

Couplage du modèle mathématique EMISENS et d'un SIG pour calculer les émissions générées par le trafic routier dans la région du grand Casablanca

GOURGUE H. ^{(1, 2)*}, MIR A. ⁽¹⁾, CLAPPIER A. ^(1,2), BLOND N. ^(1,2) & BOUFALA A. ⁽²⁾

⁽¹⁾ Equipe de Recherche Génie de l'Énergie et Phénomène de Transport, Laboratoire de Mécanique, Procédés de l'Énergie et de l'Environnement, Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Université Ibnou Zohr– Agadir, Maroc.

*hicham.gourgue@gmail.com

⁽¹⁾ Laboratoire Image Ville Environnement, Faculté de géographie- Strasbourg, France

⁽²⁾ Equipe de Recherche Energies Renouvelables et Environnement, Centre de Recherche Appliquée en Innovation et Valorisation, Universiapolis, Maroc.

Abstract. Les agglomérations urbaines sont des sources importantes de pollution atmosphérique [1]. Ce cas est particulièrement grave à Casablanca comme étant un cas de villes des pays en cours de développement, où la population, le trafic, l'industrialisation et la consommation d'énergie sont en augmentation.

Dans ce travail, nous avons utilisé le nouveau modèle numérique EMISENS qui combine les deux approches top-down et bottom-up pour produire rapidement l'inventaire des émissions du trafic routier dans l'agglomération du grand Casablanca: en calculant les émissions totales et en les distribuant par la suite, dans le temps et dans l'espace. Une première tentative a été faite en utilisant le modèle et les données disponibles. Les résultats obtenus et l'analyse de leurs incertitudes ont permis une mise au point précise des stratégies à suivre pour améliorer les paramètres d'entrée et les résultats de la deuxième application du modèle.

Trois groupes de données d'activité sont utilisés: le réseau routier géo référencé à l'aide d'un SIG, la composition du parc automobile et les variations temporelles et spatiales de la circulation. Les émissions linéaires sont calculées en fonction des facteurs d'émission basés sur la méthodologie COPERT IV et les caractéristiques du carburant utilisé au Maroc. Les émissions de SO₂, NO_x, CO, CH₄ et COVNM sont calculées dans le temps (heure par heure) et dans l'espace.

Keywords: polluants organiques, trafic routier, facteurs d'émission, pollution atmosphérique, systèmes d'information géographique.

1. Introduction.

Nous avons utilisé dans ce travail, le nouveau modèle EMISENS visant à produire rapidement des inventaires des émissions du trafic routier dans les villes des pays en développement. EMISENS combine l'approche top down et bottom-up. La méthode Monte Carlo est incluse pour calculer les incertitudes des émissions et le taux d'incertitude dû à chaque paramètre d'entrée. EMISENS a été favorablement validé par la comparaison de ses résultats avec ceux du modèle Circul'air [4] qui est utilisé depuis longtemps pour prévoir et étudier la pollution de l'air sur la région de Strasbourg, France, par l'agence qualité de l'air, l'ASPA [2]. Après l'énorme travail sur la collecte des données, les facteurs d'émission sont calculés en utilisant la méthodologie COPERT IV. Par la suite une étude d'incertitudes a été élaborée avant de calculer les émissions totales. Pour élaborer un inventaire des émissions, la précision dans les paramètres d'entrée est infiniment nécessaire en particulier pour les facteurs d'émission et la circulation des véhicules.

Les émissions totales générées par le trafic routier de l'agglomération de Casablanca sont intéressantes par rapport à d'autres régions du monde. Les régions qui disposent d'un réseau routier dense dû aux activités économiques et industrielles importantes, sont les celles qui génèrent plus d'émissions.

a. domaine d'étude

Casablanca est la plus grande ville du Maroc ainsi que son principal port. Il est également la plus grande ville du Maghreb. Le recensement de 2004 a enregistré une population de 2.949.805 dans la préfecture de Casablanca et 3.631.061 dans la région du Grand Casablanca. il est considéré comme le centre économique et commercial du Maroc, ouest du Maroc, située sur l'océan Atlantique [7]. La flotte qui roule dans l'agglomération est estimée à 493600 en 2004. Ce parc est composé de 76% des véhicules de tourisme, 22% des véhicules utilitaires et 2% des motos. La majorité des véhicules, soit 80%, ont la charge inférieure à 3, 5 tonnes. 11% des véhicules ont la charge entre 3,5 et 7,5 tonnes et 9% ont la charge supérieure à 7,5 tonnes. Environ 86% des véhicules utilitaires et 55% des voitures utilisent le diesel comme carburant [5].

2. Méthodologie et préparation de données.

2.1. Modélisation.

L'équation principale utilisée dans EMISENS pour le calcul des émissions est obtenue à partir de la combinaison de deux variables:

$$E = e \cdot A. [6]$$

E : l'émission totale.

e : le facteur d'émission (EF)

A : l'activité des émetteurs.

