



Université Nationale du Vietnam

Institut Francophone International

M2 Informatique (Systèmes Intelligents et Multimédia)

Modélisation et Simulation des Systèmes Complexes

Rapport du TP :

POLLUTION ATMOSPHERIQUE EN MILIEU URBAIN

Etudiants :

BOHINBO TIMOTHÉE

CIBAMBO M. STEVEN

ESAI BELLEVUE

OLEMBO R. RICHMOND

Enseignant :

Dr. Manh Hung NGUYEN

Version du
10 novembre 2019

Résumé : Depuis plus d'une décennie, l'amélioration des moteurs, les pots catalytiques et la modification des carburants entraînent une forte diminution des émissions des véhicules motorisés. Mais avec l'explosion du trafic routier et la banalisation de la climatisation des voitures, le transport routier continue et continuera de poser des problèmes environnementaux significatifs. Selon l'EEA, le transport (transport international maritime et aérien non compris) a contribué à environ 56% des émissions de gaz à effet de serre en Europe dont 70% uniquement dus au transport routier (EEA, 2006).[2]

Mots clés : Modélisation et Simulation, Pollution de l'air. Pollution atmosphérique. Trafic routier. Véhicule léger, Poids lourd.

Table des matières

1	Introduction	4
1.1	Contexte	4
1.2	Domaine d'étude	4
1.3	Source de la Pollution	4
1.3.1	Origine naturelle	4
1.3.2	Origine anthropique	5
1.4	Intensité	5
1.5	Effets	6
1.5.1	Sur la santé	6
1.5.2	Sur l'environnement	6
2	Modélisation du Système proposé	7
2.1	Identification des agents	7
2.2	Activités et attributs	7
2.2.1	Agent Véhicule	7
2.2.2	Agent vent	8
2.2.3	Agent pluie	9
2.2.4	Agent arbre	9
2.2.5	Agent capteur	10
2.2.6	Agent centre de contrôle	11
2.3	Diagramme de classes	11
2.4	Diagramme de Séquences	13
3	Implémentation et Test	14
3.1	Outils utilisés	14
3.2	Résultat obtenu	15
4	Conclusion	19
5	Annexe	21
5.1	Code source	21

Liste des tableaux

1	Attributs de l'agent Véhicule	8
2	Méthodes de l'agent Véhicule	8
3	Méthodes de l'agent Vent	8
4	Attributs de l'agent Vent	9
5	Attributs de l'agent Pluie	9
6	Attributs de l'agent Arbre	10
7	Attribut de l'agent Capteur	10
8	Méthodes de l'agent Capteur	10
9	Attributs de l'agent centre de contrôle	11

Table des figures

1	Pollution de trafic routier	5
2	Effet de la pollution sur la santé humaine	6
3	Diagramme de classes	12
4	Didiagramme de séquences	13
5	Logo gama plateforme	14
6	Logo QGIS	15
7	Réseau routier	15
8	Fenêtre principale	16
9	Rayon d'observation de capteur	17
10	Initiation de statistiques	17
11	Statistique	18

1 Introduction

1.1 Contexte

Ce rapport est fait dans le cadre de mise en pratique de notions acquises dans le module de la Modélisation des Systèmes Complexes au niveau du Master 2 systèmes intelligents et multimédia. Signalons que la modélisation dont il est question ici est à base d'agents et nous nous sommes servi du langage GAML pour sa mise en place.

1.2 Domaine d'étude

L'explosion remarquable de parcs automobiles dans les grandes villes modernes fait que l'air soit de plus en plus pollué et cela à comme conséquence directe sur la santé humaine. A ce niveau il devient important voir nécessaire de voir de prêt les éléments qui contribuent sur cette pollution soit sur le coté positif que négatif enfin de bien proposer les pistes de solution. Ainsi donc dans ce travail nous nous proposons d'effectuer une simulation de la pollution de l'air à base d'agents pouvant d'une part démontrer cette hypothèse de la pollution dues aux trafic routier mais aussi et surtout montrer l'impact de certains entités naturelles ou non sur ce fait.

Pour y arriver deux grandes parties constitue ce document à savoir ; la première nous faisons la modélisation du système avec l'identification de agents et leurs rôles respectifs, dans la deuxième et dernière partie nous faisons l'implémentation du système avec la plateforme GAMA.

