



**POLYTECH<sup>®</sup>**  
**TOURS**

Département  
Aménagement et Environnement



Ecole d'ingénieurs  
polytechnique  
de l'université de Tours

**CITERES**  
**UMR 7324**  
**Cités, Territoires,**  
**Environnement et Sociétés**

**Equipe IPA-PE**  
**Ingénierie du Projet**  
**d'Aménagement, Paysage,**  
**Environnement**

**Projet de Fin d'Etudes**

# **Les effets prospectifs d'une généralisation du covoiturage électrique sur les dégagements de CO<sub>2</sub>**

-

## **Le cas des déplacements domicile- travail sur le Grand Lyon**



**Brisotto Lucas**  
**Lacueille Etienne**

**2017-2018**

**Directeur de recherche**  
**Maïzia Mindjid**



# **Les effets prospectifs d'une généralisation du covoiturage électrique sur les dégagements de CO<sub>2</sub>**

-

## **Le cas des déplacements domicile-travail sur le Grand Lyon**

**Maïzia Mindjid**

**Brisotto Lucas  
Lacueille Etienne**

**2017-2018**

# AVERTISSEMENT

---

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

Les auteurs de cette recherche ont signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.



# Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'aménagement et de l'environnement

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Ingénierie du Projet d'Aménagement, Paysage et Environnement de l'UMR 6173 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

**Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.**

# REMERCIEMENTS

---

Nous souhaitons remercier nos parents, Yvan Lacueille et Isabelle Brisotto, pour leur aide, notamment lors de la relecture. Leurs conseils avisés nous ont permis de réaliser l'article tel qu'il est actuellement.

Nous aimerions de même remercier nos camarades de recherche qui ont su nous apporter leur appui lorsque nous étions confrontés à des obstacles.

Enfin, nos plus chaleureux remerciements vont à M. Mindjid MAÏZIA, notre directeur de recherche. Ses conseils bienveillants ont été une source de renseignements et d'inspiration précieuse pour nous. Il a accompagné et guidé la recherche durant nos douze semaines de travail. Pour cela nous lui sommes reconnaissants.

# SOMMAIRE

---

<b>1. Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Cadre théorique .....</b>	<b>2</b>
<b>3. Méthodologie .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1. La formalisation .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2. L'interprétation.....</b>	<b>5</b>
3.2.1. Le système logique associé à la recherche .....	5
3.2.2. Les bases de données .....	7
<b>3.3. L'analyse et l'interprétation des résultats .....</b>	<b>8</b>
<b>4. Résultats et analyses .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1. Étude de la définition A<sub>1</sub> .....</b>	<b>8</b>
4.1.1. À l'échelle de l'agglomération.....	9
4.1.2. À l'échelle des couronnes .....	10
<b>4.2. L'étude de la définition A<sub>2</sub>.....</b>	<b>11</b>
<b>5. Conclusions et limites de la recherche.....</b>	<b>13</b>
<b>Références .....</b>	<b>15</b>
<b>Table des figures.....</b>	<b>16</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>17</b>

# Les effets prospectifs d'une généralisation du covoiturage électrique sur les dégagements de CO<sub>2</sub>

Le cas des déplacements domicile-travail sur le Grand Lyon

Lucas Brisotto, Etienne Lacueille

*École Polytechnique Universitaire – Département Aménagement et Environnement - Tours, France*

## INFO ARTICLE

*Mots clés :*

Covoiturage

Généralisation

Voiture électrique

Eq. CO<sub>2</sub>

Mobilité domicile-travail

## ABSTRACT

La recherche s'appuie sur une définition particulière du covoiturage afin d'étudier les conséquences d'une généralisation de celui-ci sur les émissions de CO<sub>2</sub>. En ce sens, plusieurs scénarios ont été élaborés et ce au regard de variables exogènes (taux de motorisation, type de carburant, taux de remplissage du véhicule,...). Les conclusions montrent une nette diminution des dégagements de CO<sub>2</sub> générés par les automobiles : jusqu'à 89 % de réduction (conditions extrêmes).

## 1. Introduction

La démocratisation de la voiture associée à l'émergence de nouvelles configurations spatiales intra-urbaines, a contribué, depuis plus de 20 ans, à une utilisation massive de la voiture particulière (Orfeuil, 1997). Cela n'est pas sans conséquence puisque ce type de mobilité est aujourd'hui responsable de plus de 13% des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère<sup>1</sup>. Le covoiturage apparaît alors comme l'une des solutions clés permettant de limiter la pollution et la congestion du trafic dans les grandes agglomérations.

Selon Francisco Luciano, coordinateur du Groupe de Travail de *The Shift Project*, une généralisation du covoiturage, et plus particulièrement du covoiturage électrique, permettrait de réduire de 70 % les émissions de CO<sub>2</sub> liées aux automobiles<sup>2</sup>. De la même manière, elle entraînerait une diminution de moitié de la congestion des réseaux routiers et, de fait, une réduction des temps de trajets.

<sup>1</sup> Les transports sont le premier émetteur de CO<sub>2</sub> en France (33,2%). Plus de la moitié de ces émissions proviennent de véhicules particuliers (17%). - Agence européenne pour l'environnement; juin 2010.

<sup>2</sup> Francisco Luciano, The Shift Project, *Décarboner la mobilité dans les zones de moyenne densité* – Assises de la mobilité

Ainsi, l'objectif de cette recherche est de simuler les effets prospectifs d'une généralisation du covoiturage en termes d'émission de CO<sub>2</sub> afin de vérifier les chiffres avancés par Francisco Luciano. À cet égard, l'étude se fonde sur une définition bien spécifique du covoiturage selon laquelle plusieurs individus utilisent conjointement le même véhicule pour se rendre d'un point A vers un point B sans détour. Et, elle se focalise sur les flux domicile-travail internes à l'agglomération de Lyon qui constituent la base même des calculs.

L'article est organisé de façon à répondre à la problématique établie précédemment. De fait, il débute sur une description de la solution technique et sur les hypothèses qui fondent cette recherche. Il s'en suit un récapitulatif de la méthodologie employée, des résultats obtenus et de leur analyse. Enfin, c'est l'intérêt même de la solution proposée qui est remis en question et les limites qui lui sont apposées.

## 2. Cadre théorique

Considérée comme l'une des plus grandes agglomérations européennes, la métropole lyonnaise et ses 58 communes (cf. *Annexe 1 : contexte géographique de l'étude*), constituent un milieu urbain enregistrant chaque jour plus de 4 millions de déplacements<sup>3</sup>. Dans le cadre de cette recherche, seules les mobilités domicile-travail effectuées en voiture particulière et internes à l'agglomération sont prises en compte.

Rappelons que la mobilité correspond à «l'ensemble des manifestations liées au mouvement des réalités sociales dans l'espace»<sup>4</sup>. En d'autres termes, elle se caractérise par l'action de se rendre d'un lieu vers un autre à l'aide d'un ou plusieurs modes de transport, dans le but de réaliser une activité spécifique. Ainsi, lorsque l'on parle de mobilité domicile-travail, le motif de déplacement est de type professionnel.

Le choix de n'étudier que ce genre de mobilité permet de simplifier largement les procédés de calculs et constitue une base solide au vu de ce qu'elle représente parmi les autres types de mobilités. En effet, 25 à 40 % des déplacements quotidiens de l'agglomération lyonnaise sont de cette nature<sup>5</sup>. D'autre part, il faut savoir que le lieu de travail structure fortement la mobilité pratiquée en dehors de l'activité professionnelle en question<sup>6</sup>. Ainsi, le CO<sub>2</sub> rejeté durant cette distance ajoutée, supposée minime en comparaison du trajet domicile-travail, est négligeable. Effectivement, il est, soit inclus dans les calculs, puisque intégré dans le flux initial, soit dérisoire par rapport aux dégagements déjà considérés. Enfin, il semble plus judicieux d'étudier séparément le sujet pour chaque type de déplacements, avant de tenter une réflexion globale, afin de prendre conscience de l'influence de chacun sur les émissions de CO<sub>2</sub>.

Aujourd'hui, il est d'usage que la plupart des déplacements domicile-travail soient individuels. Autrement dit, des individus  $i_1$  et  $i_2$  peuvent se rendre à un lieu de travail similaire  $t_2$  mais n'utilisent pas le même véhicule (cf. *Figure 1. Procédé usuel actuel des déplacements domicile-travail*). De temps à autre, il arrive que des personnes covoiturent mais cela ne représente qu'une faible part pour ce type de mobilité (10% dans le meilleur des cas<sup>7</sup>).

---

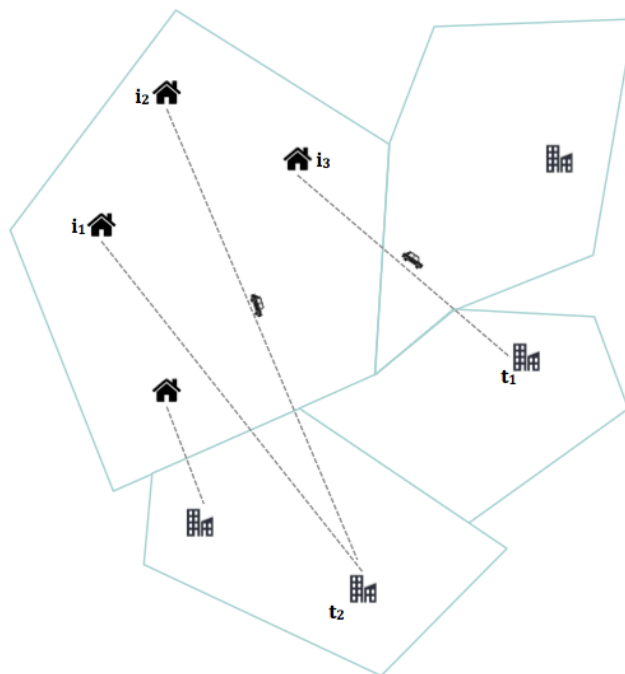
<sup>3</sup>Chiffres-clés issus de l'*Enquête Déplacement de l'Aire Métropolitaine Lyonnaise* de 2015 – Systral.fr

<sup>4</sup>*Dictionnaire de la Géographie et de l'espace des sociétés* – Lévy et Lussault, 2003

<sup>5</sup>*Les déplacements domicile-travail, une illustration du fonctionnement des territoires* – Observatoire des déplacements de l'agglomération lyonnaise, Février 2012

<sup>6</sup>*Les mobilités domicile-travail dans les réseaux d'agglomérations* – Gingembre et Baude, 2014

<sup>7</sup>*Le covoiturage pour les déplacements domicile-travail : quel potentiel ?* – Commissariat général du développement durable, 2014



**Fig. 1.** Procédé usuel actuel des déplacements domicile-travail

Or, qu'elles soient thermiques (98.82% des voitures particulières françaises<sup>8</sup>) ou électriques (1,18% des voitures particulières françaises<sup>8</sup>), les automobiles, toujours plus nombreuses, dégagent d'importantes quantités de CO<sub>2</sub>. A l'échelle du Grand Lyon, ce sont 300 à 400 tonnes de CO<sub>2</sub> qui sont rejetées quotidiennement dans l'atmosphère<sup>9</sup>.

