



UNIVERSITÉ NATIONALE DU VIETNAM - HANOI  
INSTITUT FRANCOPHONE INTERNATIONAL



OPTION : SYSTÈMES INTELLIGENTS ET  
MULTIMÉDIA (SIM 27)

### COURS DE SMA - IA

TP 1

Simuler des camions poubelles dans  
un quartier

**Groupe 1 :**

LOUGBEGNON Gbetoho Amédée  
NZAZI NGABILA Boaz  
EBWALA EBWALETTE Priscille

**Professeur :**

M. Manh Hung Nguyen

## I. PRESENTATION GENERALE DU PROJET

### Introduction

Dans le cadre de l'amélioration continue des services urbains et de la gestion efficace des déchets, les technologies de simulation avancées peuvent s'avérer très efficaces et jouer un rôle crucial. Le présent projet utilise la plateforme de modélisation multi-agents GAMA pour simuler le fonctionnement des camions poubelles dans un quartier urbain. Cette simulation vise à optimiser le temps total et le trajet total du camion poubelle de collecte des déchets afin de réduire les temps de parcours et d'améliorer l'efficacité globale du service.

### 1.1. Contexte et Motivation

Les zones urbaines connaissent une pression croissante en matière de gestion des déchets, exacerbée par l'expansion démographique et l'urbanisation rapide. Une collecte des déchets mal gérée peut engendrer des conséquences graves sur l'environnement et la santé publique. En outre, la gestion de la quantité fluctuante de déchets, variant selon les jours et les saisons, complique la planification efficace des itinéraires de collecte. Utiliser des simulations pour prévoir et optimiser ces itinéraires pourrait significativement améliorer la gestion des ressources urbaines et réduire l'impact écologique des opérations de collecte de déchets. Ce projet explore comment les technologies de simulation multi-agents, via la plateforme GAMA, peuvent adresser ces défis en améliorant l'efficacité et en minimisant les impacts environnementaux des services de collecte de déchets.



**Figure.** aperçue du zones urbaines

## 1.2. Problématique

Ce projet vise essentiellement à répondre à deux grandes questions de recherche :

- ❖ Comment optimiser le temps total et le trajet total du camion poubelle de collecte des déchets afin de réduire les temps de parcours et d'améliorer l'efficacité globale du service ?
- ❖ Comment minimiser le temps total et la distance parcourue par les camions poubelles tout en assurant une collecte complète des déchets ?

## 1.3. Objectifs

Plusieurs objectifs sont reliés à ce projet notamment :

- Optimisation des itinéraires : Développer un modèle qui calcule les itinéraires les plus efficaces pour la collecte des déchets, en minimisant la distance parcourue et le temps de collecte.
- Réduction de l'impact environnemental: Proposer des stratégies de collecte qui diminuent la consommation de carburant et les émissions de CO<sub>2</sub>.
- Flexibilité et adaptabilité: Créer un système capable de s'adapter aux variations quotidiennes et saisonnières de production de déchets, ainsi qu'aux conditions variables du trafic.



**Figure 2.** zone urbaine améliorer

## **II. ANALYSE DU SYSTÈME ET MODÉLISATION**

Dans la mise en application de notre sujet de travail, nous avons opté pour une modélisation conceptuelle de notre simulation dans le but de connaître non seulement les différents agents qui sont concernés mais aussi les différentes interactions entre ces acteurs.

### **2.1. Cadre choisi pour le projet**

Dans la conception de ce projet de simulation, nous avons choisi de nous baser sur la carte d'une région de la ville de Cotonou dans la République du Bénin, située dans l'Afrique de l'Ouest. Ci-dessous une vue satellitaire de la zone d'étude.



