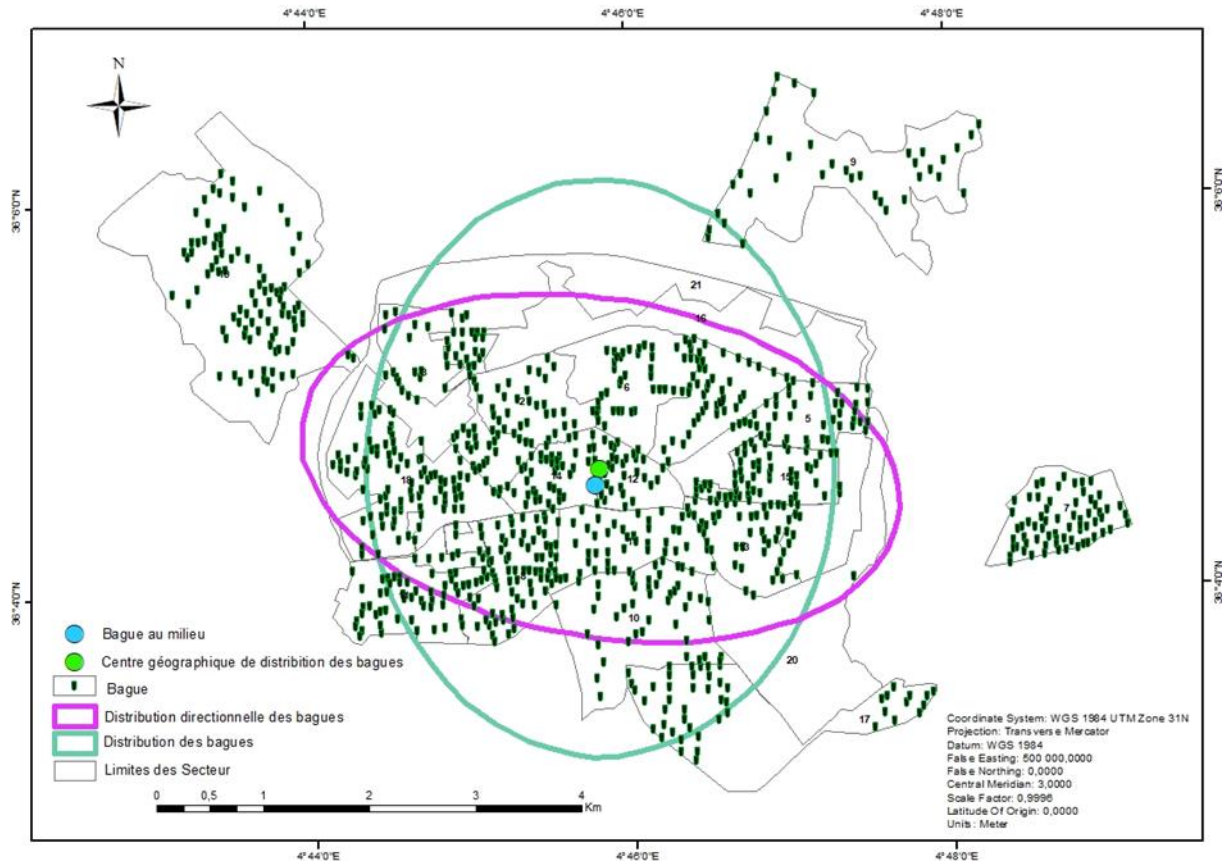
### 1.1.3-Distribution directionnelle

L'analyse de la distribution directionnelle des bacs à déchets a été réalisée à l'aide de la méthode de l'ellipse d'écart-type, permettant de caractériser l'orientation préférentielle de leur répartition spatiale.

**L'orientation dominante** : L'ellipse standard (visible en rose sur la Figure 08) présente une extension transversale. L'axe principal orienté nord-ouest vers le sud-est, Cette orientation reflète l'influence de la distribution spatiale des bacs autour de leur centre géométrique moyen.

Les bacs situés à l'intérieur de l'ellipse présentent une distribution conforme au modèle attendu, avec une proximité spatiale optimale par rapport au centre géographique. Cette configuration confirme le schéma de répartition générale, assurant une organisation efficace et cohérente.

En revanche, les bacs localisés à l'extérieur de l'ellipse affichent une distribution non optimale, pouvant nécessiter des réajustements spatiaux pour améliorer l'efficacité du service. Ces points pourraient faire l'objet d'une redistribution afin d'optimiser leur emplacement et de garantir une couverture plus homogène.