Ainsi, au regard du contexte actuel et des enjeux environnementaux, économiques et sociaux, qui lui sont apposés, il semble nécessaire de repenser la façon de se déplacer sur le territoire. La généralisation du covoiturage pour les mobilités domicile-travail dont il est question précédemment, qu'il soit électrique ou non, apparaît alors comme une réponse largement envisageable.

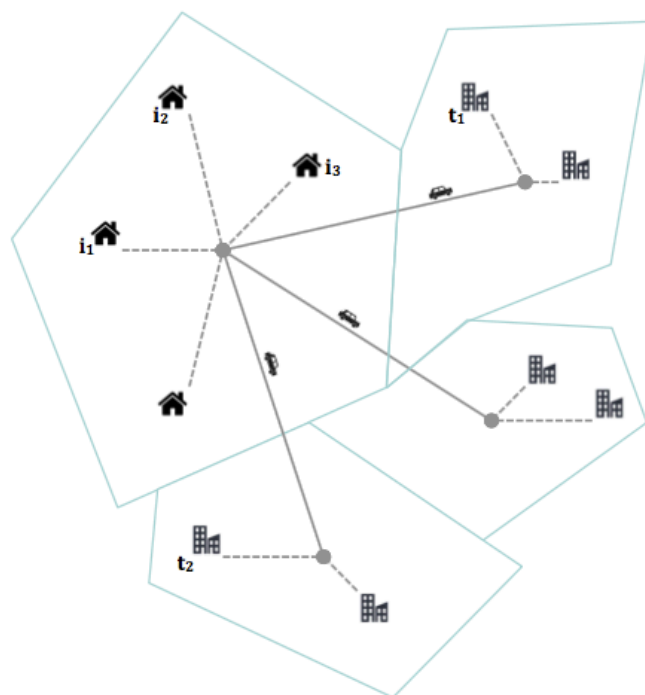
En ce sens, il semble pertinent de définir le covoiturage tel qu'il est employé dans cette recherche puisqu'il la conditionne en tout point. Notons tout d'abord que les pratiques de covoiturage sont diverses et qu'elles se distinguent par le système de mise en relation, la fréquence des arrêts ou encore la distance à parcourir. La manière dont sont construits les calculs (cf. 3. *Méthodologie*) est donc dictée par la(les) définition(s) du covoiturage sélectionnée(s).

La première (A<sub>1</sub>), somme toute basique, est l'utilisation commune d'un véhicule par un conducteur particulier, accompagné d'un ou plusieurs passagers, dans le but de réaliser un même trajet d'une aire de covoiturage vers une autre. Les individus se rendent aux aires en question, situées aux centroïdes de chaque commune de l'agglomération<sup>10</sup>, individuellement et par leurs propres moyens (cf. *Figure 2. Procédé usuel évolué des déplacements domicile-travail selon la définition A1 du covoiturage*). Bien que différente de ce qui se fait habituellement pour des déplacements domicile-travail, cette définition est largement admissible et permet parfaitement de prendre conscience des avantages d'un tel procédé sur les émissions de CO<sub>2</sub> dégagées par les automobiles.

<sup>8</sup>Données 2017 – CCFA – Tableau de bord automobile

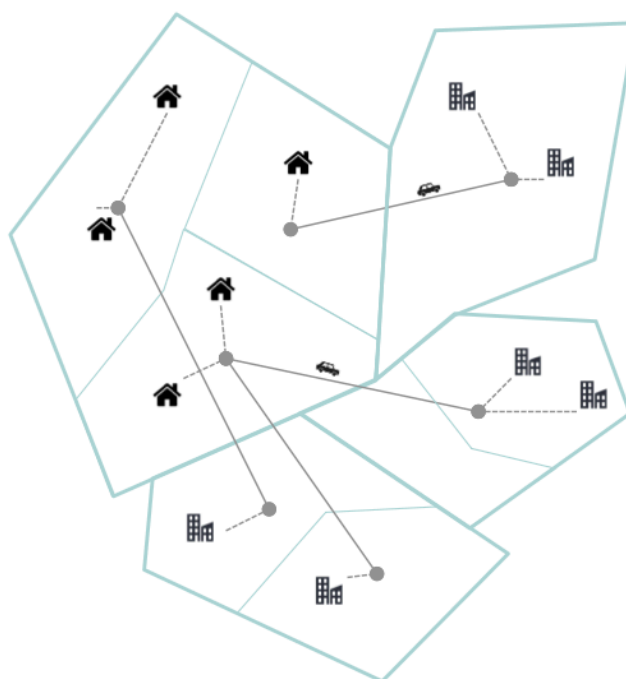
<sup>9</sup>Émissions dégagées par des véhicules particuliers effectuant un déplacement domicile-travail.

<sup>10</sup> Dans le cas de Lyon, ce sont les centroïdes des 9 arrondissements.



**Fig. 2.** Procédé usuel évolué des déplacements domicile-travail selon la définition  $A_1$  du covoiturage

La seconde ( $A_2$ ) reprend les mêmes principes que la première ( $A_1$ ). Cependant, les aires de covoiturage ne se situent plus aux centroïdes des 67 communes (ou arrondissements) du Grand Lyon mais aux centroïdes des IRIS<sup>11</sup>. Le but est de réduire l'échelle sur laquelle est réalisée l'étude afin de vérifier si les résultats sont plus probants. Nous verrons par la suite que cela n'a pas nécessairement d'emprise sur les résultats finaux.



**Fig. 3.** Procédé usuel évolué des déplacements domicile-travail selon la définition  $A_2$  du covoiturage

<sup>11</sup>« Ilots Regroupés pour l'Information Statistique » développés par l'INSEE afin de « découper le territoire en mailles de taille homogènes » - Définition IRIS, Insee.fr

### 3. Méthodologie

La méthode de travail employée dans cette recherche suit une logique tridimensionnelle : formalisation du problème, interprétation sous forme de système logique, et analyse des résultats obtenus. Le procédé est ainsi répété pour chaque variation de la définition du covoiturage. De cette manière, si les résultats obtenus sont pertinents, il est intéressant de voir à quel point ils fluctuent et quelles analyses peuvent en être faites. À l’opposé, s’ils sont caducs ou potentiellement identiques aux résultats déjà obtenus, cela permet de conforter l’idée selon laquelle les autres solutions sont correctes.

#### 3.1. La formalisation

L’axiomatisation du problème est une étape essentielle à la recherche puisqu’elle permet d’avoir une vision d’ensemble du sujet. Elle se décompose en trois phases. La première est l’analyse de l’existant qui consiste à définir la situation actuelle. La deuxième est l’identification des principaux aspects de la problématique par la mise en place d’un système de priorisation des idées. Enfin, la troisième repose sur une définition claire et accessible des objectifs. De cette manière, l’utilisation de chacun de ces points permet de fournir un consensus quant à la nature du problème.

#### 3.2. L’interprétation

L’interprétation représente le cœur de la recherche puisqu’elle regroupe l’ensemble des calculs, des idées, ou encore des hypothèses, permettant de résoudre le problème en question. Cette interprétation se fait sous la forme d’un système logique rassemblant la totalité des données récoltées ainsi que la réponse à la problématique. Notez, qu’il est possible d’intervenir à tout moment sur les variables exogènes qui le composent. En ce sens, si nous voulons réitérer les calculs pour chaque variation de la définition, il n’est pas nécessaire de reprendre l’intégralité de l’opération. Il faut seulement changer les données d’entrée.

##### 3.2.1. Le système logique associé à la recherche

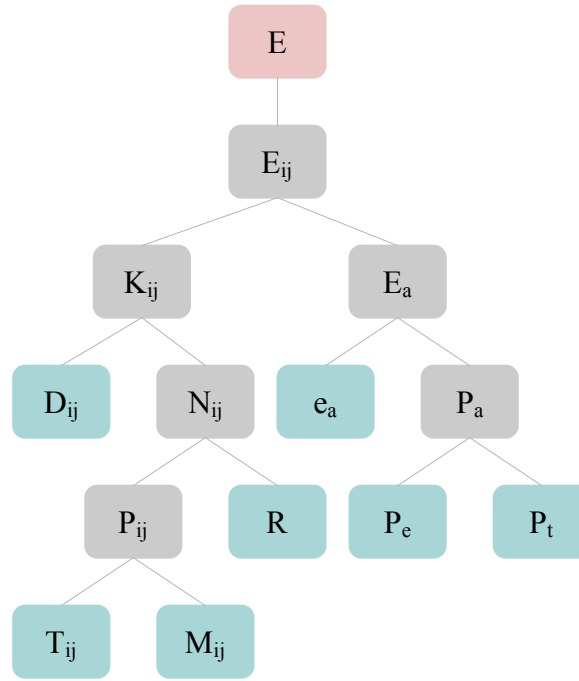
La mise en place du système logique passe par la nécessité de recourir à une base de données conséquente. Néanmoins, comme cela a été expliqué précédemment, le système ne dépend pas entièrement des valeurs d’entrée. De fait, il convient, par soucis de simplification, de développer ce système à partir de données basiques et, par la suite, de les modifier.