Dans les approches top-down et bottom-up, le calcul des émissions se fonde sur la l'utilisation de facteurs d'émission qui dépendent de différentes sources de polluants. Les deux approches sont cohérentes si le calcul du total des

émissions donne le même résultat. Avec l'approche bottom-up, les émissions $E(ip,ie)$ (en g.veh-1.h-1) du polluant ip (NOx, CO, COV, etc) et l'émetteur ie (à savoir les émetteurs sont des sources polluantes comme un véhicule spécifique sur une rue spécifique) sont calculées en utilisant la répartition spatiale et temporelle des paramètres :

$$E_{ip,ie}(x, y, t) = e_{ip,ie}(x, y, t) A_{ie}(x, y, t) \quad [2] \text{ and } [6]$$

L'activité est estimée, suivant deux méthodes: $M*N$ et $F*L$. En effet concernant la première approche dans les méthodologies classiques, notamment COPERT IV, l'estime comme étant le produit du kilométrage moyen parcouru par un véhicule (M en Km), par le nombre total de véhicules (N): $A=M*N$. Cette formulation est facilement utilisée pour estimer les émissions totales, mais ne donne aucune information sur la distribution de ces activités dans l'espace et dans le temps. Pour les distribuer spatialement et temporellement, les activités devrait être calculées en utilisant le flux de véhicules sur un segment de rue spécifique (F) qui multiplie par la longueur de ce segment de rue (L en km): $A = F*L$. Si le flux de véhicules est connu pour chaque heure et dans chaque rue de la ville, les activités sont facilement distribuées sur une grille en utilisant la fraction de la longueur de la rue dans chaque cellule de la grille.

2.2. Calcul des émissions totales à l'aide d'EMISENS.

Suite aux comptages routiers effectués sur les routes urbaines par l'agence urbaine de Casablanca par le biais du plan de déplacement urbain (PDU), et sur le réseau interurbain national et autoroutier réalisés en continu sont publiés annuellement par la Direction des Routes et de la Circulation Routière de la DRCR5, on a pu construire le tableau1 qui résume l'approche $F*L$.

| Véhicule | Urban | Rural | Highway |
|-----------|----------|----------|----------|
| Car | 377632,1 | 30886,53 | 24093,68 |
| Light | 150686,1 | 26137,96 | 0 |
| Heavy | 57235,91 | 13237,53 | 4735,75 |
| Motocycle | 54419,08 | 8836,09 | 0 |

Tableau1. Le flux horaire de chaque type de véhicule dans chaque type de rue multiplié par la longueur de cette rue.

Après avoir calculé l'activité pour chaque type de véhicule et pour chaque type de rue on a pu, à l'aide d'EMISENS, élaborer

| Polluants | NOx | CO | NMCOV | CH4 | SO2 |
|---------------------------|------|------|-------|-------|-------|
| Emissions totales (ton/h) | 2,06 | 4,02 | 1,28 | 0,34 | 0,91 |
| Incertitudes totales (%) | 5,7 | 8,07 | 10,09 | 13,76 | 11,01 |

Tableau2. Les émissions totales de NOx, CO, NMCOV, CH4 et SO2 de la région du grand Casablanca et leurs incertitudes calculées à l'aide de modèle mathématique EMISENS.

Les émissions totales générées par l'ensemble de l'agglomération du Casablanca sont importantes par rapport à d'autres régions du monde [2] notamment pour le monoxyde de carbone (CO) les oxydes d'azote (NOx) les composés Organiques Volatiles non Méthanique (NMCOV). Ceci est dû essentiellement à l'âge des véhicules qui dépasse dans la moyenne 10ans, mais également à l'utilisation du diesel comme carburant pour l'ensemble du parc automobile.

2.3. Répartition spatiale des émissions à l'aide d'un SIG.

Le couplage EMISENS-SIG nous a permis à la fois de répartir les inputs de notre modèle et par la suite les outputs sous forme de carte de pollution ci-dessous :

La répartition spatiale des émissions (NOx, CO, NMCOV, et SO2) nous donne un aperçu clair sur la distribution des différents polluants et sur les régions qui sont gravement touchées. Ceci est d'autant plus important dans les centres des deux villes (Casablanca et Mohammedia) qui contiennent un réseau routier plus dense suites aux activités économique et industrielles intéressantes.