**Figure 09** : Carte d'analyse spatiale des bacs à déchets (Distance standardisée et distribution directionnelle) dans la ville de Bordj Bou Arreridj

#### 1.1.4-Zone d'influence des bacs

L'analyse des zones d'influence des bacs a permis d'évaluer la couverture spatiale du service de collecte dans la ville de Bordj Bou Arreridj en utilisant deux rayons de référence (50 et 75 mètres). Les résultats cartographiques révèlent (Figure 10) :

Une superposition importante des zones d'influence des bacs en milieu urbain, indiquant une concentration spatiale marquée. Avec un rayon de 50 mètres, seulement 42 % de la superficie totale est couverte, tandis qu'un rayon étendu à 75 mètres permet d'atteindre 48,6% de la couverture des secteurs de collecte.

Ces chiffres démontrent que l'actuelle répartition des bacs, bien que présentant des zones de forte densité, laisse des portions significatives du territoire insuffisamment desservies, soulignant la nécessité d'une optimisation spatiale du réseau pour améliorer l'accessibilité du service de collecte des déchets.

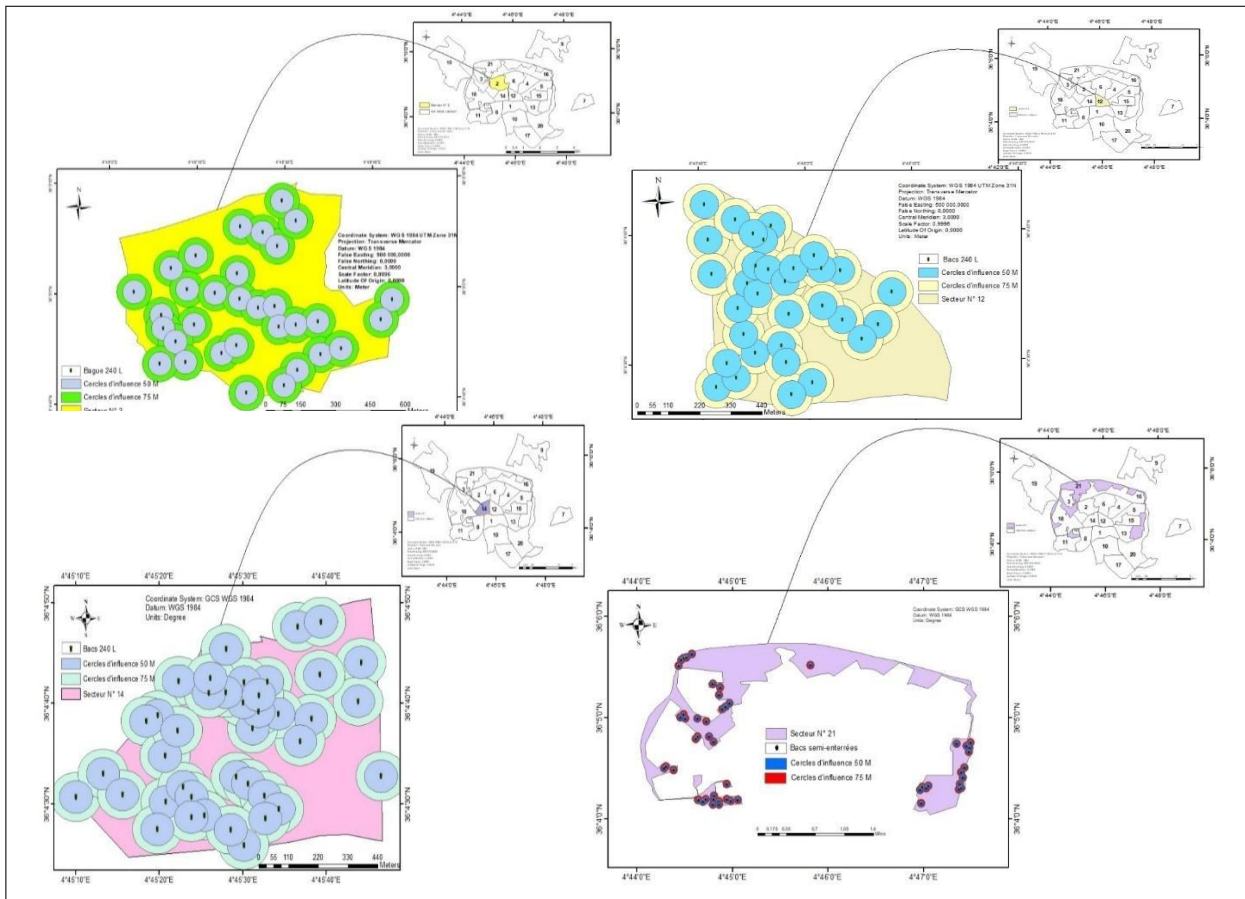
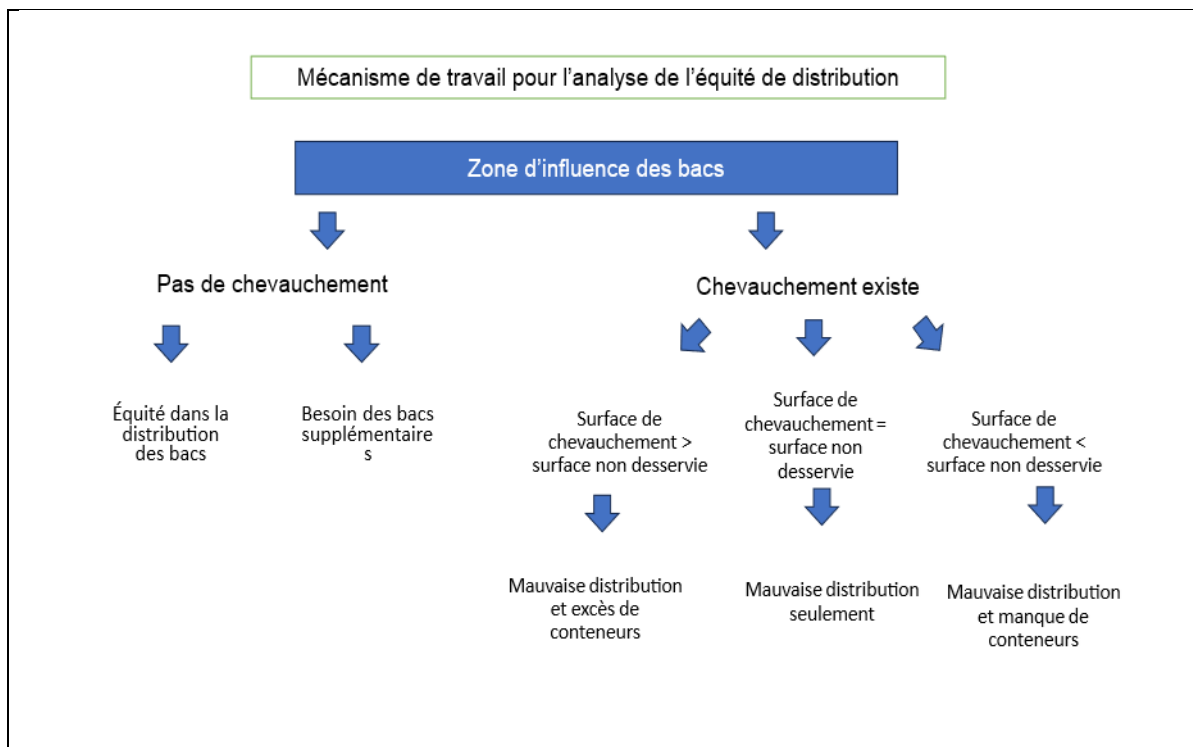