1.3 Source de la Pollution

On distingue deux grandes sources d'émission athmosphérique, à savoir ; émission d'origine naturelle et d'origine anthropique. [1]

1.3.1 Origine naturelle

A ce niveau l'homme ne contribu à rien aux polluant,nous avons entre autre les émissions par la végétation, l'érosion du sol, les volcans, les océans peuvent être aussi à l'origine d'émissions athmosphérique de polluants.

1.3.2 Origine anthropique

On appelle les émissions atmosphériques anthropiques les émissions d'origine humaine. La distinction se fait couramment d'après la nature des sources d'émissions (sources mobiles ou fixes) ou le secteur d'activité. La majorité des activités humaines est à l'origine, directe ou indirecte, d'émissions de polluants, entre autre ;

- Installation industrielle ou usine de production électrique
- Transport (aérien, maritime, trafic routier)
- Incinération d'ordures ménagères
- Agriculture
- Activité domestique
- Chauffage individuel et collectif

Comme nous l'avons bien signalé ci-haut ce travail se focalise plus sur les polluants dues au trafic routier car il est la principale source qui émet plus d'Oxyde d'Azote dans le milieu urbain.

1.4 Intensité

L'intensité de la pollution de l'air dans le milieu urbain dépend principalement du parc automobile mais aussi de caractéristiques de chaque véhicule soit ; son moteur, sa carburation, la vitesse à laquelle il roule, son âge (depuis qu'il est en utilisation), etc.



FIGURE 1 – Pollution de trafic routier

1.5 Effets

Les effets de la pollution sont directes sur la santé humaine et l'environnement;

1.5.1 Sur la santé

Les polluants peuvent avoir de multiples effets sur la santé humaine. Ils peuvent causer différents troubles par inhalation de (SO_2 , NO_2 , CO_2 , PM_{10} , etc.). Ils pénètrent profondément dans les poumons et réduisent l'oxygénation du sang.



FIGURE 2 – Effet de la pollution sur la santé humaine

1.5.2 Sur l'environnement

Le dioxyde d'azote NO_2 intervient dans la formation d'oxydants photochimiques (ozone troposphérique) et par effet indirect dans l'accroissement de l'effet de serre.

2 Modélisation du Système proposé

La modélisation d'un système est une phase très importante car elle permet d'avoir une idée très claire de ce que on veut mettre en place. Dans le cas présent il consiste premièrement à identifier les agents susceptible de jouer un rôle dans le système mais aussi et surtout la relation qu'a chaque agent avec d'autre agent et avec lui-même. Autrement dit son activité dans le système.

2.1 *Identification des agents*

D'après nos besoins le système sera constitué de six agents principaux à avoir ;

1. Agent véhicule
 - deux-roues
 - véhicule particulier
 - véhicule utilitaire
 - poids lourd
2. Agent vent
3. Agent pluie
4. Agent arbre
5. Agent capteur
6. Agent Centre de contrôle

On peut citer le système (réseau routier) par ce qu'il nous vient de l'extérieur.

2.2 *Activités et attributs*

2.2.1 Agent Véhicule

De l'agent Véhicule en découle quatre types d'agents qui animent plus le trafic routier. Dans le cas présent il est la principale source de la pollution. Ci-dessous ses caractéristiques ;

— Attributs

Voici 12 principaux attributs identifiant l'agent véhicule

N	Attribut	Description
1.	cylindre	le nombre de cylindre qu'a le véhicule
2.	carburation	type de carburant que le véhicule utilise soit 1 = essence, 2 = diesel
3.	age	ceci informe sur la durée depuis la quelle le véhicule en utilisation
4.	max_age	l'âge maximum que le véhicule peut rouler
5.	tonage	la charge que le véhicule transporte
6.	max_tonage	la charge maximale que le véhicule peut transporter
7.	status	état du véhicule 0 = véhicule au repos, 1 = véhicule en mouvement
8.	observer	le capteur qui observe le véhicule quand il est en mouvement
9.	count	le compteur du temps total que le véhicule est au repos
10.	duration	la durée totale depuis la quelle le véhicule roule
11.	speed	la vitesse à laquelle le véhicule roule
12.	coeff_emission	la quantité de gaz que le véhicule emit

TABLE 1 – Attributs de l'agent Véhicule

— Méthodes

N	Méthode	Description
1.	set_start	cette méthode permet de calculer l'heure que le véhicule va démarrer
2.	coeff_emission	cette méthode calcule la quantité de gaz émis par le véhicule

TABLE 2 – Méthodes de l'agent Véhicule

2.2.2 Agent vent

L'agent Vent influence positivement sur la pollution atmosphérique suivant la puissance avec la quelle il souffle et le temps qu'il met.