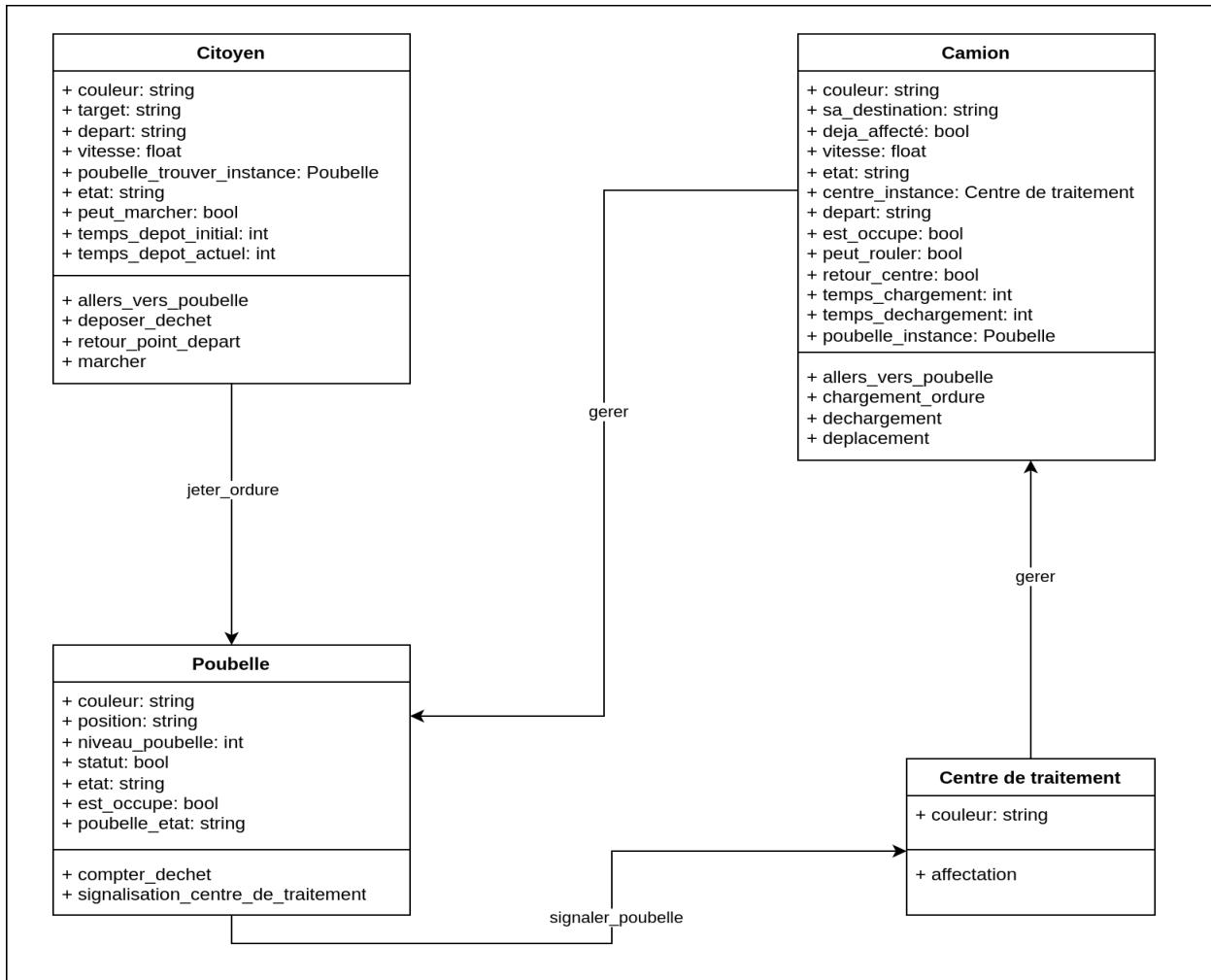
**Figure 3.** Représentation visuelle de la région

## 2.2. Analyse UML du sujet

A cette étape, nous procédons à la construction de diagrammes qui servent à visualiser et décrire la structure et le comportement des acteurs et objets qui se trouvent dans un système. Il permet de présenter des systèmes logiciels complexes de manière plus simple et compréhensible qu'avec du code informatique. Ici nous ferons mention des diagrammes de classes et des diagrammes d'état-transitions.