Figure 10 : Carte d'influence des bacs dans les secteurs urbain n° (2-12 –14– 21)

### 1.1.5-Analyse de l'équité de la répartition

Cette analyse permet d'évaluer l'équité de la distribution des bacs à déchets au sein d'un même secteur urbain, en considérant leurs zones d'influence respectives. Elle vise à identifier d'éventuelles disparités spatiales dans l'accès au service de collecte.



**Figure11** : Mécanisme d'analyse de l'équité de distribution

L'analyse a porté sur les quatre secteurs sélectionnés de l'étude, en considérant un rayon de service de 75 mètres pour déterminer le champ d'influence des bacs. Le coefficient d'équité de répartition a été calculé en évaluant deux paramètres clés : les zones non desservies (exclues de tout champ d'influence) et les intersections entre cercles d'influence (Figure 11). Cette approche a permis de quantifier précisément les disparités spatiales dans la couverture du service de collecte.

**Superficies et coefficient d'équité de la répartition pour chaque secteur :** Le tableau VIII présente les résultats par secteur concernant les superficies et les coefficients d'équité. L'analyse révèle que :

**Secteurs n°2 et n°21 :** La superficie des zones d'intersection est nettement inférieure à celle des zones non desservies, ce qui implique :

- Un besoin d'ajouter de nouveaux conteneurs
- Une nécessité de redistribuer les conteneurs existants.
- Une couverture insuffisante du territoire.