Tout d’abord, rappelons que l’objectif de cette recherche est d’obtenir les émissions de CO<sub>2</sub> dégagées par les voitures particulières effectuant un trajet domicile-travail. De cette ambition, différents scénarios sont mis en place afin d’observer les effets d’une généralisation du covoiturage électrique sur ces dégagements.

Deux hypothèses conditionnent fortement ce système logique. D’une part, l’hypothèse selon laquelle seuls les flux internes au Grand Lyon sont pris en compte et communiquent entre eux par le biais de station de covoiturage situées aux centroïdes des communes. D’autre part, le fait que l’on considère que chaque individu dispose de la même voiture, du moins en terme de dégagements de CO<sub>2</sub>. Les rejets de cette « voiture-type » sont déterminés à partir de la part des véhicules thermiques et électriques considérée et de leurs émissions.

Le système logique et les variables mis en œuvre sont les suivants :





**E** : émissions totales de CO<sub>2</sub> en kg

**E<sub>ij</sub>** : émissions de CO<sub>2</sub> entre i et j en kg

**K<sub>ij</sub>** : nombre de kilomètres parcourus de i vers j en voiture

**E<sub>a</sub>** : émissions de CO<sub>2</sub> d'une voiture dite « moyenne » en kg/km

**N<sub>ij</sub>** : nombre de voitures allant de i vers j

**P<sub>a</sub>** : vecteur des parts d'utilisation selon le type de voiture

**P<sub>ij</sub>** : nombre de passagers allant de i vers j en voiture

**D<sub>ij</sub>** : distance réseau de i vers j en km

**e<sub>a</sub>** : émissions de CO<sub>2</sub> selon le type de voiture en kg/km

**Pa** : vecteur des parts d'utilisation selon le type de voiture

**R** : nombre de passagers par véhicule

**Pe** : part d'utilisation de la voiture électrique

**Pt** : part d'utilisation de la voiture thermique

**T<sub>ij</sub>** : matrice des flux entre i et j

**M<sub>ij</sub>** : taux de motorisation entre i et j

Avec i : point de départ et j : point d'arrivée.

Toutes les variables indicées en i et j sont des matrices de dimensions 67 x 67, 67 correspondant au nombre de communes et aux 9 arrondissements de Lyon.

$$E = \sum_{i=1}^{67} \left( \sum_{j=1}^{67} E_{ij} \right)$$

$$E_{ij} = K_{ij} * E_a$$

$$K_{ij} = D_{ij} * N_{ij}$$

$$E_a = \sum_{a=1}^2 e_a * P_a$$

$$N_{ij} = P_{ij} ./ R$$

$$P_a = [P_e; P_t]$$

$$P_{ij} = T_{ij} * M_{ij}$$

$$0.9 \leq D_{ij} \leq 44.1$$

$$0.040 \leq e_a \leq 0.200$$

$$0 \leq R \leq 5$$

$$0 \leq P_e \leq 1$$

$$0 \leq P_t \leq 1$$

$$0 \leq T_{ij} \leq 20\ 890$$

$$0.46 \leq M_{ij} \leq 0.87$$

**Fig. 4.** Système logique du calcul des émissions de CO<sub>2</sub> par les véhicules particuliers

Parmi les variables exogènes présentées, certaines sont invariables. C'est le cas, par exemple, des flux  $T_{ij}$ , du taux de motorisation  $M_{ij}$  ou encore des distances réseaux  $D_{ij}$ . De fait, si l'on cherche à réduire les émissions de  $CO_2$ , il faut agir sur des leviers tels que le nombre de passagers par véhicule  $R$ , la part des véhicules électrique  $P_e$  et thermiques  $P_t$  en circulation, ou encore sur les émissions de  $CO_2$  des voitures  $e_a$ .

### 3.2.2. Les bases de données

En soit, les données sont par définition, modifiables. Elles ne sont donc pas l'élément majeur de cette recherche. Elles restent tout de même indispensables à l'élaboration des calculs permettant de mettre en avant les effets de la généralisation du covoiturage sur les émissions de  $CO_2$ .

De fait, et dans le but de faire fonctionner le système logique précédent, plusieurs bases de données de l'Insee sont mobilisées : la base des flux de mobilité domicile-travail intercommunaux (2010) ainsi que la base infracommunale (IRIS) du recensement de la population (2014). Cependant, celle qui mobilise notre attention est, sans équivoque, la première : elle contient l'ensemble des flux correspondant aux croisements du lieu de résidence avec le lieu de travail de toute l'agglomération lyonnaise.

Elle se réfère aux trois prédispositions suivantes<sup>12</sup> :

- Est mesuré le nombre de migrants alternants, c'est-à-dire le nombre d'individus effectuant des déplacements entre leur domicile et leur travail.
- « Les déplacements domicile-travail ne concernent que les personnes résidant en France et, parmi elles, les seuls actifs ayant un emploi » (Insee).
- « Les flux faibles (moins de 200) devront être considérés comme des ordres de grandeur » (Insee).

De même, l'utilisation de ces données, et de celles utilisées dans le système logique, obéit à certaines conditions.

Premièrement, les flux exercés au sein d'une même commune sont comptabilisés, et ce même s'il n'existe pas de distance  $D_{ij}$ . En effet, même si la distance des déplacements en est réduite, ce type de flux représente près de la moitié du nombre de migrants alternants<sup>13</sup>. En ce sens, ils ne peuvent être négligés. La distance  $D_{ij}$  qui leur est attribué correspond à la distance réseau moyenne que doit parcourir un individu pour se rendre à l'aire de covoiturage de sa commune. En d'autres termes, elle se rapporte à la distance réseau moyenne entre les centroïdes d'une commune et de chaque bâti la composant.

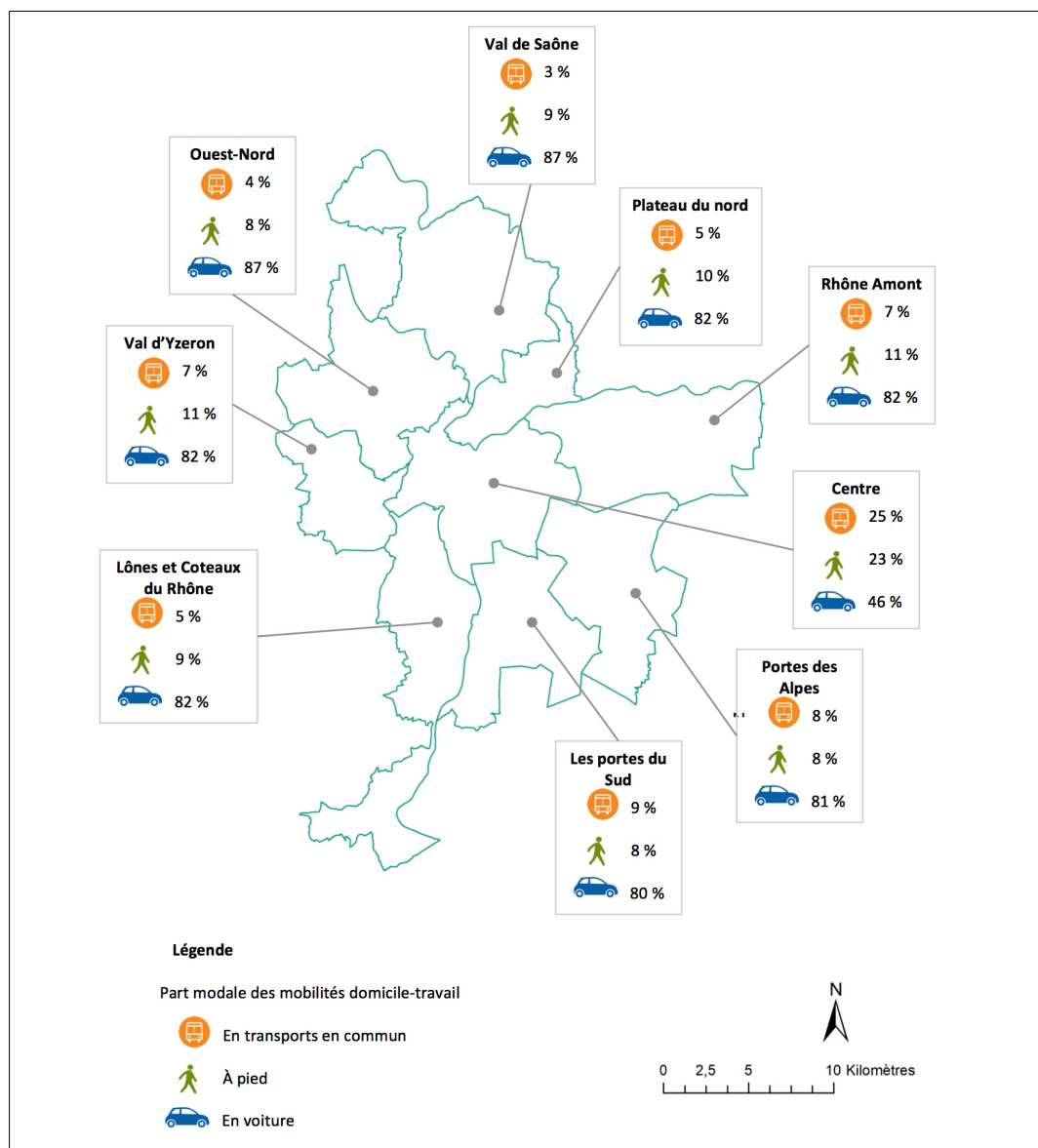
Deuxièmement, les distances réseaux  $D_{ij}$  sont telles qu'elles reproduisent globalement la réalité. C'est-à-dire qu'elles retracent le plus court chemin entre  $i$  et  $j$  tout en prenant en compte les vitesses de circulation et les sens-interdits.

Enfin, le taux de motorisation  $M_{ij}$  dont il est question dans le système logique se base sur les chiffres avancés par l'Agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise et correspond aux valeurs proposées sur la carte ci-dessous (cf. *Figure 5. Taux de motorisation en fonction de différentes zones du Grand Lyon*).