- **Diagramme de classes**

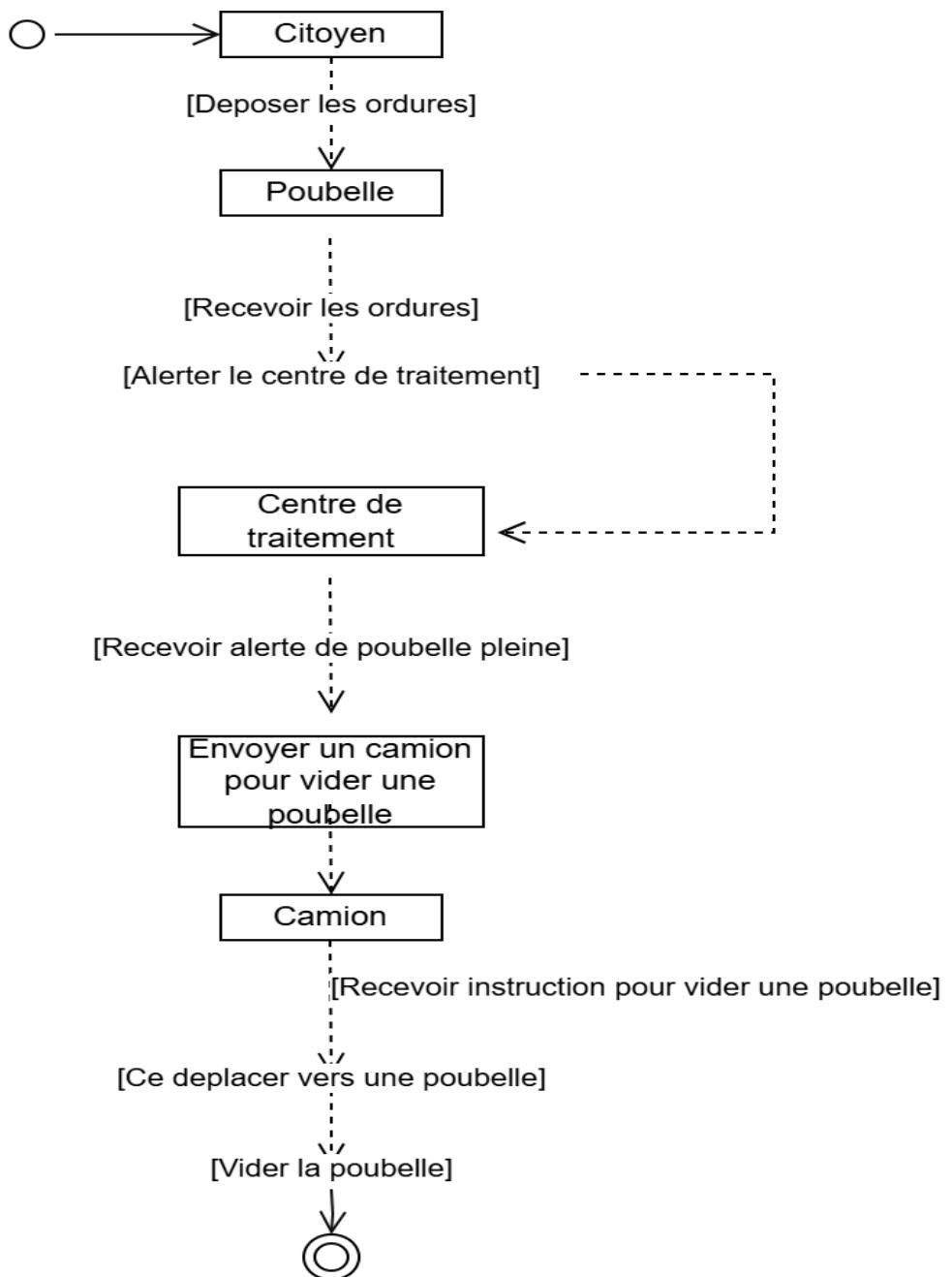
Le diagramme de classes est l'un des types de diagrammes UML les plus utiles, car ils décrivent clairement la structure d'un système particulier en modélisant ses classes, ses attributs, ses opérations et les relations entre ses objets.



**Figure 4.** Diagramme de classe

- **Diagramme d'états-transitions**

Les diagrammes d'états-transitions d'UML décrivent le comportement interne d'un objet à l'aide d'un automate à états finis. Ils présentent les séquences possibles d'états et d'actions qu'une instance de classe peut traiter au cours de son cycle de vie en réaction à des événements discrets (de type signaux, invocations de méthode).



**Figure 5.** représentation de diagramme de classe

## 2.3. Logiciels et Outils utilisés

Plusieurs outils et logiciels ont été utilisés dans la mise en application et la conception de ce système de simulation. Il s'agit principalement de :

- GAMA



**Figure 6.** logo Gama

GAMA est un environnement de modélisation et de simulation open source facile à utiliser pour créer des simulations multi-agents spatialement explicites. Il a été développé pour être utilisé dans n'importe quel domaine d'application : mobilité urbaine, adaptation au changement climatique, épidémiologie, conception de stratégies d'évacuation en cas de catastrophe, **planification urbaine**, sont quelques-uns des domaines d'application dans lesquels les utilisateurs de GAMA sont impliqués et pour lesquels ils créent des modèles.

- QGIS



**Figure 7.** logo QGIS

QGIS est un logiciel de système d'information géographique (SIG) gratuit et open source qui prend en charge Windows, macOS et Linux. Il permet la visualisation, l'édition, l'impression et l'analyse de données géospatiales dans une gamme de formats de données. De plus, il permet de composer et d'exporter des cartes graphiques. QGIS prend en charge les couches raster, vectorielles, maillées et de nuages de points.