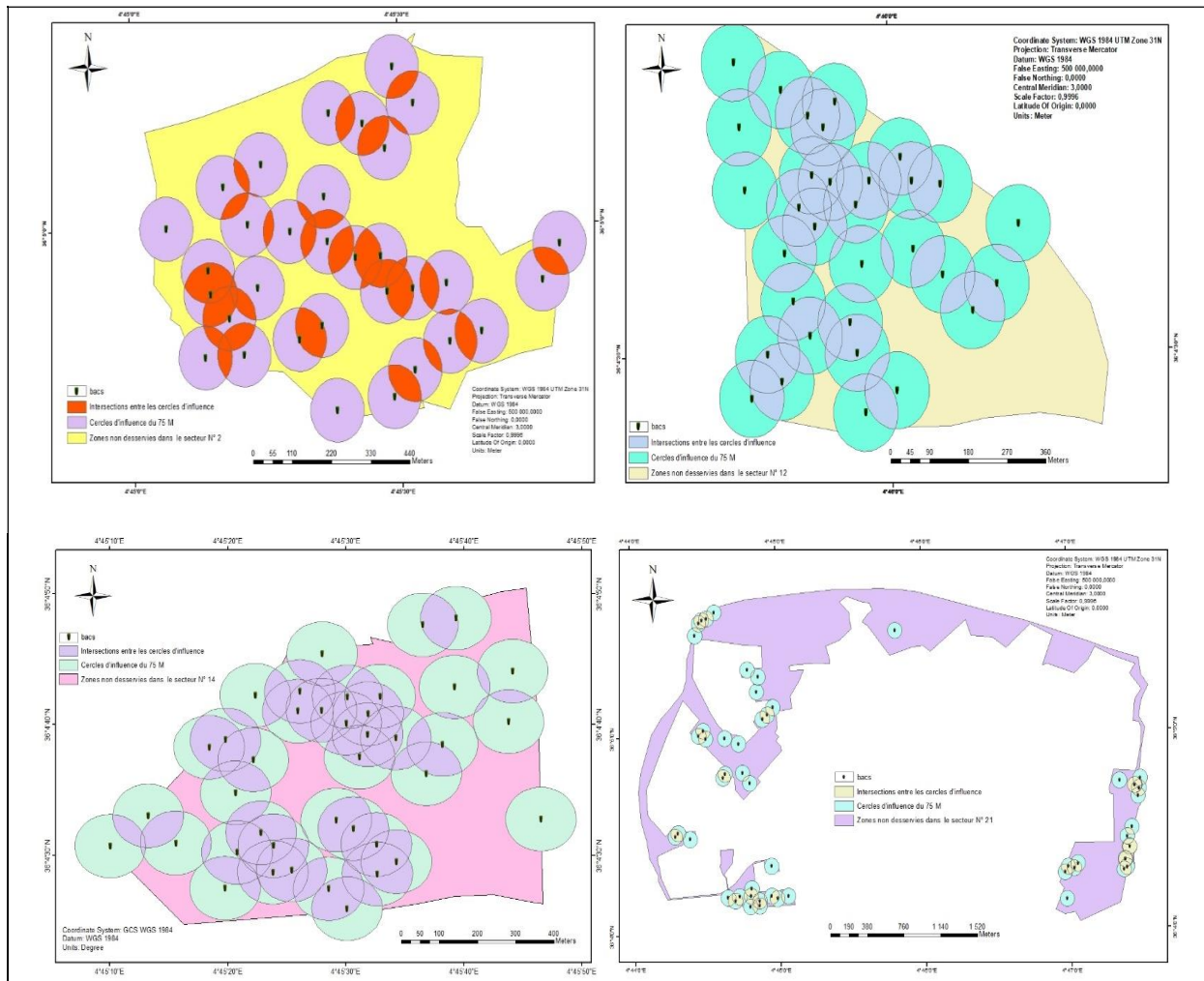
**Secteurs n°12 et n°14** : La superficie des zones d'intersection est nettement supérieure aux zones non desservies, ce qui traduit :

- Une concentration excessive de conteneurs
- Une distribution spatiale déséquilibrée
- Un potentiel de réallocation des ressources existantes.

Cette analyse met en évidence des disparités marquées dans la répartition des conteneurs entre les différents secteurs étudiés (Figure 12).

**Tableau VIII** : Coefficient d'équité de la répartition des bacs à déchets au niveau des secteurs sélectionnés

N° du secteur	Superficie totale en (m <sup>2</sup> )	Superficie non desservie (m <sup>2</sup> )	Superficie des intersections (m <sup>2</sup> )	Coefficient d'équité de la répartition
Secteur n° 02	698501,61	349581,17	215463,15	0,62
Secteur n° 12	436687,41	223602,93	351302,75	1,41
Secteur n° 14	486737,63	244962,31	463805,02	1,89
Secteur n° 21	3283283,75	2801043,44	489689,92	0,17
<b>Total</b>	<b>4905210,40</b>	<b>3619189,85</b>	<b>1520260,84</b>	<b>4,09</b>