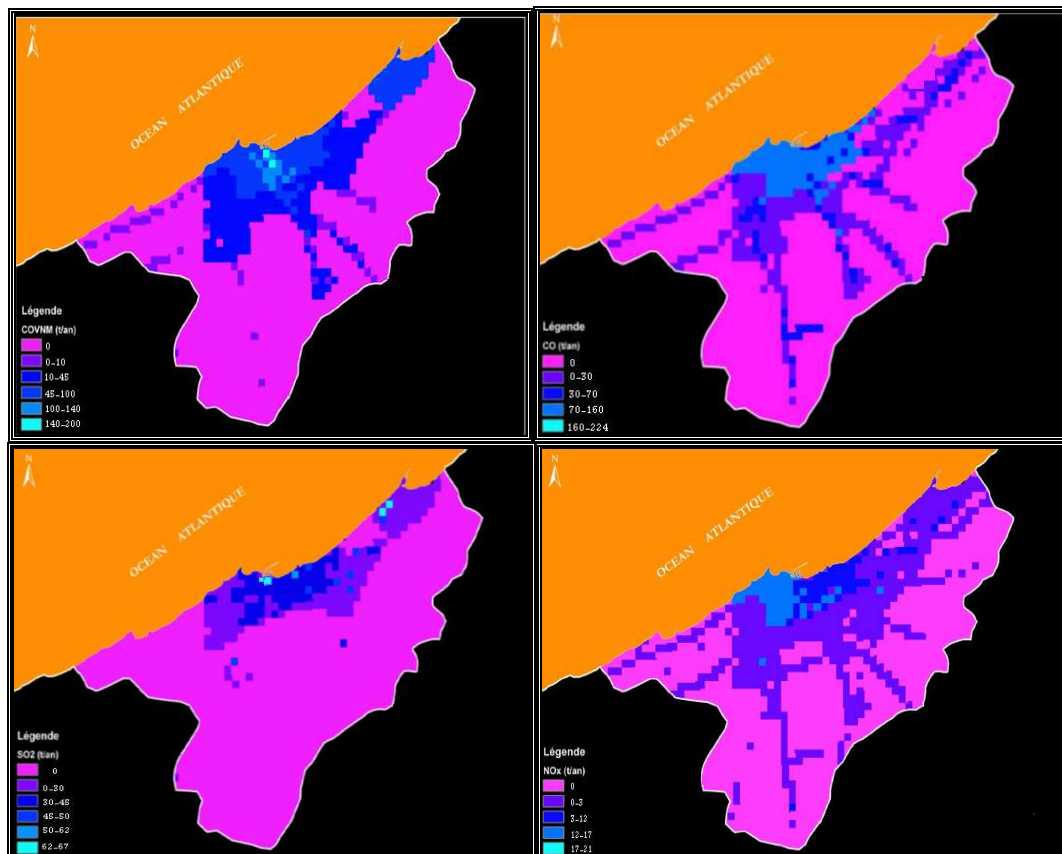


Figure 1. Les émissions de NOx, CO, NMCOV, et SO₂ du grand Casablanca réparties dans l'espace de la région du grand Casablanca effectué à l'aide d'un couplage EMISENS-SIG.

3. Conclusion.

La précision dans les paramètres d'entrée est infiniment nécessaire pour élaborer l'inventaire en particulier pour les facteurs d'émission et la circulation du véhicule. Les quantités d'émissions générées par la circulation routière du Grand Casablanca sont largement remarquables dans les régions qui contiennent un réseau routier entrainement dense, et qui disposent d'autant plus d'une activité économique et industrielle importante.

Acknowledgements

Derrière tout travail, modeste que soit le présent, on ne peut nier qu'il y ait eu des gens d'une disponibilité particulière. Ainsi, ce projet, n'aurait pu arriver à terme sans l'aide d'un certain nombre de personnes dont nous ne pourrions certes satisfaire le nombre. Nous avons le grand plaisir d'attirer l'attention sur la contribution de l'agence urbaine de Casablanca, de Service Environnement de la Wilaya de Casablanca, de Département Environnement de Rabat et de Laboratoire Image Ville Environnement de Strasbourg.

References

- [1] E. Zaratea, Al, Air quality modeling over Bogota, Colombia: inventories, 2007, vol. 41, no29, pp. 6302-6318 [17 page(s) (article)] (1 p.1/4).
- [2] B. Quoc Ho, A. Clappier, "Road traffic emission inventory for air quality modelling and to evaluate the abatement strategies: A case of Ho Chi Minh City, Vietnam", Atmospheric Environment, Volume 45, Issue 21, July 2011, Pages 3584-3593.
- [3] A. Khatami, J.-L. Ponche, E. Jabryb, Ph. Mirabel, The air quality management of the region of Great Casablanca (Morocco). Part 1: Atmospheric emission inventory for the year 1992, Science of the total environment, 1998, vol. 209, no2-3, pp. 201-216 (1 p.1/4)
- [4] Q.B. Ho, Al, Optimal Methodology to Generate Road Traffic Emissions for Air Quality Modeling: Application to Ho Chi Minh City, thesis report, 2010,
- [5] étude sur le cadastre des émissions atmosphériques dans la région du grand Casablanca : inventaire des émissions atmosphériques, 2007
- [6] Ponche J-L. Emissions dans l'atmosphère due au trafic routier et dues aux sources ponctuelles. Internal REKLIP report n°2, LPCA-CGS Strasbourg (FI, 1992.
- [7] <http://en.wikipedia.org/wiki/Casablanca> 11 ,11dec 2011