— Méthodes

N	Méthode	Description
1.	set_time	Cette méthode permet d'estimer l'heure à laquelle le vent va souffler
2.	souffler	cette méthode permet au Vent de souffler avec une puissance variée

TABLE 3 – Méthodes de l'agent Vent

— Attributs

Voici les attributs colifiant l'agent Vent dans le tableau suivant,

N	Attribut	Description
1.	power	la puissance avec laquelle le vent souffle
2.	duration	la durée totale pendant laquelle le vent souffle avec la puissance variable
3.	start_time	l'heure à laquelle le vent va commencer à souffler
4.	count	un compteur pour savoir le temps déjà écoulé depuis qu'il a commencé
5.	status	pour savoir l'état du vent 0 = ne souffle pas, 1= souffle

TABLE 4 – Attributs de l'agent Vent

2.2.3 Agent pluie

Comme le vent, la pluie influence aussi positivement sur la pollution et aussi elle est imprévisible.

— Attributs

N	Attribut	Description
1.	power	la puissance de la pluie en fonction de sa quantité et sa durée
2.	quantite	la quantité totale de la pluie en m3
3.	duration	la durée totale qu'il va pleuvoir
4.	start_time	le temps auquel la pluie va débuté
5.	count	compteur du temps déjà écoulé depuis le début
6.	status	état de la pluie 0 = il ne pleut pas, 1 = il pleut

TABLE 5 – Attributs de l'agent Pluie

Les mêmes méthodes de l'agent Vent sont à considérer pour l'agent Pluie

2.2.4 Agent arbre

L'agent arbre a un impact positif sur la pollution atmosphérique selon son énergie. Cette dernière dépend de sa taille et de son âge. Habituellement comme les arbres sont plantés par les humains, ainsi le système en génère continuellement à l'âge minimal. Au fur et mesure que l'arbre croît en taille et en âge plus est son énergie, par conséquent il a une bonne influence sur la pollution de son environnement. Quand l'arbre atteint l'âge maximal il commence à involuer et perd ses branche et sa puissance.

N	Attribut	Description
1.	age	l'âge de l'arbre
2.	max_age	l'âge maximal d'un arbre avant qu'il involu
3.	min_size	la taille minimale que peut avoir l'arbre
4.	max_size	la taille maximale que peut avoir l'arbre quand il est planté
5.	size	la taille courant de l'arbre
6.	power	la puissance de l'arbre en fonction de son l'âge et de sa taille

TABLE 6 – Attributs de l'agent Arbre

2.2.5 Agent capteur

Les capteurs sont renpendus sur toutes la zone du réseau routier pour surveiller les mouvements de véhicules par conséquent l'émission de chacun. Chaque capteur couvre une étendu grâce à son rayon d'observation pour tout véhicule qui y circule.

N	Attribut	Description
1.	qt_gaz_moto	la pollution émise par l'agent Moto dans son rayon d'observation
2.	qt_gaz_vp	la pollution émise par l'agent VP dans son rayon d'observation
3.	qt_gaz_vult	la pollution émise par l'agent VULT dans son rayon d'observation
4.	qt_gaz_pl	la pollution émise par l'agent PL dans son rayon d'observation
5.	moto_observe	la liste de deux-roues roulant dans son rayon
6.	vp_observe	la liste de VP roulant dans son rayon
7.	vult_observe	la liste de VULT roulant dans son rayon
8.	pl_observe	la liste de PL roulant dans son rayon

TABLE 7 – Attribut de l'agent Capteur

N	Méthode	Description
1.	influence_tree	calcule l'influence d'arbres présent dans son rayon sur la pollution
2.	influence_pluie	verifie la présence de la pluie et calcule son l'influence
3.	influence_vent	verifie la présence du vent et calcule son l'influence sur la pollution
4.	nbr_vehicule_area	liste tout les véhicules roulant dans son rayon d'observation
5.	send_info	envoie le rapport au centre de contrôle chaque 5 après cycles

TABLE 8 – Méthodes de l'agent Capteur

2.2.6 Agent centre de contrôle

Le rôle principal de l'agent centre de contrôle est de réceptionner les informations venant de tous les capteurs du fait qu'on a un seul centre de contrôle et de les afficher. Le centre de contrôle ne fait pas aucun travail de sur plus car le capteur après avoir collecter le coefficient d'émission de chaque véhicule dans son rayon d'observation il calcule directement l'influence d'arbres à son alentour mais aussi vérifie la présence du vent et de la pluie et puis il envoie les informations prêtes à être utilisées. Ci-dessous le tableau listant les caractéristiques de l'agent centre de contrôle.