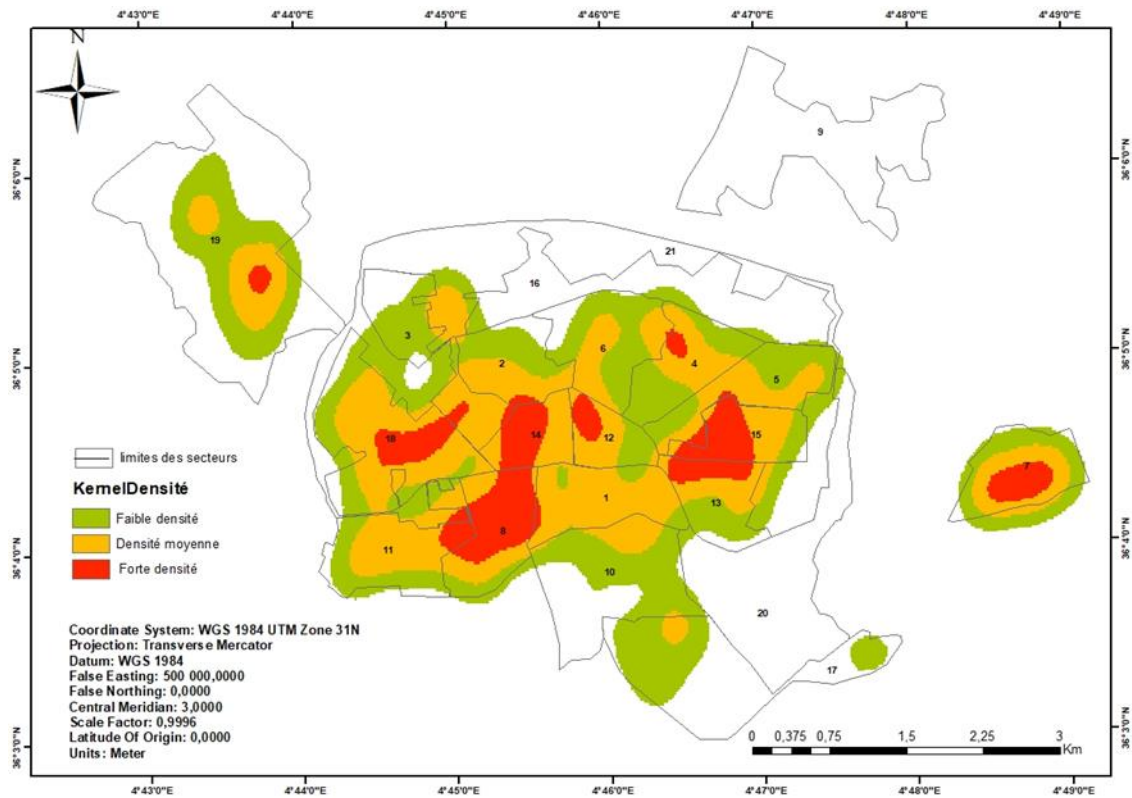
**Figure12** : Cartes d'équité de la répartition des bacs dans les quatre secteurs

n° (2 - 12 – 14 – 21).

### 1.1.6-Analyse par noyau (Kernel) de la densité et distribution spatiale des conteneurs

L'analyse par noyau (Kernel Density) a permis d'estimer la densité de distribution spatiale des bacs à déchets dans le tissu urbain de Bordj Bou Arreridj et d'identifier les zones de concentration principale (Figure 13).

Les bacs ont été répartis en trois catégories en fonction de leur densité. Les résultats révèlent que la concentration maximale se trouve à seulement 495 mètres du centre géographique, formant une ellipse orientée Nord-Ouest vers Sud-Est qui englobe Cinq secteurs clés (n°18, 14, 12, 15 et 7). Cette configuration spatiale met en évidence une distribution inégale des bacs à l'échelle de la ville.