### III. CONCEPTION DES AGENTS

Ce chapitre détaille la conception des agents et leur comportement dans l'environnement GAMA. Nous y présentons les différentes espèces d'agents modélisées, leurs caractéristiques et leurs interactions pour simuler efficacement la collecte des ordures dans un quartier urbain.

#### 3.1. Agent Citoyen

Il s'agit de toute personne citoyenne résidant dans la ville choisie ayant pour mission de jeter ses ordures dans les différentes poubelles proches de sa résidence. Il est de couleur noire, représenté par une image à la silhouette humaine et il est dupliqué de manière aléatoire au niveau du système pour constater que la ville est habitée et qu'il existe des déplacements dans la ville pouvant permettre de remplir les poubelles.

```
@species Citoyen skills: [moving] {
    rgb couleur <- #black;
    point target <- nil;
    point depart;
    float vitesse <- 5.0;
    Poubelle poubelle_trouver_instance;
    string etat <- 'depart';
    bool peut_marcher <- false;
    int temps_depot_initial <- 15;
    int temps_depot_actuel <- temps_depot_initial;

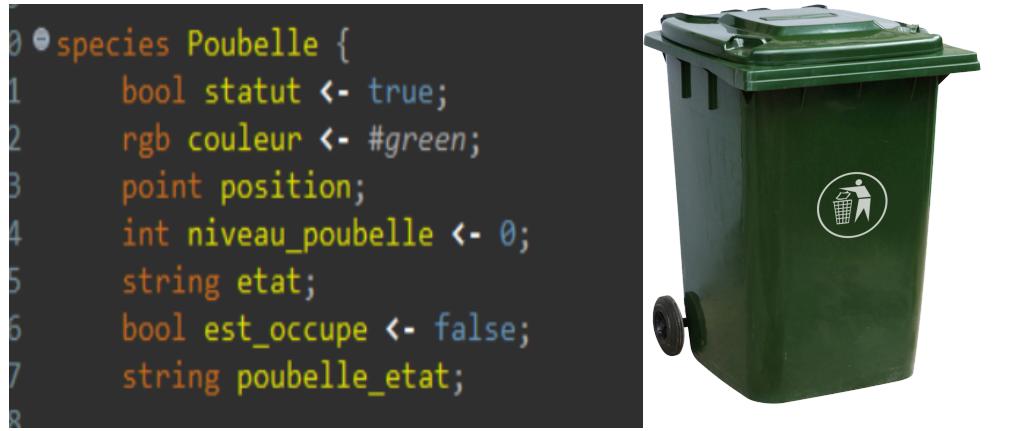
    @ aspect citoyen {
        draw image_file(icon) size: 50 color: couleur;
    }
}
```



Figure 8. Représentation visuelle de agent citoyen et ses attributs

#### 3.2. Agent poubelle

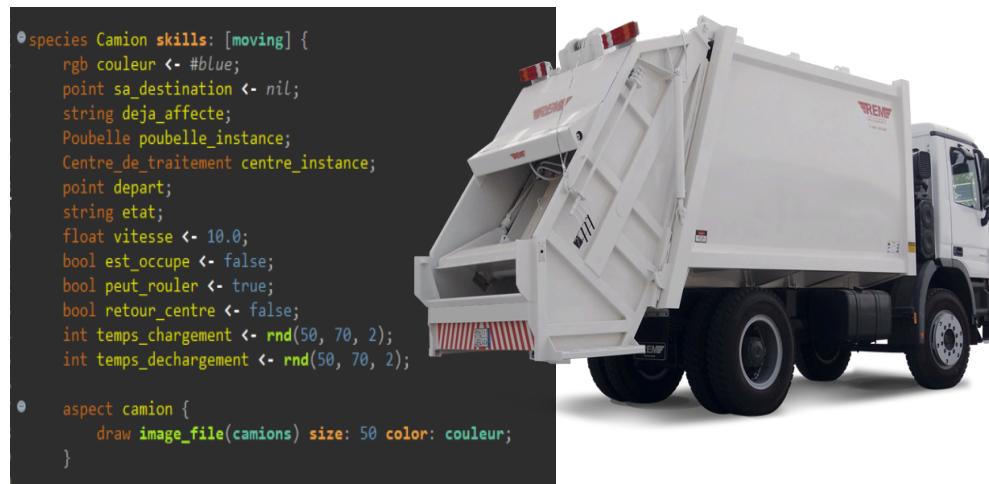
Il s'agit de là où les agents citoyens peuvent déposer leurs ordures. Ils sont positionnés sur la carte de la ville proches des habitations et des routes pour permettre aux camions de pouvoir les retrouver rapidement et simuler la traversée de la ville par ses camions. Dans le souci d'optimisation, chaque poubelle aura un niveau de remplissage donné pour permettre de contrôler qu'il soit bien rempli avant que l'agent camion ne vienne le vider. À l'état initial, l'agent poubelle a la couleur Verte pour notifier qu'elle est vide et qu'elle est à l'état de remplissage. Et quand elle a enfin atteint le niveau de remplissage estimé à 50 alors il prend la couleur Rouge et le centre de traitement est alerté pour venir vider la poubelle.