N	Attribut	Description
1.	qt_gaz_moto	La quantité de gaz émis par tous les agents Moto chaque après 5 cycles
2.	qt_gaz_vp	La quantité de gaz émis par tous les agents VP chaque après 5 cycles
3.	qt_gaz_vult	La quantité de gaz émis par tous les agents VULT chaque après 5 cycles
4.	qt_gaz_pl	La quantité de gaz émis par tous les agents PL chaque après 5 cycles

TABLE 9 – Attributs de l'agent centre de contrôle

L'agent centre de contrôle n'a qu'une seule méthode lui permettant de savoir tous les capteurs avec lesquels il communique.

2.3 Diagramme de classes

Après l'analyse de besoins, nous avons pu identifier six classes principales pour le bon fonctionnement du système prévu. Sur la figure suivante on voit que de la classe Véhicule en découle deux autres classes soit PoidsLourd et Véhicule léger, en plus du Véhicule léger en découle les DeuxRoues, VehiculeParticulier et Véhicule utilitaire.

Sur la figure ci-dessous remarquons que toutes les classes héritent de la classe Position, cela sous-entend toutes les instances de chaque classe ont besoin d'être localiser géographiquement dans le système.

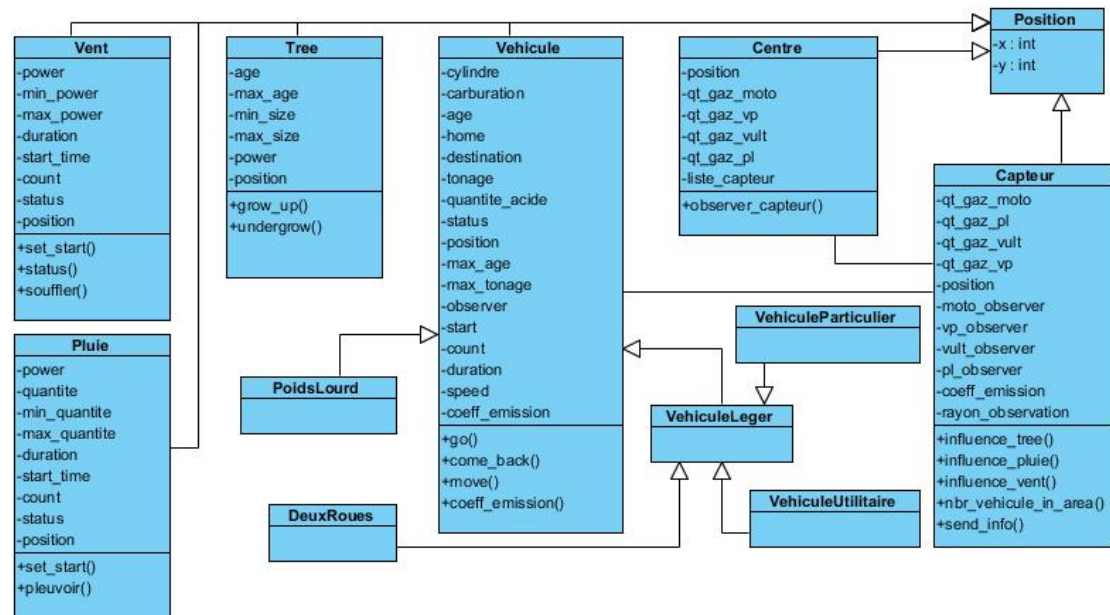


FIGURE 3 – Diagramme de classes

2.4 Diagramme de Séquences

Etant donné que nous sommes dans un système multi-agents presque tous les comportements des agents soit l'interaction avec lui-même ou avec d'autres agents sont connus. Ainsi la figure suivante, montre la séquence des opérations clés du système. On voit que, seul l'agent Arbre à deux interactions avec lui-même qui ne se repetent pas, à savoir ; Grandir et devaluer. Et cela du fait que l'arbre grandi une seule fois et dégénère une fois pour toute.