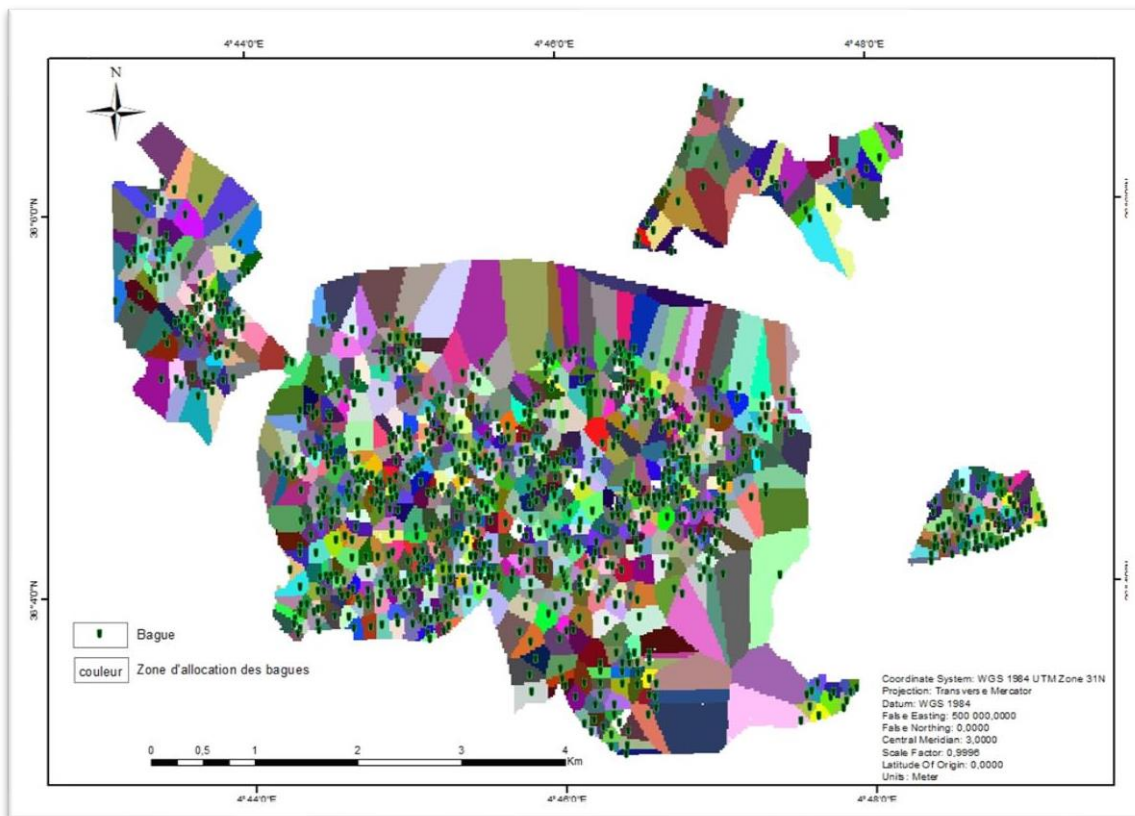


**Figure13** : Carte d'analyse de densité et distribution des bacs par noyau (Kernel Density)

### 1.1.7-Evaluation de l'efficacité des bacs à déchets par la méthode des polygones de Thiessen

L'application de la méthode des polygones de Thiessen pour déterminer les aires de service des bacs (Figure14) révèle que :

- Certains bacs couvrent une superficie inférieure à 0.1 hectares alors que d'autres desservent jusqu'à 07 hectares, ce qui traduit une iniquité manifeste dans leur répartition spatiale.
- La faible densité de conteneurs observés dans les zones Nord et Sud-est de la ville s'explique par le système de collecte porte-à-porte en vigueur dans ces secteurs.

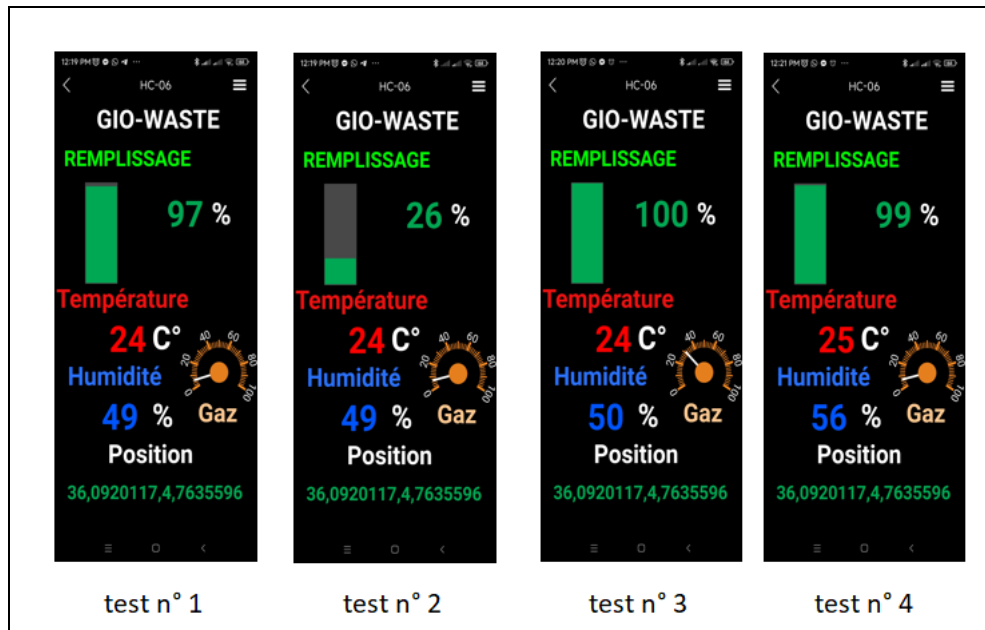


**Figure 14** : Carte d'analyse de l'efficacité des bacs à déchets par la méthode des polygones de Thiessen.

## 2- Analyse du système géo-intelligent

A travers une série de tests, le capteur à ultrason HC-SR04 a permis de mesurer le niveau de remplissage avec une précision satisfaisante. Par exemple, lors du test n°02, il a indiqué un taux de remplissage de 26%. Parallèlement, le capteur DHT11 a mesuré une température interne de 24°C et une humidité relative de 49%, des valeurs indicatives de l'état de décomposition des matières organiques à l'intérieur du bac.

Le capteur du méthane MQ-135 a détecté une concentration moyenne de 5 ppm, inférieure au seuil critique mais révélant tout de même une activité biologique significative. Ces données sont cruciales pour prévenir les risques liés à l'accumulation de gaz inflammable.



