

Marrakair: une simulation participative pour observer les émissions atmosphériques du trafic routier en milieu urbain

Justin Emery, Nicolas Marilleau, Nadège Martiny, Thomas Thévenin, Tri Nguyen-Huu, Mohamed Ait Badram, Arnaud Grignard, Hassan Hbdid, Ah-Med Laatabi, Saad Toubhi

▶ **To cite this version:**

Justin Emery, Nicolas Marilleau, Nadège Martiny, Thomas Thévenin, Tri Nguyen-Huu, et al.. Marrakair: une simulation participative pour observer les émissions atmosphériques du trafic routier en milieu urbain. Treizièmes Rencontres de Théo Quant, May 2017, Besançon, France. hal-01530981

HAL Id: hal-01530981
https://hal.science/hal-01530981

Submitted on 1 Jun 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MARRAKAIR : UNE SIMULATION PARTICIPATIVE POUR OBSERVER LES ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES DU TRAFIC ROUTIER EN MILIEU URBAIN

Justin Emery[1], Nicolas Marilleau[2], Nadège Martiny[3], Thomas Thévenin[1], Tri Nguyen-Huu[2], Mohamed Ait Badram[4], Arnaud Grignard[4], Hassan Hbdid[4], Ahmed Laatabi[4], Saad Toubhi[2]

Laboratoire ThéMA
UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté[1]

UMI UMMISCO-IRD/Université de Cadi-Ayyad[2]

UMR 6282 Biogéosciences-Équipe CRC
Université de Bourgogne-Franche-Comté[3]

MIT Media Lab[4]

Mots-clefs - Pollution atmosphérique automobile, Trafic routier, Capteurs urbains, Simulation multi-agents, Simulation participative

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la pollution de l'air est le principal risque environnemental pour la santé dans le monde [1] (OMS, 2013). À l'échelle locale, la pollution atmosphérique agit sur quelques kilomètres et se manifeste à proximité des sources de pollution comme la proximité aux sites industriels. En milieu urbain, le premier contributeur aux émissions de NO_x, CO, ou PM_10 dans l'atmosphère est le trafic routier (CITEPA, 2014). La pollution atmosphérique automobile (PAA) se caractérise en effet par l'émission de composés toxiques et cancérigènes directement émis par les moteurs. L'intensité des émissions est à relier au nombre de véhicules présents sur la route, à leurs vitesses et aux caractéristiques de leur motorisation. En effet, les mesures de qualité de l'air montrent que les concentrations de polluants sont de deux à trois fois plus intenses à proximité des axes routiers qu'en fond urbain (Fenger, 1999 ; OMS, 2006). Les derniers événements de pollution atmosphérique de Novembre 2016 à l'échelle de l'agglomération Parisienne [2] montrent que la gestion des flux de trafic routier, comme la circulation alternée, constitue un des leviers majeurs en vue d'améliorer la qualité de l'air en milieu urbain.

DONNEES ET MÉTHODES

MarrakAir est un projet axé sur la problématique du développement durable et porté par le laboratoire ThéMA, l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et l'Université Cadi Ayyad (UCA). Il synthétise plusieurs travaux de recherche sur la pollution de l'air, le trafic routier et la modélisation informatique afin de proposer à un large public un outil de compréhension et de sensibilisation aux effets de la PAA en milieu urbain. Développée sous la plate-forme de modélisation GAMA [3] (Taillandier et al., 2014 ; Grignard et al., 2013), l'application intègre non seulement une simulation du trafic routier (démarche

1. Communiqué de presse du 17 Octobre 2013 de l'OMS et de l'agence internationale de recherche sur le cancer : « Pollution de l'air extérieur : une cause environnementale des décès associés au cancer » :
2. http ://www.airparif.asso.fr/actualite/detail/id/183
3. http ://gama-platform.org/

SCAUP) mais aussi une méthodologie de calcul des émissions de PAA (COPERT). La démarche SCAUP a été exploitée pour la simulation du trafic routier sur la ville de Marrakech dans une perspective d'associer la méthodologie COPERT au sein même du modèle.

Simulation multi-agents du trafic routier : *SCAUP*

La démarche SCAUP (Simulation multi-Agents à partir de Capteurs Urbains pour la Pollution atmosphérique automobile) simule le trafic routier urbain à partir d'un réseau de capteurs mesurant le trafic routier (Emery, 2016). La relation entre les capteurs et les véhicules s'opère à partir des données de comptages, permettant d'initialiser la simulation de SCAUP. Le capteur est employé comme un générateur des véhicules. Les véhicules, une fois créés, se déplacent sur les routes, en tenant compte des interactions locales avec la voirie (type de route, sens de circulation) et les autres véhicules. En se basant sur le référentiel spatial OpenStreetMap, ce sont les routes qui supportent l'ensemble des attributs décrivant l'infrastructure et permettant de régir les déplacements des véhicules (vitesse de circulation, type de route, ...)