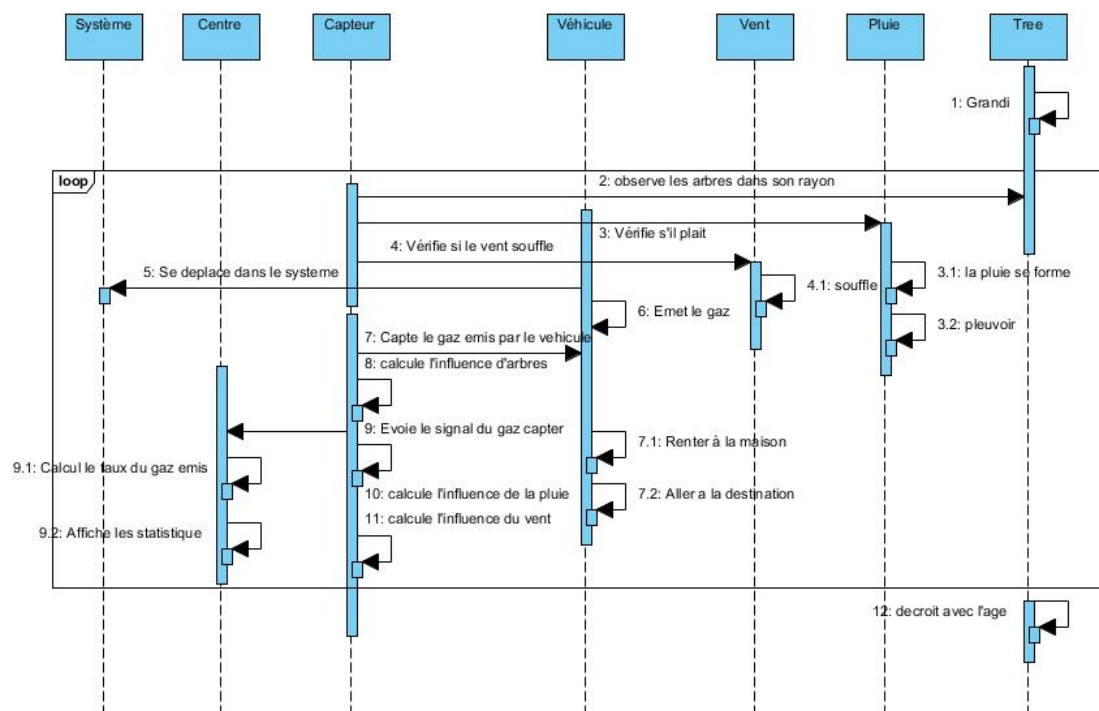


FIGURE 4 – Didiagramme de séquences

3 Implémentation et Test

Dans cette dernière partie nous parlons des outils utilisés et de résultats obtenus par rapport aux objectifs que nous nous sommes fixés.

3.1 Outils utilisés

1. La plateforme GAMA

GAMA est un environnement de développement de modélisation et de simulation permettant de créer des simulations à base d'agents spatialement explicites.[4]

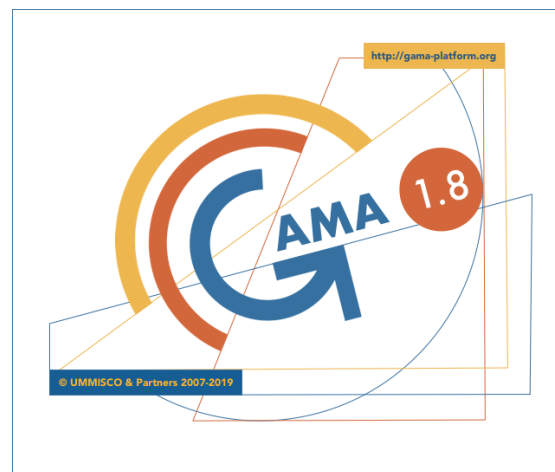


FIGURE 5 – Logo gama plateforme

L'ensemble du projet a été implémenté avec la plateforme GAMA version 1.8, à travers bien sûr son fameux langage de modélisation GAML. Code source voir la partie Annexe.

2. QGIS

QGIS est un logiciel de Système d'Information Géospacial (SIG) permettant la gestion et le traitement de données spatiales.