**Figure 9.** Représentation visuelle de agent Poubelle et ses attributs

### 3.3. Agent Camion

Cet agent, positionné à la base dans les centres de traitements, se charge d'aller vers les poubelles, de les vider et de ramener les ordures au centre de traitement. Il est alerté dès qu'un agent poubelle est rempli et possède la localisation de l'agent poubelle concerné pour lui permettre de pouvoir le rejoindre. À l'état initial, l'agent Camion est de couleur Bleue pour signaler le fait qu'il soit vide. Une fois qu'il rejoint un agent Poubelle et après l'avoir vidé pour signifier qu'il est rempli, il prend finalement la couleur Noir Cela montrer qu'il est rempli et qu'il doit retourner au centre de traitement.



**Figure 10.** Représentation visuelle des agents camion et ses attributs

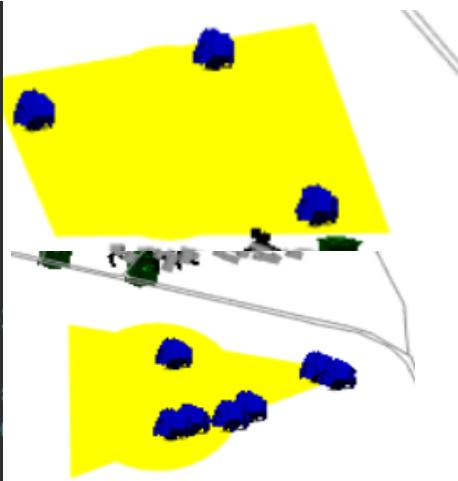
### 3.4. Agent de Centre de traitement:

Disposé aux abords de la ville sur une superficie donnée, il a une couleur jaune pour notifier que ce sont des zones dangereuses. Ces agents centres de traitement sont le point de base des camions et les lieux de traitement des ordures après collecte.

```
• species Centre_de_traitement {
    rgb couleur <- #yellow;

    • aspect centre_de_traitement {
        draw shape color: couleur;
    }

    • reflex affectation {
        list<Poubelle> les_poubelles <- list(Poubelle);
        if (les_poubelles != []) {
            int nb_poubelle <- length(les_poubelles);
            list<Camion> les_camions <- list(Camion);
            int nb_camion <- length(les_camions);
        }
    }
}
```



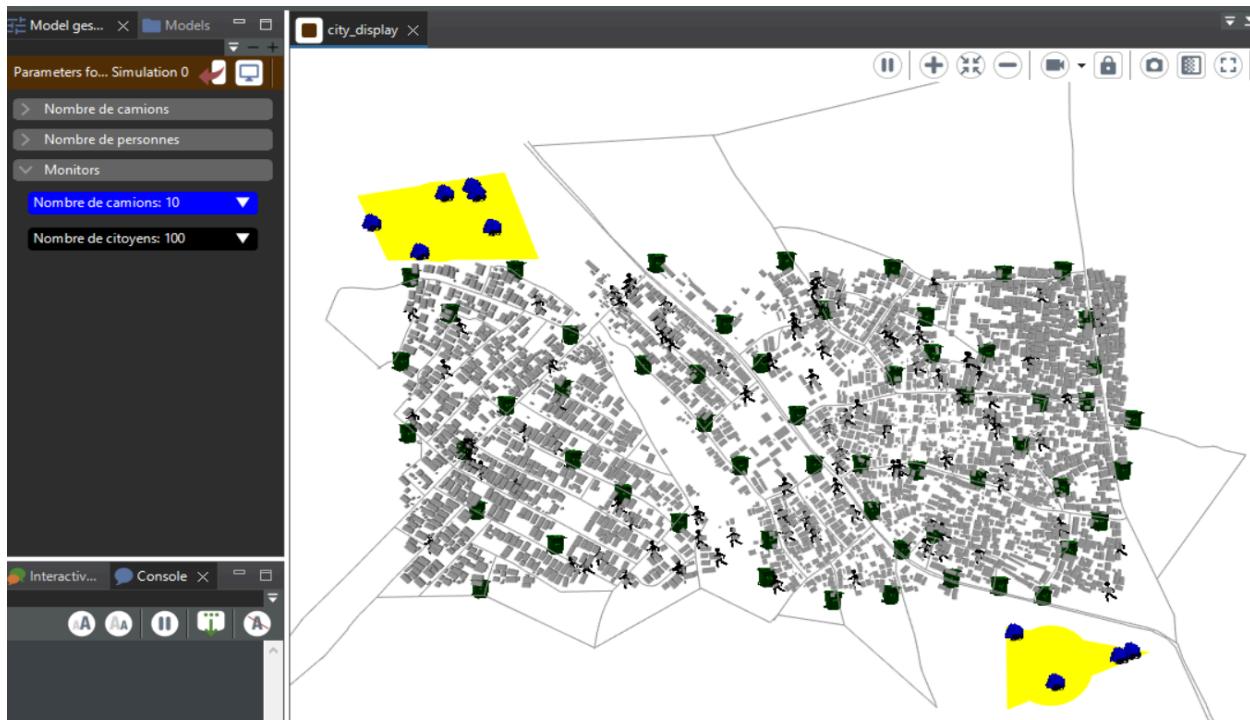
**Figure 11.** Représentation visuelle de l'agent centre de traitement et ses attributs