Développée et expérimentée sur la ville de Dijon, cette approche exploratoire se veut généralisable à d'autres espaces urbains disposant d'un réseau de mesure du trafic routier (Emery, 2016). En effet, pour le fonctionnement du modèle, il est nécessaire d'y inclure trois types de données comme illustré en figure 1 : *i.* Un réseau routier urbain (arc et nœuds) ; *ii.* La localisation des capteurs ; *iii.* Les comptages associés aux capteurs.

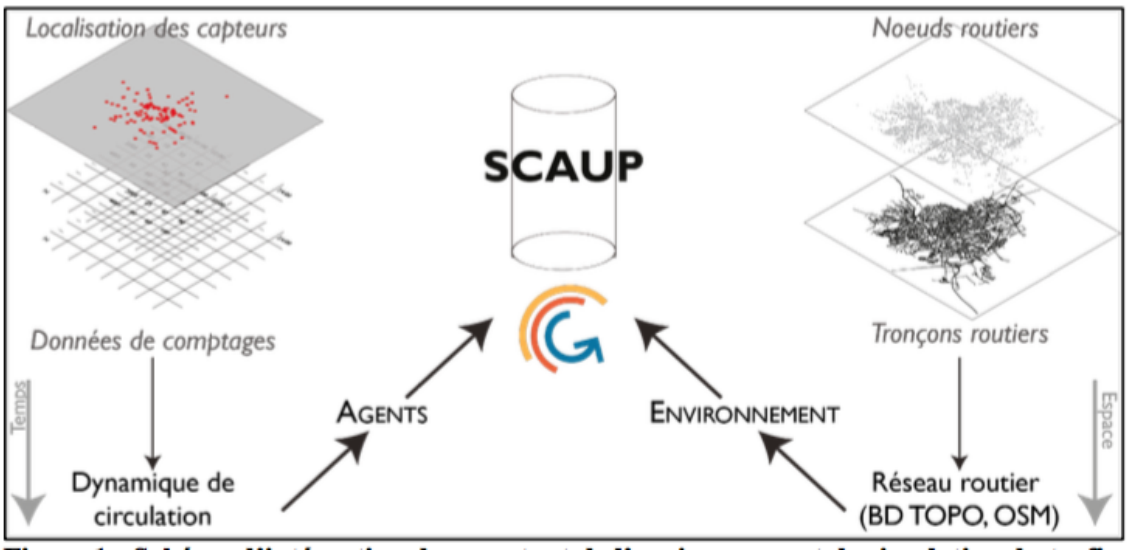


FIGURE 1 – Schéma d'intégration des agents et de l'environnement de simulation du trafic routier avec la démarche SCAUP

La simulation du trafic routier avec SCAUP est établie toutes les minutes, afin de reproduire les mouvements de circulation routière sur l'ensemble du réseau pendant 24h. L'observation du trafic routier s'opère sur chacun des axes du site d'étude en mesurant le nombre de véhicules passant toutes les 15 minutes. Ces données peuvent être visualisées à chaque pas de temps, directement sur le réseau routier ou extraites au sein d'un tableur de données.

Estimation de la pollution atmosphérique automobile : méthodologie *COPERT*

Le couplage avec la méthodologie COPERT s'appuie sur le référentiel communiqué par SETRA (2009), qui permet de disposer de facteurs d'émissions unitaires tenant compte de la vitesse moyenne de circulation pour plusieurs catégories de véhicules. Il est important de relever que les facteurs unitaires sont définis pour un véhicule moyen du parc automobile en circulation, et de plus, les facteurs d'émissions pour une vitesse donnée sont des valeurs moyennes, c'est-à-dire que « les plus basses vitesses doivent être considérées comme représentatives d'une circulation urbaine caractérisée par de nombreux arrêts, alors que les cycles à haute vitesse traduisent une circulation plus fluide » (SETRA, 2009, p. 5). Ces courbes d'émissions, dont un exemple pour les NOx est donné en figure 2, apparaissent adaptées pour tester une première approche de couplage à partir de SCAUP pour le calcul intégré des émissions de PAA.

Notons que nous avons fait le choix de nous inscrire dans une approche parcimonieuse (KISS) en choisissant de simuler un parc automobile moyen, et en distinguant seulement deux types de véhicules particuliers (VP) en fonction de leur carburant : les VP essence et les VP diesel. À partir de cette distinction, comme illustré en figure 2, deux types de parc automobile ont été définis : un parc automobile moyen de 2007 et un parc automobile moyen de 2020.