A la base du système simulé dans ce travail se trouve un réseau routier qui accorde à nos agents de type véhicule le moyen pour se déplacer, ainsi nous nous sommes servi du QGIS pour obtenir une partie du réseau routier de la ville de Hanoï ainsi que les bâtiments sur plombant dans cette zone choisie et nous y avons installé les capteurs.



FIGURE 6 – Logo QGIS

3.2 *Résultat obtenu*

Cette dernière section présente le résultat obtenu à travers quelques captures de fenêtres du système développé.

1. **Reseau routier**

La figure suivante représente le plan du réseau routier qui nous a servi de monter notre système.



FIGURE 7 – Réseau routier

2. Fenêtre principale

La fenêtre principale du système montre l'ensemble des agents y compris les bâtiments avec leurs position respectives.



FIGURE 8 – Fenêtre principale

3. Rayon d'observation de capteur

Comment signaler ci-haut, chaque capteur a un rayon d'observation qui lui permet de surveiller tout véhicule qui y circule. Une fois que le véhicule quitte son rayon le capteur permet le contrôle de ce dernier et un autre capteur plus proche du véhicule le détecte reprend le contrôle. Pour démontrer bien le fonctionnement de rayon d'observation nous traçons une ligne entre chaque capteur et le véhicule roulant dans son rayon figure suivant.



FIGURE 9 – Rayon d'observation de capteur

4. Statistiques

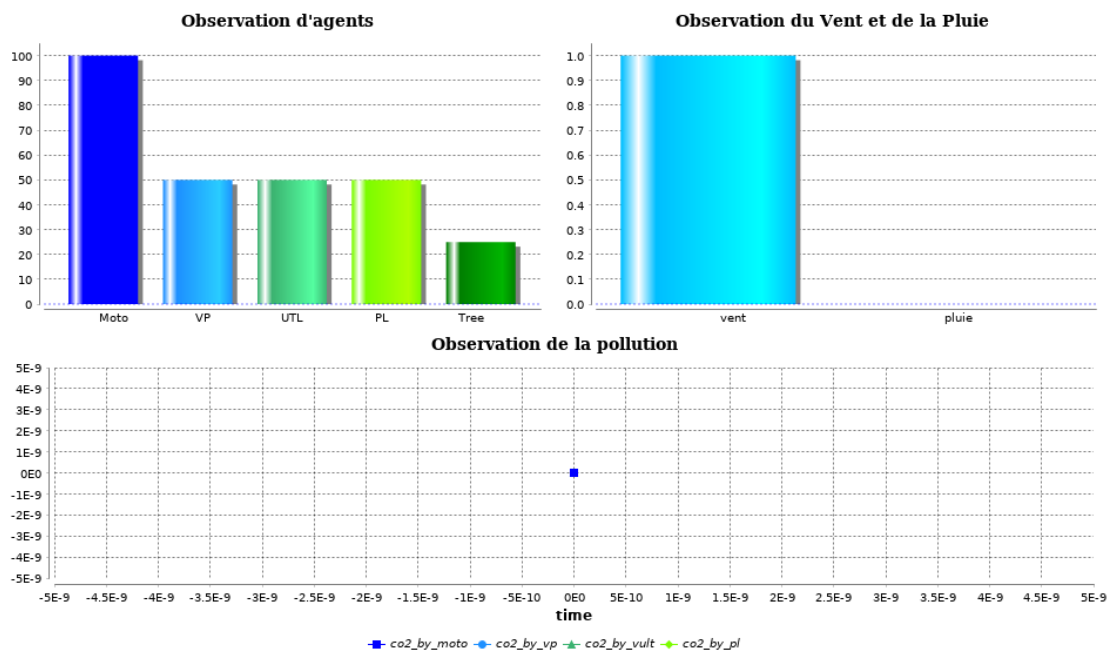


FIGURE 10 – Initiation de statistiques

Le premier graphe de la figure 10 montre les agents de type Véhicule et l'Arbre dont nous voulons suivre l'évolution, le deuxième graphe l'agent Vent et Pluie qui eux sont imprévisibles et le dernier graphe l'évolution de la pollution suivant type de polluant.