## IV. RÉSULTATS ET ANALYSE

Ce chapitre présente les résultats obtenus à partir de la simulation et leur analyse. Nous explorons les données collectées, analysons l'efficacité de la collecte des déchets et discutons des points forts et des limitations du modèle.

### 4.1. Etat initial de la simulation

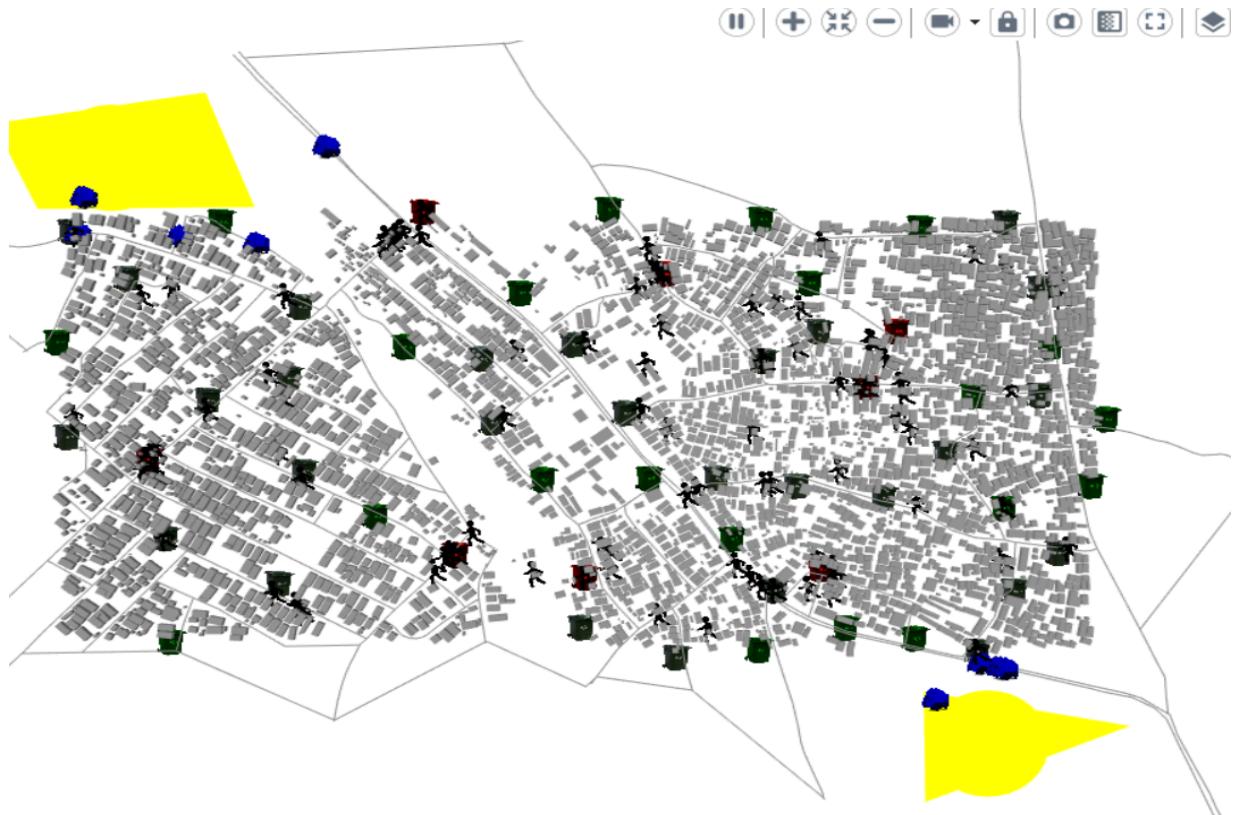
A cette étape tous les éléments sont à l'étape initiale , rien ne subit encore de mouvement , et on peut remarquer la représentation de chaque agent .