---

<sup>12</sup> Pour plus d'informations, consulter la *Fiche conseil sur les déplacements domicile-travail* de l'Insee – Insee.fr

<sup>13</sup> 180 000 des 500 000 flux se font à l'intérieur des communes.



**Fig. 5.** Taux de motorisation pour différentes zones du Grand Lyon  
Données : EMD 2015

### 3.3. L'analyse et l'interprétation des résultats

Une fois les résultats de l'investigation recueillis, ces derniers doivent être mis en parallèle avec la problématique de départ et les hypothèses qui lui sont apposées. Ainsi, l'influence de certaines variables ou de certains facteurs sur le phénomène étudié est mise en exergue. Suite à cela, vient l'interprétation des résultats qui fait le rapport entre l'analyse, la problématique et le champ d'investigation dans lequel s'étend la recherche. Elle exprime les conséquences spéculatives et établit les possibles ouvertures dictées par les résultats obtenus.

## 4. Résultats et analyses

### 4.1. Étude de la définition $A_1$

Tout d'abord, rappelons que, conformément à la définition  $A_1$ , le covoiturage a lieu entre le centroïde de la commune d'origine (proche du domicile) et le centroïde de la commune de destination (proche du travail). L'ensemble des résultats présentés dans cette partie est donc déterminé en se basant sur les hypothèses qui lui sont associées. Pour prendre conscience de l'importance de ces résultats, les calculs sont effectués à deux échelles (celle de l'agglomération, et celle des couronnes, voire des

communes) et décomposés en 5 scénarios (allant de la situation actuelle jusqu'à un scénario extrême). Ces derniers sont établis à partir des 5 variables R, P<sub>e</sub>, e<sub>e</sub>, P<sub>t</sub> et e<sub>t</sub> qui sont les « leviers », dont il était question dans la présentation du système logique (cf. 3.2.1.).

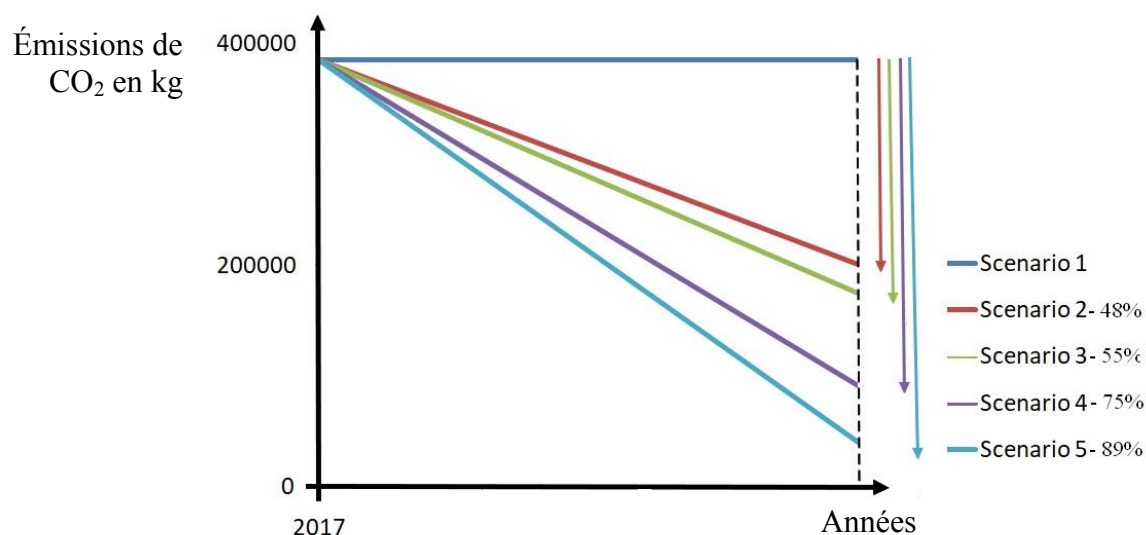
Le scénario 1 fait état de la situation actuelle de Lyon, notamment au niveau des taux de remplissage des véhicules<sup>14</sup> pour les mobilités domicile-travail (1,04 pas./véh.) et d'utilisation des véhicules électriques (1,18%). Ainsi, les 386 tonnes de CO<sub>2</sub> rejetées dans l'atmosphère (E) permettent de faire l'analogie entre les différents scénarios. Quant au scénario 5, il décrit le cas « extrême » : les voitures sont électriques (émissions de CO<sub>2</sub> équivalentes à 0,040 kg/km) et il y a, en moyenne, 2 passagers par véhicules. Notez que, dans *The Shift Project*, Francisco Luciano, fait varier le taux de remplissage des voitures jusqu'à 1.88. Il suppose également que le covoiturage électrique est à son apogée. Le scénario 4 est donc celui qui se rapproche le plus de ce cas d'étude. Les autres scénarios (2 et 3) sont les états intermédiaires de ceux déjà présentés.

#### 4.1.1. À l'échelle de l'agglomération

Travailler à l'échelle de l'agglomération permet d'acquérir une vue d'ensemble sur ce que peut donner une généralisation du covoiturage électrique sur la totalité du territoire.

Scénarios	Émissions totales de CO <sub>2</sub>	Réduction émissions de CO <sub>2</sub>	Nombre de passagers par voiture	Part d'utilisation de la voiture électrique	Émissions de CO <sub>2</sub> des voitures électriques	Part d'utilisation de la voiture thermique	Émissions de CO <sub>2</sub> des voitures thermiques
	E en kg	%	R	P <sub>e</sub>	e <sub>e</sub> en kg/km	P <sub>t</sub>	e <sub>t</sub> en kg/km
1	385 633	0	1.04	0.0118	0.090	0.9882	0.200
2	200 529	48	2	0.0118	0.090	0.9882	0.200
3	174 668	55	1.04	1	0.090	0	0
4	96 625	75	1.88	1	0.090	0	0
5	40 367	89	2	1	0.040	0	0

**Fig. 6.** Tableau des résultats en fonction des différents scénarios à l'échelle de l'agglomération



**Fig. 7.** Évolution des émissions de CO<sub>2</sub> dues à la mobilité locale en fonction des scénarios

<sup>14</sup> Ministère de la Transition écologique et solidaire, Ministère chargé des Transports

De manière générale, les résultats obtenus laisse suggérer qu'une généralisation du covoiturage électrique permet une nette diminution de la quantité de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (cf. *Figure 7. Évolution des émissions de CO<sub>2</sub> dues à la mobilité locale en fonction des scénarios*). Cette réduction peut aller jusqu'à 89% dans le meilleur des cas (scénario 5).

Les scénarios modérés 2 et 3 permettent de mettre en évidence l'influence des paramètres sur les émissions de CO<sub>2</sub>. Ainsi il est constaté, dans le scénario 2, qu'une « généralisation du covoiturage », c'est à dire le passage d'une personne par voiture en moyenne à deux, entraîne une baisse de moitié des émissions (48%). De même, l'électrification des moteurs de la totalité des véhicules en circulation, conduit à une réduction de 55% des dégagements. Du moins en ne considérant pas la fabrication des véhicules (cf. 5. *Conclusion et limites de la recherche*). La baisse de 75% du scénario 4 est assez proche des 70% avancés par Francisco Luciano. En ce sens, les résultats exposés dans cet article prennent tout leur sens. Enfin, les émissions peuvent diminuer jusqu'à obtenir une baisse de 89% dans le cas où l'on considère que la consommation des voitures électriques pourrait passer de 0.090 à 0.040 kg de CO<sub>2</sub>/km<sup>15</sup>.

#### 4.1.2. À l'échelle des couronnes

L'échelle des couronnes permet de déterminer les zones de l'agglomération lyonnaise (cf. *Annexe 2 : couronnes de répartition*) qui produisent le plus de CO<sub>2</sub> et ce en fonction des différents scénarios présentés ultérieurement.

Scénarii	Cour.	Émissions totales CO <sub>2</sub>	Nombre passagers par voiture	Part utilisation voiture électrique	Émissions CO <sub>2</sub> voitures électriques	Part utilisation voiture thermique	Émissions CO <sub>2</sub> voitures thermiques
		E en kg	R	P <sub>e</sub>	e <sub>e</sub> en kg/km	P <sub>t</sub>	e <sub>t</sub> en kg/km
1	Centre	104 024	1.04	0.0118	0.090	0.9882	0.200
	Cour. 1	127 786					
	Cour. 2	82 724					
	Cour. 3	71 097					
2	Centre	54 092	2	0.0118	0.090	0.9882	0.200
	Cour. 1	66 448					
	Cour. 2	43 016					
	Cour. 3	36 970					
3	Centre	47 116	1.04	1	0.090	0	0
	Cour. 1	57 879					
	Cour. 2	37 469					
	Cour. 3	32 203					
4	Centre	26 064	1.88	1	0.090	0	0
	Cour. 1	32 018					
	Cour. 2	20 727					
	Cour. 3	17 814					
5	Centre	10 889	2	1	0.040	0	0
	Cour. 1	13 376					
	Cour. 2	8 659					
	Cour. 3	7 442					