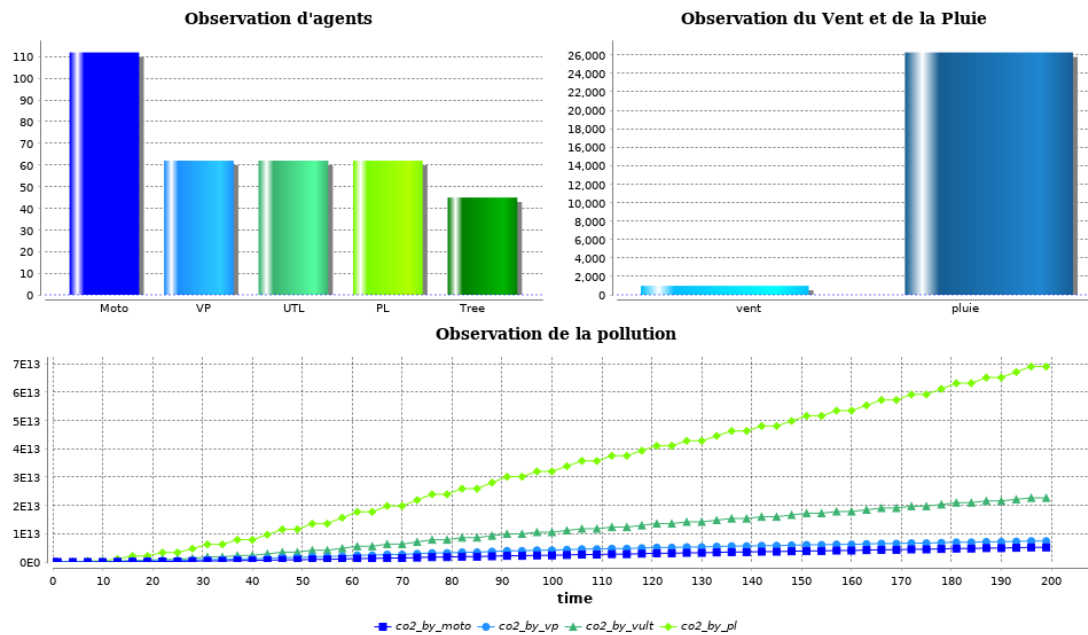


FIGURE 11 – Statistique

Sur la figure ci-haut, voyons comment la quantité de l'agent deux-roues est très grande que les autres agents (1er graphe bar en bleu) mais sur le 3em graphe on voit bien que ce n'est pas sa barre qui prend le dessus mais la barre de l'agent Poids Lourd. Au fur et mesure que le nombre d'agents arbre augmente (1er graphe barre en vert) cela fait à ce que les courbes sur le 3em graphe ne soient pas très pendantes. Même chose aussi quand le Vent souffle ou quand il pleut ça impacte aussi sur l'évolution des courbes sur le graphe 3. Le système a été initialiser avec 100 agent deux-roues, 50 poids lourd, 50 véhicule particulier et 50 véhicule utilitaire, au niveau de la pollution le poids lourd vient en tête, puis véhicule utilitaire, puis véhicule particulier et en fin deux-roues, chose que nous trouvons logique.

4 Conclusion

Les transports routiers constituent une véritable préoccupation en termes de pollution atmosphérique. Cependant, du fait de la diversité des véhicules, l'estimation des émissions dues aux transports est complexe. A chaque type de véhicule (VP, VUL, PL, deux-roues) correspond des caractéristiques d'émission différentes. Ces émissions varient également en fonction de l'âge du véhicule et de la norme dont il dépend.

- On observe notamment que les véhicules deux-roues sont les véhicules qui émettent unitairement le plus de CO et de COV. Les poids lourds, quant à eux, émettent de grande quantité de NOx CO2 et particules (PM10).
- Cette différence est aussi visible au sein d'une même catégorie de véhicules, selon le carburant utilisé, essence ou diesel. Globalement, les véhicules diesel sont plus polluants que les modèles essence : ils émettent plus de NOx et sont les seuls à émettre des particules (PM10) en suspension. [3]

Références

- [1] ACNUSA : Acnusa, october 2019. <https://www.acnusa.fr/fr/la-pollution-de-lair/sources/18>.
- [2] Atmo PACA : Les émissions dues aux transports routiers. page 2, avril 2007.
- [3] Atmo PACA : Les émissions dues aux transports routiers. page 20, avril 2007.
- [4] GAMA TEAM : Gama platform, october 2019. <https://gama-platform.github.io/>.

5 Annexe

5.1 *Code source*

L'ensemble du projet inclus toutes les dependances est sur ce lien [ici](#)