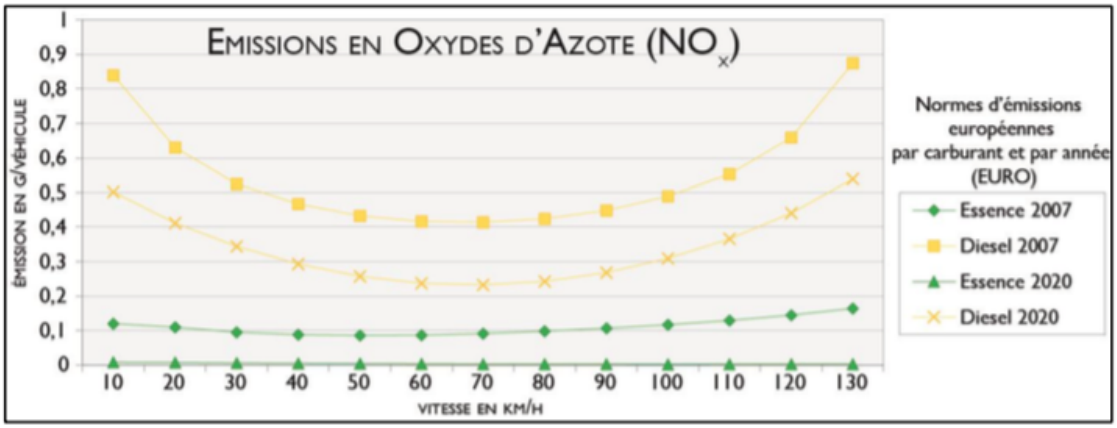


Figure 2 – Courbes d'émissions en oxydes d'azotes issues de la méthodologie COPERT (source : SETRA, 2009)

MARRAKAIR : UNE SIMULATION PARTICIPATIVE POUR OBSERVER LES ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES DU TRAFIC ROUTIER EN MILIEU URBAIN

Présentée lors de la COP22 qui s'est tenue à Marrakech du 7 au 18 Novembre, l'application MarrakAir vise à montrer les impacts du trafic routier sur l'air urbain. Développée sous la forme d'une simulation participative (Marilleau, 2016), l'application vise à laisser la main aux utilisateurs en vue d'observer l'impact de différents scénarios types sur les émissions de polluants. Notre choix s'est alors porté sur une approche didactique du trafic routier où l'utilisateur définit par lui-même les caractéristiques du parc automobile entre, d'une part, différents types de véhicules (deux-roues, véhicules légers et poids lourds), et d'autre part, le type de carburant (essence ou diesel).

S'inscrire dans cette optique est intéressant pour sensibiliser les utilisateurs aux impacts du trafic routier sur les émissions des polluants à l'échelle locale. En effet, les véhicules diesel présentent un facteur d'émis-

sions près de 5 fois supérieur aux émissions unitaires des véhicules essence comme illustré en figure 2. Par conséquent, il est intéressant de tester et de visualiser, sur l'espace de Marrakech, différents cas d'école en jouant sur les parts de VP diesel et essence. Cette application permettant, par exemple, d'observer l'impact d'une trop forte diésélisation du parc automobile comparativement à un parc automobile sans véhicules diesel sur le quartier de Marrakech. L'application du parc automobile de 2020 permet aussi de montrer les impacts de l'insertion des nouvelles technologies et des nouvelles normes environnementales, les facteurs d'émissions pour les véhicules diesel étant, à cette date, près de deux fois inférieurs aux normes du parc automobile de 2007.

L'ensemble de l'application s'appuie sur une maquette 3D du quartier de Marrakech, un rétroprojecteur et une tablette numérique permettant d'observer et de visualiser en direct les différents scénarios testés par un utilisateur directement sur la maquette de la ville :