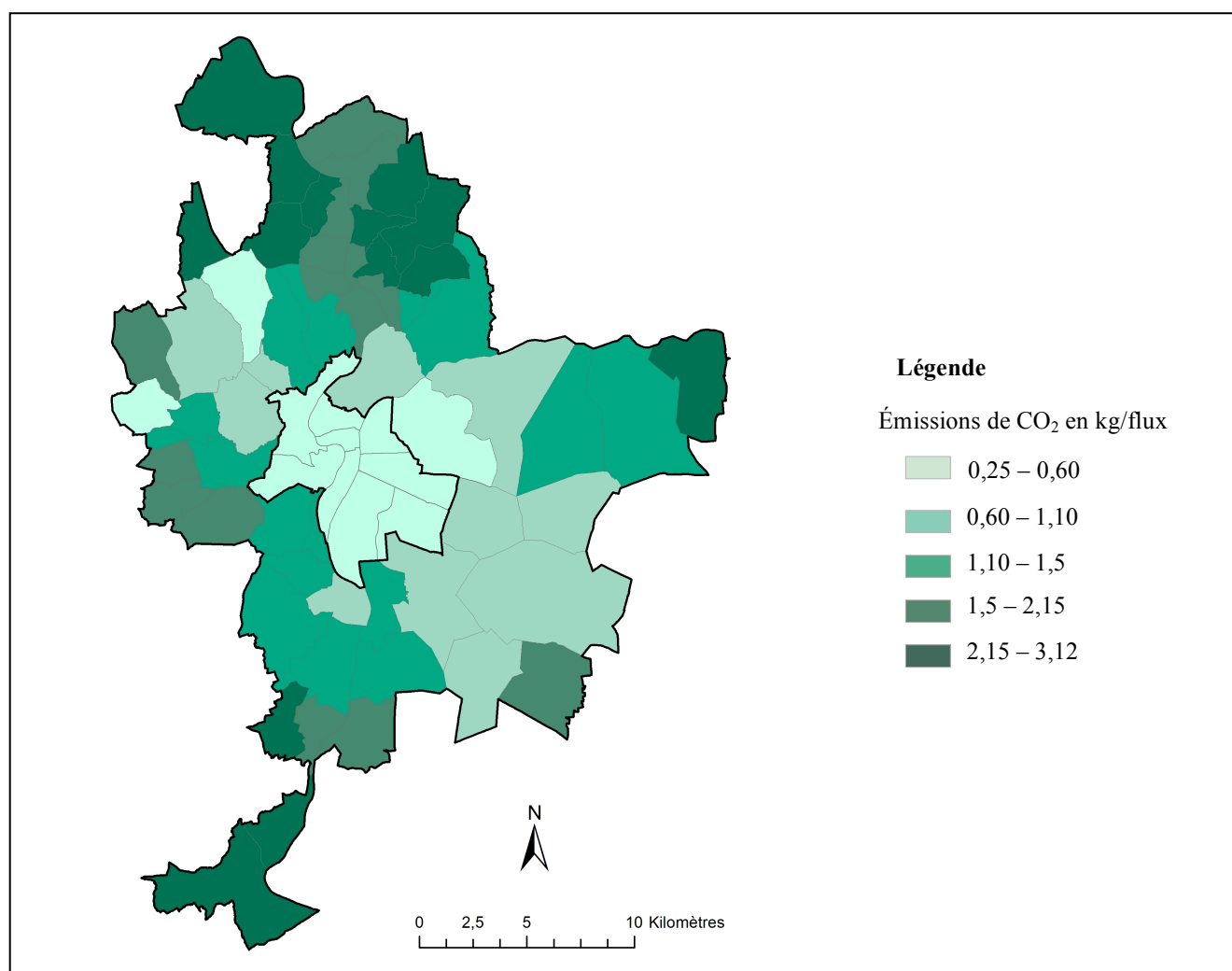
**Fig. 8.** Tableau des résultats en fonction des différents scénarios à l'échelle des couronnes

<sup>15</sup> Résultats avancés par l'Ademe (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)

Le centre et la couronne 1 génèrent, à eux deux, 60% des émissions de CO<sub>2</sub> de l'agglomération (respectivement 27 et 33%). Leurs communes ont, certes un taux de motorisation faible (grâce à l'offre importante de transport en commun dans ces zones), mais le nombre de flux y est grand (77% des flux de l'agglomération). Cela provoque donc le relâchement d'une grande quantité de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Quant à la couronne 2, elle génère 22% des émissions totales contre 18% pour la couronne 3.

De cette façon, s'il y a une réelle volonté de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, que ce soit par la mise en place d'un système de covoiturage électrique ou d'un développement des transports en commun par exemple, les zones à prioriser seraient le centre et la couronne 1 (cf. *Annexe 3: Émissions de CO<sub>2</sub> par commune*).

Néanmoins, en ramenant les émissions totales à un seul flux (cf. *Figure 9. Émissions de CO<sub>2</sub> en fonction du nombre de flux par commune (scénario 4)*), il apparaît clairement que les déplacements des communes en périphérie de l'agglomération de Lyon génèrent beaucoup plus de CO<sub>2</sub>. En grande partie à cause des distances de déplacement plus importantes.

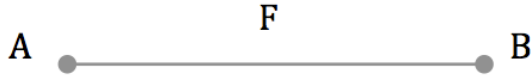


**Fig. 9.** Émissions de CO<sub>2</sub> en fonction du nombre de flux par commune (scénario 4)

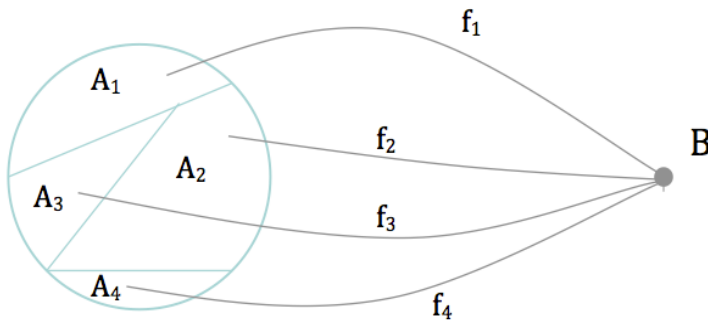
#### 4.2. L'étude de la définition A<sub>2</sub>

Il s'agit, dans cette partie, d'étudier le cas de la seconde définition du covoiturage A<sub>2</sub>. Rappelons qu'elle est un prolongement de la définition A<sub>1</sub> mais agit à l'échelle des IRIS. Le but est de préciser les résultats déjà obtenus. Or, la donnée n'existant pas à cette échelle, il est nécessaire de répartir les flux des communes existants.

Soit un ensemble d'individus habitant dans une commune A et allant travailler dans une commune B. F représente le flux d'actifs entre les deux communes.



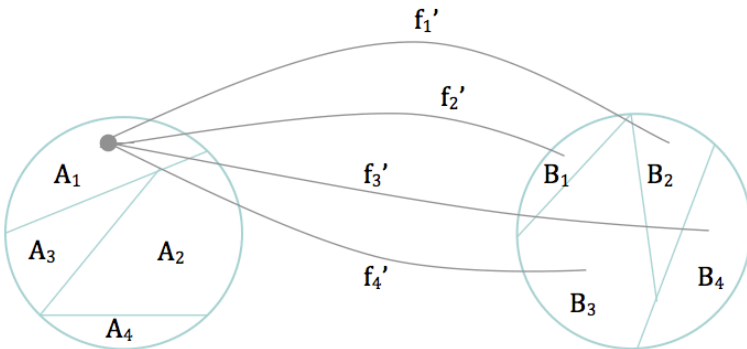
La commune A est un ensemble d'IRIS ( $A_1, A_2, A_3, \dots, A_i$ ). Chaque IRIS engendre des flux  $f$  vers la commune B ( $f_1, f_2, \dots, f_i$ ) dont la somme est égal à F. Ces flux sont déterminés à partir d'un ratio  $r$  ( $r_1, r_2, \dots, r_i$ ), calculé en fonction du nombre d'actifs  $a$  en A.



$$r_i = \frac{a_i}{a} \text{ et } \sum_1^i r_i = 1 ; f_i = r_i \times F \text{ et } F = \sum_1^i f_i$$

Ainsi, une 1<sup>ère</sup> ventilation des flux est opérée.

Une 2<sup>nd</sup> ventilation est effectuée pour déterminer le flux  $f'$  existant entre deux IRIS  $A_i$  et  $B_i$  des communes A et B. Le ratio  $t$  est ainsi calculé en fonction du nombre d'emplois  $e$  en B.



$$t_i = \frac{e_i}{e} \text{ et } \sum_1^i t_i = 1 ; f'_i = t_i \times f_i$$

Déterminons le flux théorique  $f_{pv}$  entre Parilly-Nord (IRIS de Bron) et Vauban (IRIS du 6<sup>ème</sup> ar. de Lyon).

Soit F les flux générés entre Bron et le 6<sup>ème</sup> ar. de Lyon :

$$F = 367$$

A : Bron

B : 6<sup>ème</sup> ar. de Lyon

1<sup>ère</sup> répartition – Flux  $f_p$  de Parilly-Nord vers le 6<sup>ème</sup> ar. de Lyon:

$$r_p = \frac{a_p}{a} = \frac{767}{17769} = 0,04317$$

$$dc f_p = r_p \times F = 0,04317 \times 367$$

$$\leftrightarrow f_p = 15,84$$

2<sup>ème</sup> répartition – Flux  $f_{pv}$  de Parilly-Nord vers Vauban :

$$t_v = \frac{e_v}{e} = \frac{1775}{30687} = 0,05784$$

$$\begin{aligned} dc f_{pv} &= t_{pv} \times f_p \\ &= 0,05784 \times 15,84 \\ &= 0,9162 \end{aligned}$$

Ainsi, entre Parilly-Nord et Vauban, il y a théoriquement 0,9162 flux.

Fig. 10. Répartition des données de flux des communes aux IRIS

Cependant, cette répartition engendre une marge d'erreur importante puisque basée sur des flux théoriques définis à partir de ratios hypothétiques. Afin d'obtenir des résultats cohérents, il est donc nécessaire que les distances réseaux entre IRIS soient beaucoup plus précises que les distances réseaux entre communes et ainsi compenser la marge d'erreur acquise.

Or, en prenant pour exemple le cas de 4 communes choisies aléatoirement (Bron, Jonage, Lyon 1 et Lyon 4), il est important de noter que les résultats ne diffèrent que très peu (cf. *Figure 11. Tableau de vérification des distances entre IRIS et communes*).