**Figure 12.** Etat initial de la simulation

## 4.2. Déplacement des agents citoyens et remplissage des poubelles

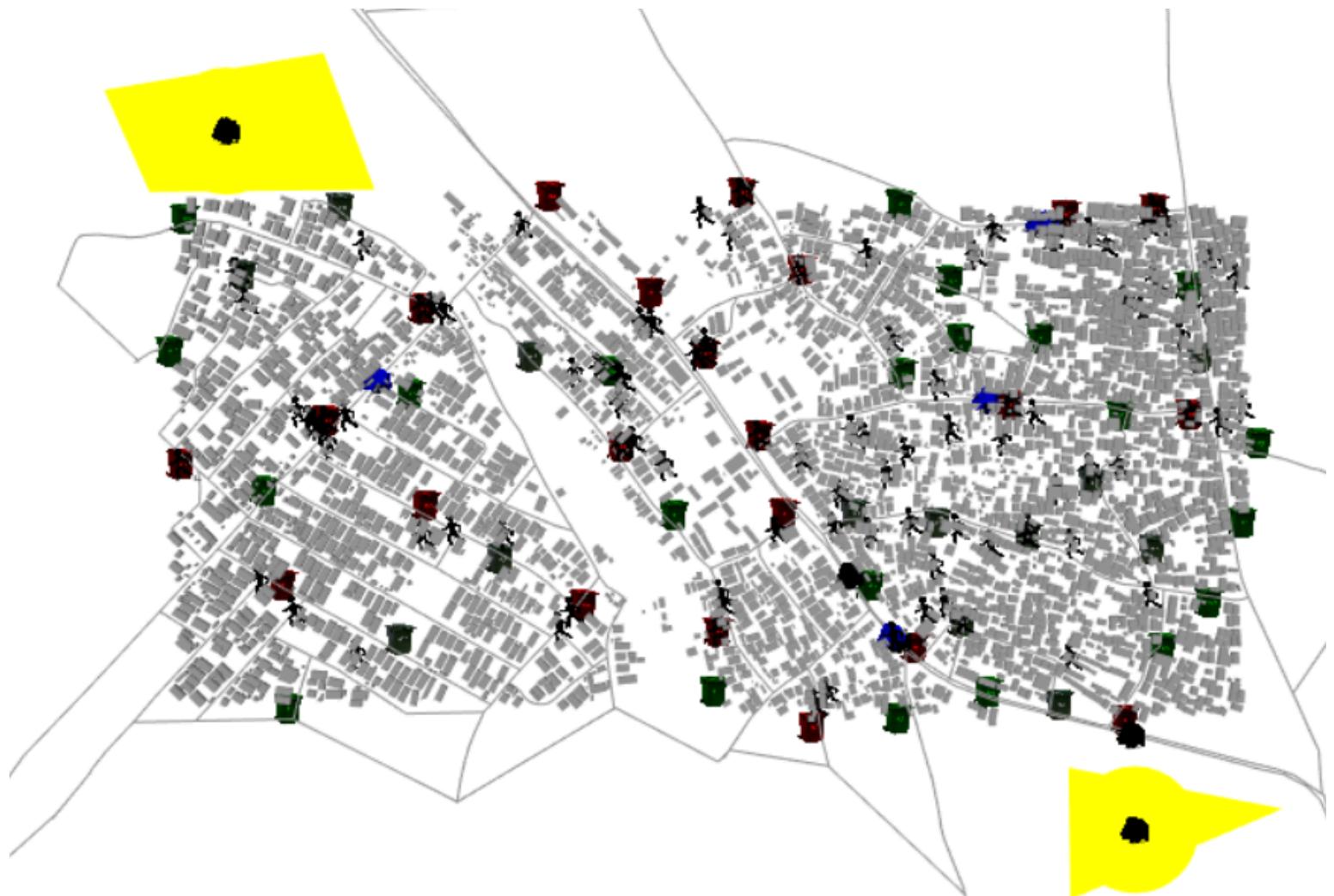
A cette étape, les différents agents sont en mouvement et comme on peut le remarquer les citoyens avancent vers les poubelles pour jeter leurs ordures, les poubelles pleines change de couleur de vert en rouge et il le centre de traitement étant alerté envoie des camions pour les atteindre afin de pouvoir les vider.