**Figure 15** : résultats obtenus du système géo-intelligent.

Le module SIM800L a transmis l'ensemble des données collectées vers une plateforme distante sous forme de trame structurée. Cette transmission régulière permet une visualisation cartographique en temps réel via un système SIG, facilitant ainsi la prise de décision pour les services municipaux.

Ainsi, le système a démontré sa capacité à surveiller les conteneurs de manière autonome, à transmettre les informations et à offrir un appui fiable à la planification intelligente de la collecte des déchets urbains (Figure 15).

# Conclusion

---

## Conclusion

La protection de l'environnement, c'est d'abord une conscience sociale, suivie d'une volonté politique et enfin une mobilisation de tous les moyens socio-économiques tant au niveau national qu'international. Ce processus complexe dépend fondamentalement d'un levier commun : le civisme, la sensibilisation, la connaissance et l'information. En Algérie, malgré les aspects juridique, institutionnel, et technique ainsi que la participation de secteur privé dans le domaine, la gestion des déchets ménagers a connu une attention particulière de tous les intervenants nationaux et internationaux.

La gestion durable des déchets urbains est devenue, au cours de ces dernières décennies, un enjeu crucial dans les politiques de développement urbain, en particulier dans les villes en expansion comme Bordj Bou Arreridj.

L'accroissement de la population, l'urbanisation accélérée, les modes de consommation modernes et les pratiques de gestion traditionnelles ont engendré une pression croissante sur les infrastructures de collecte, de traitement et de suivi des déchets. Ces défis nécessitent des solutions innovantes, transversales et intelligentes

L'objectif de notre sujet est d'étudier la gestion de service de déchets dans la ville de Bordj Bou Arreridj, et pour une aide à la décision en matière de gestion des déchets urbains solides.

A notre étude, nous avons établi un diagnostic primordial sur le fonctionnement du service de nettoyage de la commune de Bordj Bou Arreridj, ainsi que leurs méthodes de collecte, d'élimination, de traitement ultime qui n'est pas satisfaisante pour collecter les déchets à travers tout le territoire de la ville de Bordj Bou Arreridj.

Ce mémoire a proposé la conception d'un système géo-intelligent visant à moderniser la planification et la gestion des déchets à l'échelle urbaine, en s'appuyant sur l'intégration de technologies telles que le système d'information géographique (SIG), l'internet des objets (Lo T) les capteurs environnementaux (notamment de méthane) ainsi que les outils d'analyse de données. Cette approche permet non seulement de géo localiser les déchets, de suivre leur évolution en temps réel, mais aussi d'optimiser les itinéraires de collecte et planifier les interventions ciblées en fonction des besoins spécifiques des quartiers.

Ce système repose sur une architecture modulaire, combinant des données spatiales, des mesures sur le terrain, et des modèles d'optimisation logistique. L'étude de cas menée sur

La ville de Bordj Bou Arreridj a mis en évidence la faisabilité de ce projet et ses retombées positive, tant sur le plan environnemental (réduction des déchets non collectés, des gaz à effet de serre) qu'économique (diminution des couts de carburant, de main-d'œuvre et d'équipement) et social (amélioration de la qualité de vie des citoyens, sensibilisation à la propreté urbaine).

Cette étude démontre que la combinaison de technologies intelligentes et de planification spatiale permet d'envisager une transformation profonde du système actuel de gestion des déchets. Cependant, la mise en œuvre concrète de ce type de système nécessite un cadre institutionnel cohérent, des compétences techniques appropriées, un investissement initial, ainsi qu'un accompagnement en matière de gouvernance et de sensibilisation citoyenne.

Les résultats obtenus dans ce mémoire ouvrent plusieurs **perspectives** pour la recherche :

- **Élargissement du périmètre d'application** : étendre le système proposé à l'échelle communale, régionale, voire nationale.
- **Renforcement de l'intelligence artificielle et de la prédiction** : prédiction des volumes de déchets, anticipation des points de saturation, détection automatique des anomalies (pannes, débordements, retards, ...etc.).
- **Intégration de la valorisation des déchets et la stratégie de tri sélectif (recyclage, compostage, méthanisation)** : cela permettrait de s'inscrire dans une logique d'économie circulaire et de réduction des déchets à la source
- **Approche interdisciplinaire intelligente** : la réussite de ce système repose sur une collaboration étroite entre ingénieurs, urbanistes, écologues, informaticiens, sociologues.