Commune d'origine	Commune de destination	Distance réseau moyenne entre IRIS en m	Distance réseau entre commune en m	Différence en %
Bron	Jonage	13 947	13 763	1,33
Bron	Lyon1	8 867	8 498	4,34
Bron	Lyon4	9 902	9 833	0,69
Jonage	Bron	13 844	13 719	0,91
Jonage	Lyon1	18 788	18 805	0,10
Jonage	Lyon4	19 715	20 141	2,11
Lyon1	Bron	9 095	9 142	0,52
Lyon1	Jonage	18 831	18 857	0,14
Lyon1	Lyon4	1 786	1 749	2,10
Lyon4	Bron	10 372	10 449	0,74
Lyon4	Jonage	20 032	20 084	0,26
Lyon4	Lyon1	2 187	1 958	11,63

**Fig. 11.** Tableau de vérification des distances entre IRIS et communes

En effet, l'écart entre la moyenne des distances entre les centroïdes des IRIS et les distances entre les centroïdes des communes n'est pas révélateur (1 à 2% en moyenne). Il n'est donc pas nécessaire de travailler à l'échelle des IRIS : la définition A<sub>2</sub> ne permet pas d'avoir des résultats plus rigoureux.

## 5. Conclusions et limites de la recherche

Les résultats ont montré qu'un fort développement du covoiturage électrique peut entraîner une large diminution des émissions de CO<sub>2</sub> générées par les voitures particulières entre le domicile et le lieu de travail. En effet, si l'effectif des personnes par véhicule augmente à 1,88 et que l'on se dirige vers une généralisation de la voiture électrique, les estimations annoncent une réduction de 75%. Cette appréciation est donc, au regard de la baisse de 70% avancés par Francisco Luciano, relativement plausible.

En outre, la résolution de la problématique est conditionnée par l'ensemble des hypothèses proposées dans cet article. Néanmoins, il est légitime de se demander quels auraient été les résultats si ces hypothèses avaient été différentes. Par exemple, la prise en compte des flux entrants et sortants de l'agglomération aurait entraîné une augmentation du nombre de passagers par voiture<sup>16</sup> et, de fait, une réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. De la même manière, si les déplacements entre le domicile (ou le

<sup>16</sup> Plus les distances à parcourir sont longues, plus les individus sont amenés à covoiturer et ce pour des raisons économiques et/ou sociales – Commissariat Général du Développement Durable



travail) et l'aire de covoiturage (le centroïde de la commune) avaient été considérés pour au moins l'un des deux individus (dans le cas où le nombre de passagers est de deux), les émissions auraient été plus conséquentes. Toutefois, cette dernière variation n'entraînerait pas une hausse significative des émissions sur les différents scénarios puisque les rejets du scénario 1, faisant état de la situation actuelle, auraient augmenté proportionnellement à ces derniers.

De plus, la totalité de la recherche se fonde sur une définition bien particulière du covoiturage (définition A). Or, elle n'est pas nécessairement représentative de la réalité. Effectivement, d'ordinaire, le covoiturage suit la logique suivante : un individu  $i_1$  se rend au domicile d'un autre individu  $i_2$ . Ensemble, ils se rendent au lieu de travail de l'individu  $i_2$ . Ensuite, l'individu  $i_1$  rejoint, seul, son lieu de travail (cf. *Annexe 4 : Procédé usuel des déplacements domicile-travail par une autre définition du covoiturage*). Ainsi, en adoptant ce procédé, les résultats seraient sûrement différents. Par exemple, les distances réseaux n'en seraient qu'amoindries puisque le détour occasionné par le covoiturage serait réduit. En effet,  $i_1$  récupère  $i_2$  en suivant un itinéraire qui est proche de celui qu'il aurait emprunté s'il avait été seul. Au contraire, la définition A le contraint à se rendre à une aire de covoiturage, peut-être bien plus éloigné de son domicile que l'habitation de  $i_2$ .

Aussi, d'autres freins n'entrant pas dans le domaine de compétences de cette recherche, doivent être mentionnées. Notamment celui des émissions de  $\text{CO}_2$  rejetées durant la phase de construction des véhicules électriques. Elles seraient nettement plus conséquentes que pour les véhicules thermiques. Ainsi, son poids environnemental fait encore débat à l'heure actuelle. De plus, une généralisation du covoiturage suppose la mise en place d'un réseau dense d'aires de covoiturage et d'une plateforme efficace de mise en contact des covoitureurs. Or, ce n'est sûrement pas le cas aujourd'hui, surtout dans le cadre d'une mobilité domicile-travail. Espérons néanmoins qu'on pourra voir se développer, dans les années à venir et à grande échelle, la notion de covoiturage électrique pour ce type de déplacements.

## Références

### Bibliographie

BRUCK Bruno P., INCERTI Valerio, IORI Manuel, VIGNOLI Matteo, *Minimizing CO<sub>2</sub> emissions in a practical daily carpooling problem*, 2015, [https://ac.els-cdn.com/S030505481630301X/1-s2.0-S030505481630301X-main.pdf?\\_tid=a5c4c908-df55-11e7-bd4c-00000aacb35f&acdnat=1513094643\\_c95c3249faf7af63d124341e82097f9e](https://ac.els-cdn.com/S030505481630301X/1-s2.0-S030505481630301X-main.pdf?_tid=a5c4c908-df55-11e7-bd4c-00000aacb35f&acdnat=1513094643_c95c3249faf7af63d124341e82097f9e)

GUIDOTTI R., NANNI M., RINZIVILLO S., PEDRESCHI D., GIANOTTI F, *Never drive alone : Boosting carpooling with network analysis*, 2014, [https://ac.els-cdn.com/S0306437916300989/1-s2.0-S0306437916300989-main.pdf?\\_tid=47936cc0-df57-11e7-859f-00000aab0f02&acdnat=1513095341\\_b03c19ba37b1e7b64194b7ee77b781ed](https://ac.els-cdn.com/S0306437916300989/1-s2.0-S0306437916300989-main.pdf?_tid=47936cc0-df57-11e7-859f-00000aab0f02&acdnat=1513095341_b03c19ba37b1e7b64194b7ee77b781ed)

LEVY Jacques, LUSSAULT Michel. *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*. Belin, 2013, 1128p

LUCIANO Francisco, *Décarboner la mobilité dans les zones de moyenne densité : moins de carbone, plus de lien*. The Shift Project, 2017, [http://www.theshiftproject.org/sites/default/files/files/2017-09-14\\_rapport\\_decarboner\\_la\\_mobilite\\_dans\\_les\\_zones\\_de\\_moyenne\\_densite\\_tsp\\_web.pdf](http://www.theshiftproject.org/sites/default/files/files/2017-09-14_rapport_decarboner_la_mobilite_dans_les_zones_de_moyenne_densite_tsp_web.pdf)

MASSOT Marie-Hélène, ORFEUIL Jean-Pierre. *La mobilité au quotidien, entre choix individuel et production sociale*. HAL Archives ouvertes, 2011, <https://www.archives-ouvertes.fr/halshs-00560534/document>

Julien Gingembre et John Baude. *Les mobilités domicile-travail dans les réseaux d'agglomérations*. Thèse, 2014 <http://journals.openedition.org/echogeo/13773>

### Sitographie

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie - <http://www.ademe.fr/>

Agence européenne pour l'environnement - <https://www.eea.europa.eu/fr>

Comité des Constructeurs Français d'Automobiles - <https://www.ccfa.fr/>

Données métropolitaines du Grand Lyon - [data.grandlyon.com](http://data.grandlyon.com)

Grand Lyon - <https://www.grandlyon.com/>

Insee - <https://www.insee.fr/fr/accueil>

Ministère de la Transition écologique et solidaire - <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/>

Observatoire des déplacements de l'agglomération lyonnaise -  
<http://www.urbalyon.org/Recherche/Observatoire%20D%C3%A9placements>

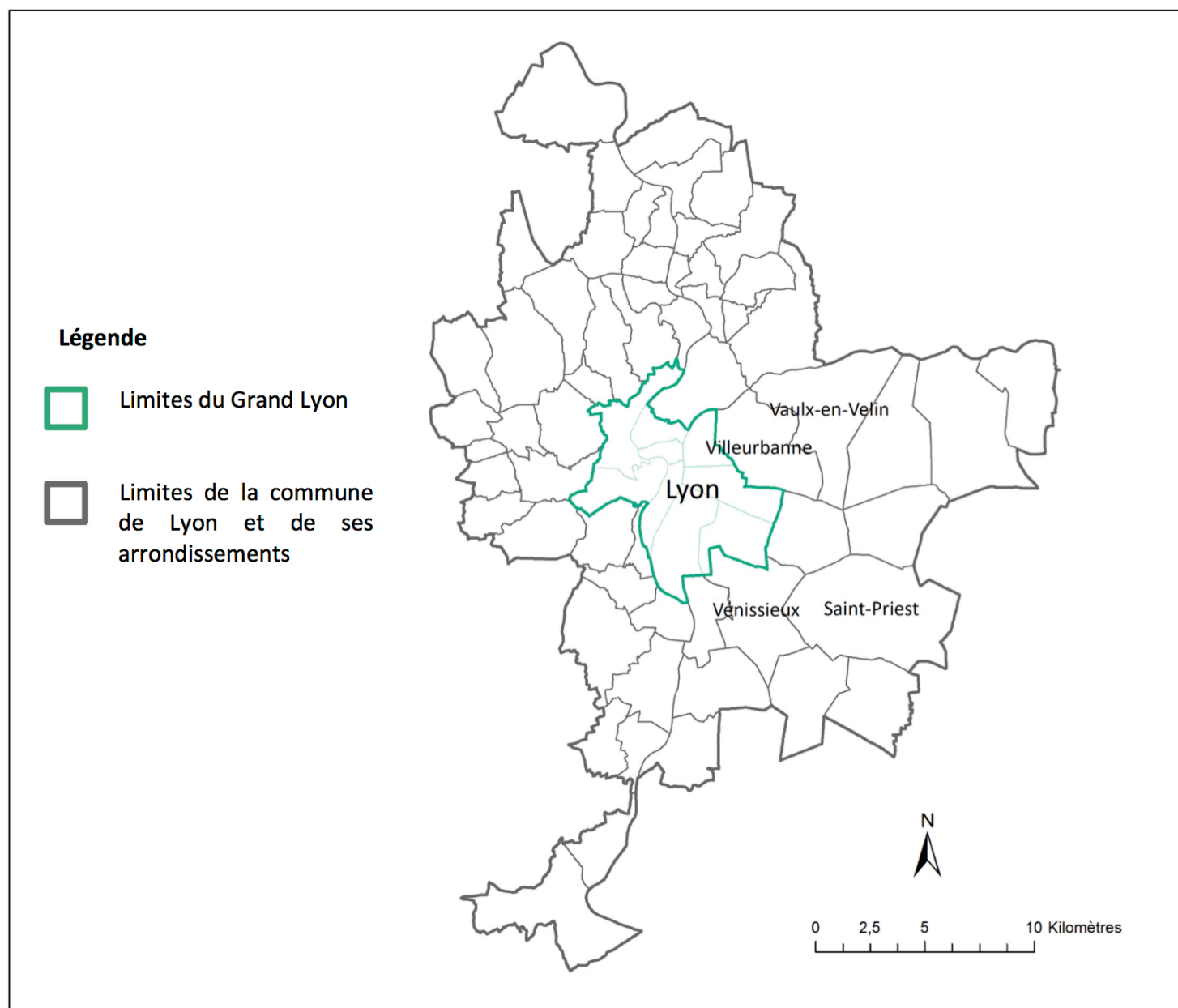
Syndicat mixte des transports pour le Rhône et l'agglomération lyonnaise - <http://www.sytral.fr/>