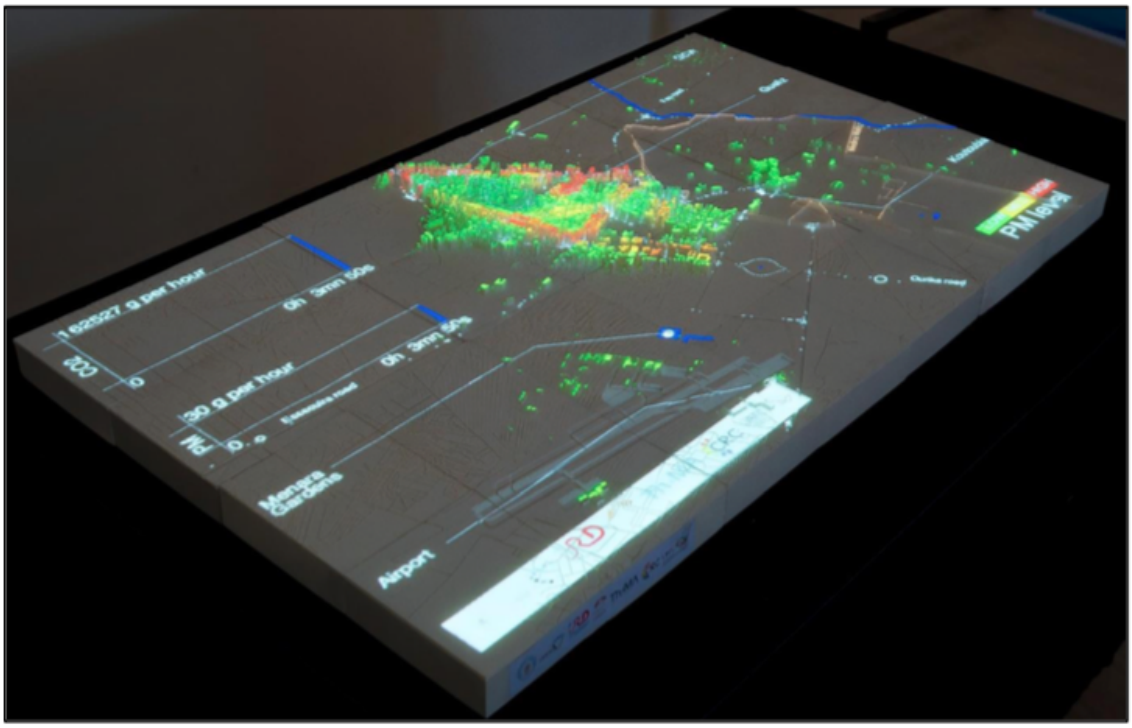


FIGURE 3 – Photographie de la maquette 3D de l'application MarrakAir présentée lors de la COP22 à Marrakech

Cette approche participative, qui a permis la mise en place d'une première phase de développement du couplage entre SCAUP/COPERT, s'est avérée très attractive pour le public, indiquant le succès de la démarche de vulgarisation adoptée. D'un point de vue scientifique, l'intégration complète de la méthodologie COPERT dans SCAUP implique encore un temps de développement et de tests important, et requiert une étape de validation via des données de comptages collectées sur le terrain (inexistantes à Marrakech pour le moment).

Références

CITEPA, 2014. Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique, (avril 2014). *« Rapport d'inventaire national SECTEN »*, Paris

Emery J., 2016. *« La ville sous électrodes : de la mesure à l'évaluation de la pollution atmosphérique automobile »*, Thèse

de doctorat en Géographie, Université de Bourgogne-Franche-Comté

Fenger, J., 1999. *« Urban air quality »*. Atmos. Environ. 33, 4877–4900. doi :10.1016/S1352- 2310(99)00290-3

Grignard, A., Taillandier, P., Gaudou, B., Vo, D.A., Huynh, N.Q., Drogoul, A., 2013.

GAMA 1.6 : Advancing the Art of Complex Agent-Based Modeling and Simulation, in : Boella, G., Elkind, E., Savarimuthu, B.T.R., Dignum, F., Purvis, M.K. (Eds.), PRIMA 2013 : Principles and Practice of Multi-Agent Systems, Lecture Notes in Computer Science. Presented at the International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems, Springer Berlin Heidelberg, pp. 117–131.

Marilleau N, 2016. *« Approches distribuées à base d'agents pour modéliser et simuler les systèmes complexes spatialisés »*, HDR en Informatique, UPMC

OMS, 2006. *« Air Quality Guidelines Global Update 2005 : particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide »*. Regional Office for Europe, World Health Organization.

OMS, 2013. International Agency for Research on Cancer OMS (2013). *« IARC : Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths »*, Article de presse n ?221, Octobre 2013 : http ://www.iarc.fr/en/mediacentre/iarcnews/pdf/pr221_E.

SETRA, 2009. *« Émissions routières de polluants atmosphériques : Courbes et facteurs d'influence »* (Note d'information No. 92), Série Économie Environnement Conception. SETRA, Bagneux.

Taillandier, P., Grignard, A., Gaudou, B., Drogoul, A., 2014. *« Des données géographiques à la simulation à base d'agents : application de la plate-forme GAMA »*. Cybergeo Eur. J. Geogr. doi :10.4000/cybergeo.26263