# Références Bibliographiques

## Références Bibliographiques

- ABD EL RAHMAN, A. et SOLIMAN, M. (2019). Artificial intelligence techniques for solid waste management : A review waste Management, 87-98-105.
- AIT MAAMAR CH. et KECHOUT A. (2015-2016). Contribution à l'étude d'état de la gestion des déchets ménagers et assimilés dans la commune de Tizi-Ouzou, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- AND. (2024). Agence Nationale Des Déchets
- APC. (2024). Assemblée Populaire Communale de Bordj Bou Arreridj (APC BBA).
- D.P.A.T. (2023). Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaire Bordj Bou Arreridj, annuaire statistique.
- EPWGCET BBA. (2024). Etablissement Public de Wilaya de Gestion des Centres d'Enfouissement Technique de Bordj Bou Arreridj, rapport d'activité, service technique.
- KAZA, S., YAO, L., BHADA-TATA, P., ET VANWOERDEN, F. (2018). Whata waste 2.0: A Global Snapshot of solid waste management to 2050. Washington, DC: World Bank.[doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0](https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0).
- MALAKAHMAD, A. ET ZAIN, S.M. (2014). A GIS-based model for municipal solid waste landfill site selection waste management ET research, 32(1), 34-43.
- M.A.T.E. (2024). Manuel d'information sur la gestion et l'élimination des déchets solides urbains.
- SUHARTNO, D, ASTUTI, P.Y., WIYAJA, H, ET SURYANEGARA, M. (2021). Smart Waste management system using lo T and SIG for developing countries.
- THERIAULT, M. (1996). SYS-866.Système d'information géographique et télédétection. Département de la géographie, Université Laval, Canada52p.
- ZAMORAMO, M, MOLERO, E, HURTADO, A, GRINDLAY, A., ET RAMOS, A (2009). Evaluation of a municipall and filsite in Southern Spain with GIS-aided methodology. Journal of Hazardous Materials, 160 (2-3), 473-481.[doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.03.023](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.03.023).

## Résumé

La gestion des déchets ménagers constitue un problème majeur, notamment pour les pays en voie de développement. La croissance des zones urbaines, accompagnée de l'augmentation des volumes de déchets, impose aux collectivités locales la mise en place de systèmes de gestion plus efficaces.

Dans la présente étude, nous avons visé l'analyser de la gestion des déchets ménagers dans la commune de Bordj Bou Arreridj, en utilisant le système d'information géographique (SIG) et des outils géo-intelligents. L'objectif est de concevoir un système géo-intelligent pour optimiser la collecte, le transport, le traitement et le suivi des déchets urbains à Bordj Bou Arreridj, en intégrant les technologies des SIG et l'intelligence artificielle.

Le système proposé repose sur des capteurs intelligents (remplissage, méthane, température) connectés à un module GPS/GSM, permettant de mesurer le niveau de remplissage des conteneurs, la température, l'humidité et la concentration de gaz méthane liée à la décomposition des déchets.

Les résultats montrent que ce système permet d'améliorer significativement l'efficacité des opérations de collecte des déchets ménagers.

**Mot clé :** Bordj Bou Arreridj ; Déchets ménagers ; SIG ; Géo-intelligents ; Capteur ; GPS/GSM.

## Abstract

Household waste management is a major problem, particularly for developing countries, the growth of urban areas, accompanied by the increase in waste volumes, requires local authorities to implement more efficient management systems.

This study aims to analyze the house hold waste management in the municipality of Bordj Bou Arreridj and the contributions of geographic information systems (GIS) and geo-intelligent systems.

The goal of this study is to design a geo-intelligent system to optimize the collection, transport, treatment, and monitoring of urban waste in Bordj Bou Arreridj by integrating GIS technologies and artificial intelligence.

The proposed system is based on the use of smart sensors connected to a GPS / GSM module, allowing the measurement of container filling levels, temperature, humidity, and the concentration of methane gas related to waste de composition.

The results show that this system can improve the efficiency of household waste collection operations.

**Key words:** Bordj Bou Arreridj; House hold waste; GIS; Geo-intelligent; Sensor; GPS/GSM.

## الملخص

تعد إدارة النفايات المنزلية مشكلة رئيسية خاصة في الدول النامية كون نمو المناطق الحضرية المصحوب بزيادة في حجم النفايات يفرض على السلطات المحلية وضع أنظمة إدارة أكثر فعالية.

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل إدارة النفايات المنزلية في بلدية برج بوعريريج، ودور أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) والأنظمة الجيودكسية في تحسين هذه العملية. تهدف هذه الدراسة إلى تصميم نظام جيودكسي من أجل تحسين عملية جمع، نقل، معالجة ومتابعة النفايات الحضرية في مدينة برج بوعريريج مدخلا لدمج تقنيات أنظمة المعلومات الجغرافية والذكاء الاصطناعي.

يعتمد النظام المقترح على استخدام حساسات ذكية متصلة بوحدة GPS و GSM لقياس مستوى امتلاء الحاويات، درجة الحرارة، الرطوبة وتركيز غاز الميثان الناتج عن تحلل النفايات

تظهر النتائج أن هذا النظام قادر على تحسين فعالية عملية جمع النفايات المنزلية.

**الكلمات المفتاحية:** برج بوعريريج؛ النفايات المنزلية؛ نظام المعلومات الجغرافية؛ الجغرافيا الذكية؛ المستشعر؛ GPS/GSM.