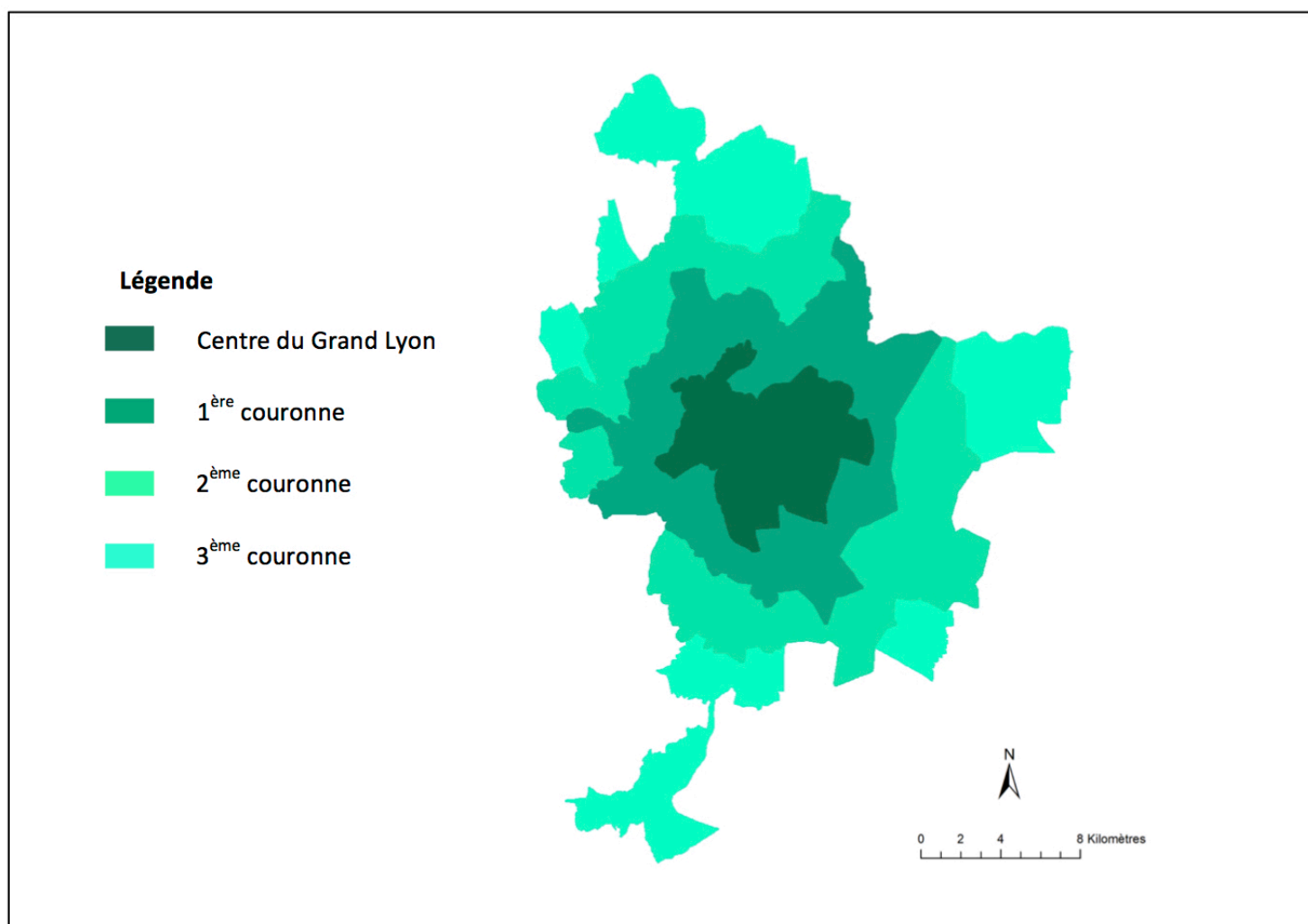
## Table des figures

<b>Fig. 1.</b> Procédé usuel actuel des déplacements domicile-travail.....	3
<b>Fig. 2.</b> Procédé usuel évolué des déplacements domicile-travail selon la définition A <sub>1</sub> du covoiturage.....	4
<b>Fig. 3.</b> Procédé usuel évolué des déplacements domicile-travail selon la définition A <sub>2</sub> du covoiturage.....	4
<b>Fig. 4.</b> Système logique du calcul des émissions de CO <sub>2</sub> par les véhicules particuliers.....	6
<b>Fig. 5.</b> Taux de motorisation pour différentes zones du Grand Lyon .....	8
<b>Fig. 6.</b> Tableau des résultats en fonction des différents scénarios à l'échelle de l'agglomération .....	9
<b>Fig. 7.</b> Évolution des émissions de CO <sub>2</sub> dues à la mobilité locale en fonction des scénarios.....	9
<b>Fig. 8.</b> Tableau des résultats en fonction des différents scénarios à l'échelle des couronnes.....	10
<b>Fig. 9.</b> Émissions de CO <sub>2</sub> en fonction du nombre de flux par commune (scénario 4).....	11
<b>Fig. 10.</b> Répartition des données de flux des communes aux IRIS.....	12
<b>Fig. 11.</b> Tableau de vérification des distances entre IRIS et communes .....	13