**Figure 13.** déplacement des agents

#### 4.3. Retour des camions au centre de traitement pour déchargement

A cette étape, les camions remplis changent de couleur, de bleu en noir, ce qui indique qu'ils sont remplis et doivent retourner au centre de traitement .



**Figure 14.** retour des camion au centre de traitement

## 4.4. Importation des fichiers shapefiles

```
• global {
    file shape_file_maison <- file("../includes/building_polygon.shp");
    file shape_file_route <- file("../includes/highway_line.shp");
    file shape_file_centre_traitement <- file("../includes/Depot_ordure.shp");
    file shape_file_poubelle <- file("../includes/bac_ordure.shp");
    image_file icon <- image_file("../includes/personne.png");
    image_file camions <- image_file("../includes/camion.png");
    image_file poubelles <- image_file("../includes/poubelle.png");
```

Figure 15. importation de fichiers shapefiles

## 4.5. Initialisation des agents

```
init {
    // Initialisation des agents
    loop p over: centre {
        create my_point {
            location <- p;
        }
    }
    create Building from: shape_file_maison;
    create Centre_de_traitement from: shape_file_centre_traitement;
    create Camion number: nombre_camion {
        location <- any_location_in(one_of(Centre_de_traitement));
        depart <- location;
    }
    create Citoyen number: nombre_personnes {
        location <- any_location_in(one_of(Building));
        depart <- location;
    }
    create Highway from: shape_file_route;
    create Poubelle from: shape_file_poubelle;
    road_network <- as_edge_graph(Highway);
    nombre_poubelles <- length(Poubelle);
}
```

Figure 16. utilisation des agents

## 4.6. Résultats de la simulation

Une fois la conception des différents agents effectuée, nous avons testé notre simulation pour constater le mouvement des différents agents et valider ou non nos différentes questions de recherches. Nous avons testé plusieurs scénarios en modifiant à chaque fois les paramètres de la simulation en l'occurrence le nombre d'individus dans la ville et le nombre de camions. Nous avons donc constaté le déplacement des agents Camion pour aller charger les ordures au niveau des poubelles dès que celles-ci sont remplies et venir les décharger au centre de traitement le plus proche pour traitement.

Nous avons dans un premier temps constaté avec succès le fait que les agents citoyens viennent jeter les ordures dans la poubelle la plus proche et dans un second temps que les camions dans le mouvement de retour au centre de traitement repartent vers le centre de traitement le plus proche.

- **Données collectées et résultat**

Au bout de nos différents scénarios de simulation, nous avons pu collecter des données notamment le niveau de remplissage des poubelles, la distribution et évaluation des camions. Ces données nous permettent d'évaluer notre projet et de nous positionner quant à la problématique du projet qui était **Comment optimiser le temps total et le trajet total du camion poubelle de collecte des déchets afin de réduire les temps de parcours et d'améliorer l'efficacité globale du service ?** Grâce à nos différents algorithmes d'affectation et de localisation, nous pouvons constater une réduction du temps de parcours pour les agents Citoyens et Camion et donc une optimisation du temps total et du trajet total.

- **Perspectives Futures**

Les résultats obtenus ouvrent des perspectives intéressantes pour des travaux futurs, notamment :

- ❖ L'intégration de nouvelles variables environnementales et socio-économiques pour affiner encore davantage la modélisation et les simulations.
- ❖ L'amélioration de l'interface utilisateur pour une meilleure visualisation et compréhension des résultats, facilitant ainsi la prise de décision pour les gestionnaires urbains.
- ❖ L'extension du modèle à d'autres zones urbaines et à différents contextes géographiques pour tester et adapter les solutions proposées.

## **CONCLUSION GENERALE**

Cette étude a démontré l'importance de l'optimisation des trajets des camions poubelles pour améliorer l'efficacité de la collecte des déchets urbains. Utilisant la plateforme GAMA, les simulations ont révélé une réduction significative des temps et des distances de collecte, ainsi qu'une diminution des émissions de gaz à effet de serre. Le modèle s'adapte aux variations quotidiennes et saisonnières de la production de déchets ainsi qu'aux conditions de trafic, permettant une gestion plus dynamique et réactive. Les résultats obtenus ouvrent des perspectives intéressantes pour intégrer de nouvelles variables environnementales et améliorer l'interface utilisateur pour une meilleure visualisation des données. Ces avancées renforcent la gestion intelligente des déchets urbains, contribuant à des villes plus efficaces et écologiquement responsables.