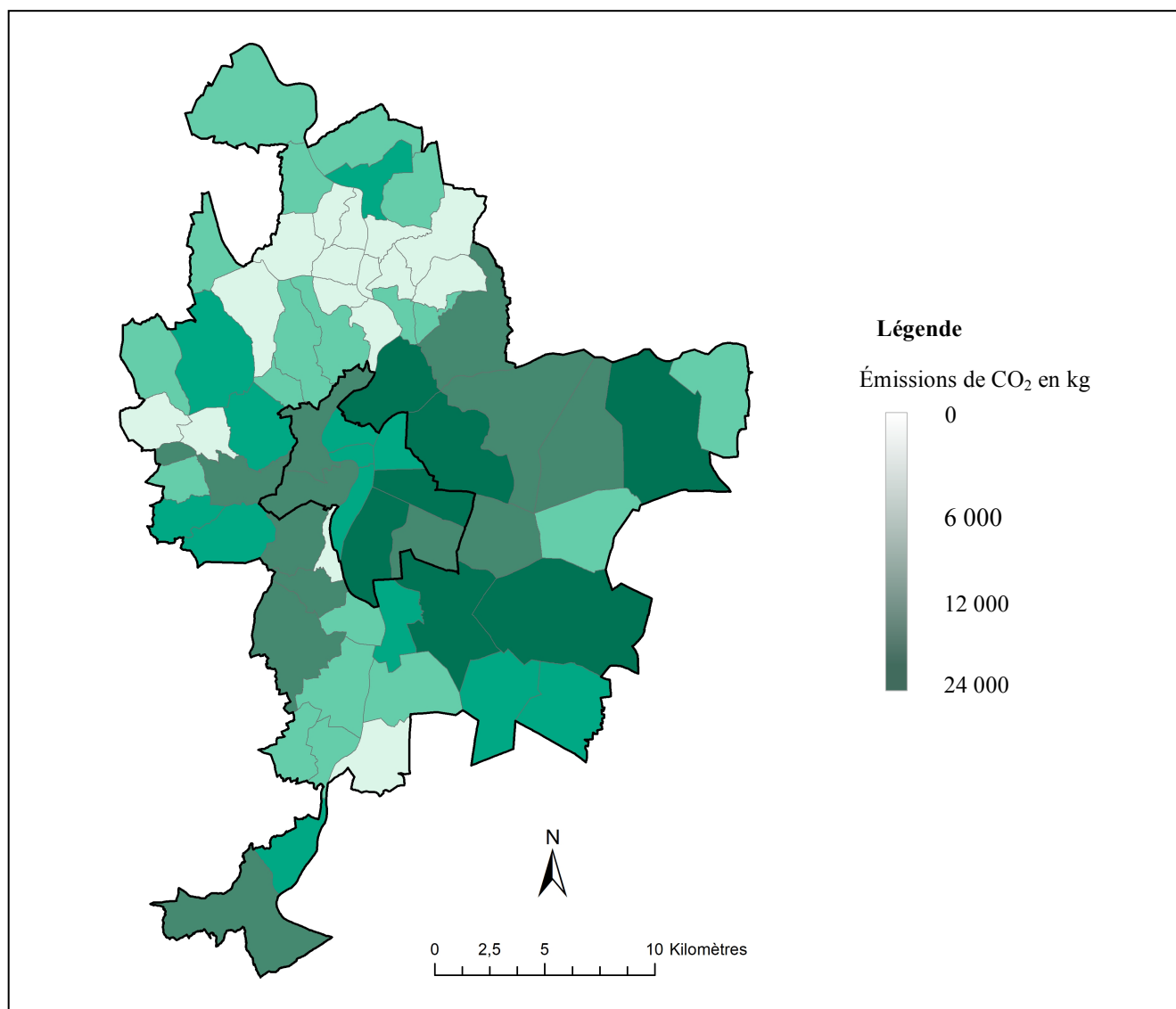
## Annexes

### Annexe 1 : Contexte géographique de l'étude

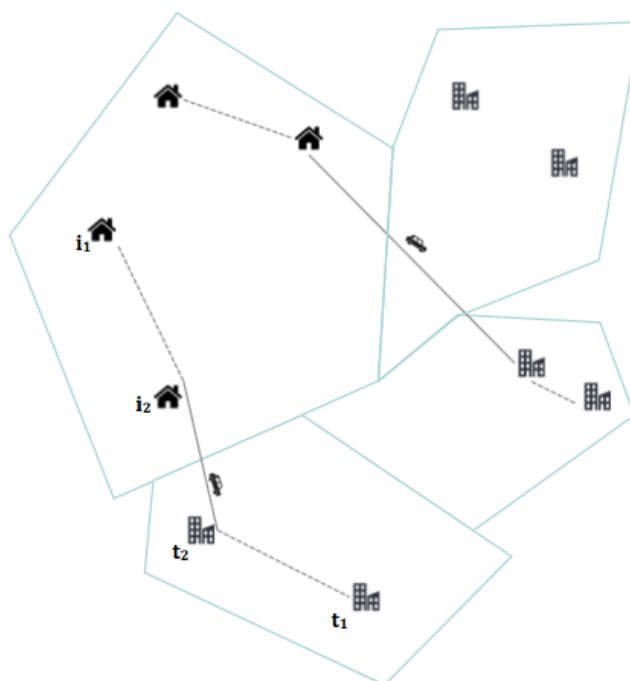




### Annexe 3 : Émissions de CO<sub>2</sub> par commune (scénario 1)



### Annexe 4 : Procédé usuel des déplacements domicile-travail par une autre définition du covoiturage



## Annexe 5 : Liste des identifiants associés aux noms des communes

A : Albigny-sur-Saone	AH : Lyon 4e Arrondissement
B : Bron	AI : Lyon 5e Arrondissement
C : Cailloux-sur-Fontaines	AJ : Lyon 6e Arrondissement
D : Caluire-et-Cuire	AK : Lyon 7e Arrondissement
E : Champagne-au-Mont-d'Or	AL : Lyon 8e Arrondissement
F : Charbonnières-les-Bains	AM : Lyon 9e Arrondissement
G : Charly	AN : Marcy-l'étoile
H : Chassieu	AO : Meyzieu
I : Collonges-au-Mont-d'Or	AP : Mions
J : Corbas	AQ : Montanay
K : Couzon-au-Mont-d'Or	AR : Neuville-sur-Saone
L : Craponne	AS : Oullins
M : Curis-au-Mont-d'Or	AT : Pierre-Benite
N : Dardilly	AU : Poleymieux-au-Mont-d'Or
O : Decines-Charpieu	AV : Quincieux
P : Ecully	AW : Rillieux-la-Pape
Q : Feyzin	AX : Rochetaillee-sur-Saone
R : Fleurieu-sur-Saone	AY : Saint-Cyr-au-Mont-d'Or
S : Fontaines-Saint-Martin	AZ : Saint-Didier-au-Mont-d'Or
T : Fontaines-sur-Saone	BA : Saint-Fons
U : Francheville	BB : Saint-Genis-Laval
V : Genay	BC : Saint-Genis-les-Ollieres
W : Givors	BD : Saint-Germain-au-Mont-d'Or
X : Grigny	BE : Saint-Priest
Y : Irigny	BF : Saint-Romain-au-Mont-d'Or
Z : Jonage	BG : Sainte-Foy-les-Lyon
AA : La Mulatiere	BH : Sathonay-Camp
AB : La Tour-de-Salvagny	BI : Sathonay-Village
AC : Limonest	BJ : Solaize
AD : Lissieu	BK : Tassin-la-Demi-Lune
AE : Lyon 1er Arrondissement	BL : Vaulx-en-Velin
AF : Lyon 2e Arrondissement	BM : Venissieux
AG : Lyon 3e Arrondissement	BN : Vernaison
AH : Lyon 4e Arrondissement	BO : Villeurbanne

## Annexe 6 : Matrice des flux entre chaque commune de l'agglomération

[illegible]



## Annexe 7 : Matrice des distances réseaux entre chaque commune de l'agglomération

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI	CJ	CK	CL	CM	CN	CO	CP	CQ	CR	CS	CT	CU	CV	CW	CX	CY	CZ	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH	DI	DJ	DK	DL	DM	DN	DO	DP	DQ	DR	DS	DT	DU	DV	DW	DX	DY	DZ	EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI	EJ	EK	EL	EM	EN	EO	EP	EQ	ER	ES	ET	EU	EV	EW	EX	EY	EZ	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FG	FH	FI	FJ	FK	FL	FM	FN	FO	FP	FQ	FR	FS	FT	FU	FV	FW	FX	FY	FZ	GA	GB	GC	GD	GE	GF	GG	GH	GI	GJ	GK	GL	GM	GN	GO	GP	GQ	GR	GS	GT	GU	GV	GW	GX	GY	GZ	HA	HB	HC	HD	HE	HF	HG	HH	HI	HJ	HK	HL	HM	HN	HO	HP	HQ	HR	HS	HT	HU	HV	HW	HX	HY	HZ	IA	IB	IC	ID	IE	IF	IG	IH	II	IJ	IK	IL	IM	IN	IO	IP	IQ	IR	IS	IT	IU	IV	IW	IX	IY	IZ	JA	JB	JC	JD	JE	JF	JG	JH	JI	JJ	JK	JL	JM	JN	JO	JP	JQ	JR	JS	JT	JU	JV	JW	JX	JY	JZ	KA	KB	KC	KD	KE	KF	KG	KH	KI	KJ	KL	KM	KN	KO	KP	KQ	KR	KS	KT	KU	KV	KW	KX	KY	KZ	LA	LB	LC	LD	LE	LF	LG	LH	LI	LJ	LK	LM	LN	LO	LP	LQ	LR	LS	LT	LU	LV	LW	LX	LY	LZ	MA	MB	MC	MD	ME	MF	MG	MH	MI	MJ	MK	ML	MM	MN	MO	MP	MQ	MR	MS	MT	MU	MV	MW	MX	MY	MZ	NA	NB	NC	ND	NE	NF	NG	NH	NI	NJ	NK	NL	NM	NO	NP	NQ	NR	NS	NT	NU	NV	NW	NX	NY	NZ	OA	OB	OC	OD	OE	OF	OG	OH	OI	OJ	OK	OL	OM	ON	OO	OP	OQ	OR	OS	OT	OU	OV	OW	OX	OY	OZ	PA	PB	PC	PD	PE	PF	PG	PH	PI	PJ	PK	PL	PM	PN	PO	PQ	PR	PS	PT	PU	PV	PW	PX	PY	PZ	QA	QB	QC	QD	QE	QF	QG	QH	QI	QJ	QK	QL	QM	QN	QO	QP	QQ	QR	QS	QT	QU	QV	QW	QX	QY	QZ	RA	RB	RC	RD	RE	RF	RG	RH	RI	RJ	RK	RL	RM	RN	RO	RP	RQ	RR	RS	RT	RU	RV	RW	RX	RY	RZ	SA	SB	SC	SD	SE	SF	SG	SH	SI	SJ	SK	SL	SM	SN	SO	SP	SQ	SR	SS	ST	SU	SV	SW	SX	SY	SZ	TA	TB	TC	TD	TE	TF	TG	TH	TI	TJ	TK	TL	TM	TN	TO	TP	TQ	TR	TS	TT	TU	TV	TW	TX	TY	TZ	UA	UB	UC	UD	UE	UF	UG	UH	UI	UJ	UK	UL	UM	UN	UO	UP	UQ	UR	US	UT	UU	UV	UW	UX	UY	UZ	VA	VB	VC	VD	VE	VF	VG	VH	VI	VJ	VK	VL	VM	VN	VO	VP	VQ	VR	VS	VT	VU	VV	VW	VX	VY	VZ	WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG	WH	WI	WJ	WK	WL	WM	WN	WO	WP	WQ	WR	WS	WT	WU	WV	WW	WX	WY	WZ	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XI	XJ	XK	XL	XM	XN	XO	XP	XQ	XR	XS	XT	XU	XV	XW	XX	XY	XZ	YA	YB	YC	YD	YE	YF	YG	YH	YI	YJ	YK	YL	YM	YN	YO	YP	YQ	YR	YS	YT	YU	YV	YW	YX	YY	YZ	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	ZF	ZG	ZH	ZI	ZJ	ZK	ZL	ZM	ZN	ZO	ZP	ZQ	ZR	ZS	ZT	ZU	ZV	ZW	ZX	ZY	ZZ
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

CITERES

**UMR 7324**  
*Cités, Territoires,  
Environnement et  
Sociétés*

*Equipe IPA-PE  
Ingénierie du Projet  
d'Aménagement,  
Paysage,  
Environnement*



35 allée Ferdinand de Lesseps  
BP 30553  
37205 TOURS cedex 3

**Directeur de recherche :  
Maïzia Mindjid**

**Brisotto Lucas  
Lacueille Etienne**

**Projet de Fin d'Etudes  
DA5  
2017-2018**

## **Les effets prospectifs d'une généralisation du covoiturage électrique sur les dégagements de CO2 : Le cas des déplacements domicile-travail sur le Grand Lyon**

**Résumé :** La recherche s'appuie sur une définition particulière du covoiturage afin d'étudier les conséquences d'une généralisation de celui-ci sur les émissions de CO2. En ce sens, plusieurs scénarios ont été élaborés et ce au regard de variables exogènes (taux de motorisation, type de carburant, taux de remplissage du véhicule,...). Les conclusions montrent une nette diminution des dégagements de CO2 générés par les automobiles : jusqu'à 89 % de réduction (conditions extrêmes).

**Mots Clés :** Covoiturage – Généralisation – Covoiturage électrique – Éq. CO2 – Mobilité domicile-travail