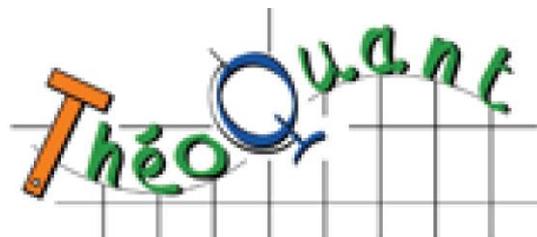


L'apport de la simulation multi-agent du trafic routier pour l'estimation des émissions automobiles:

Application à la circulation routière de la ville de Dijon



Atelier Modélisation et simulation urbaine

20 Mai 2015

Justin Emery, UMR 6049 ThéMA, UMR 6282 Biogéosciences Equipe CRC

Nicolas Marilleau, UMI 209 UMMISCO IRD/UPMC

Nadège Martiny, UMR 6282 Biogéosciences Equipe CRC

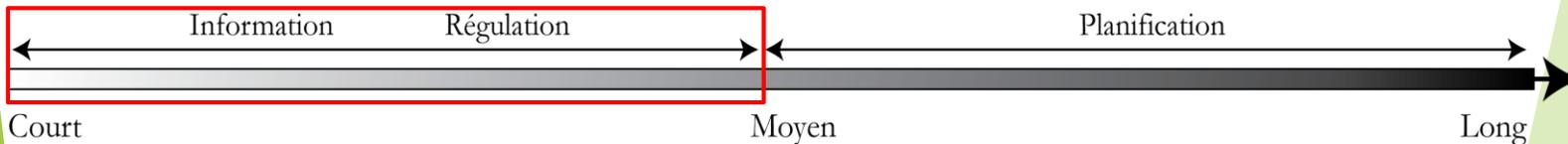
Thomas Thevenin, UMR 6049 ThéMA

Julien Villery, AASQA, ATMOSF^Air Bourgogne

justin.emery@u-bourgogne.fr

INTRODUCTION

- ▶ Les pollutions sonores et atmosphériques apparaissent, aujourd'hui, comme les **premières nuisances environnementales** directement ressenties par la population en milieu urbain
- ▶ Le trafic routier est l'une des principales sources des émissions d'oxydes d'azote **en milieu urbain : 80%**
- ▶ Trois objectifs de l'étude de la circulation routière :
 - ▶ **Evaluer / Informer**
 - ▶ **Réguler**
 - ▶ **Planifier** les trafics futurs



- ▶ Nécessite de quantifier les véhicules sur les infrastructures :
 - ▶ Par la **mesure : comptage manuel ou automatique**, caméra-vidéo, GPS, téléphonie,...
 - ▶ Par un dispositif de **modélisation** issu de données socio-spatiales

INTRODUCTION



Source : Groupement de maîtrise d'œuvre Egis Rail, Alfred Peter, études préliminaires à la mise en place du tramway, 2009

Limites de cette représentation :

- *Portée temporelle* : Heure pleine / Heure creuse
- *Portée spatiale* : Accent sur les axes structurants
- *Objet* : Données de déplacements socio-économiques de l'agglomération



Quelles améliorations envisager pour l'estimation du trafic routier ?

PROBLÉMATIQUE

► Du comptage ponctuel...

- Rapprochement de l'objet
- Déplacement → un flux routier
- Apporter une temporalité plus importante

► ...à l'affectation par SMA

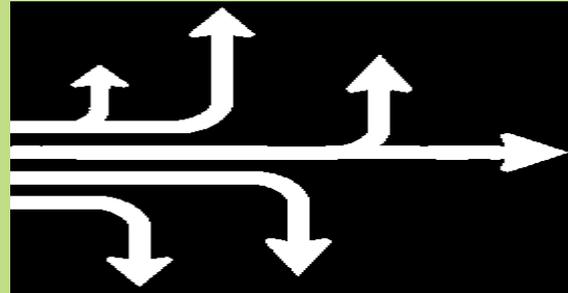
- Structuration des données : Collecte et traitement des données
- Dispositif d'insertion et de simulation : reproduire le signal du trafic

Deux finalités de l'affectation des comptages routiers...

→ Temporelle :



→ Spatiale :



...pour une approche environnementale du trafic routier



LES COMPTAGES ROUTIERS

UNE BASE DE DONNÉES RICHE EN INFORMATIONS...

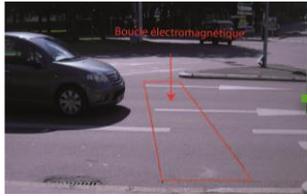
- **Système automatique** de comptages routiers
- **Approche agrégée** des comptages routiers : Débit par $\frac{1}{4}$ h
- **Observation réelle** : régularités et périodicités

...DONT L'USAGE RESTE LIMITÉ EN L'ÉTAT

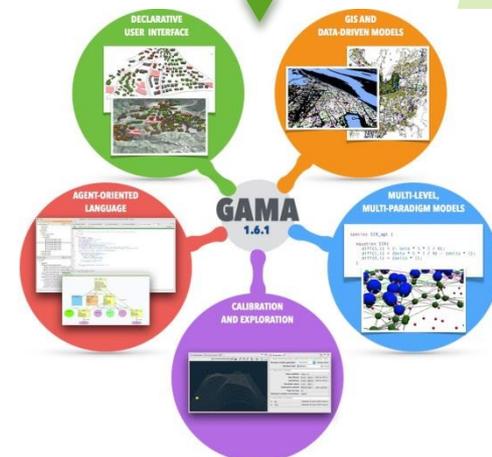
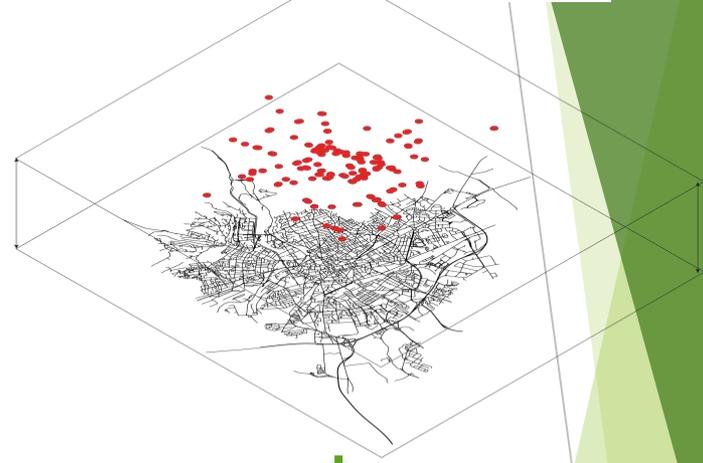
- Description macroscopique
- Des **données Eulériennes**
- Fiabilité du dispositif : quelques pannes et ruptures

DE LA DONNÉE DE COMPTAGE À LA SIMULATION

Dynamique de circulation:



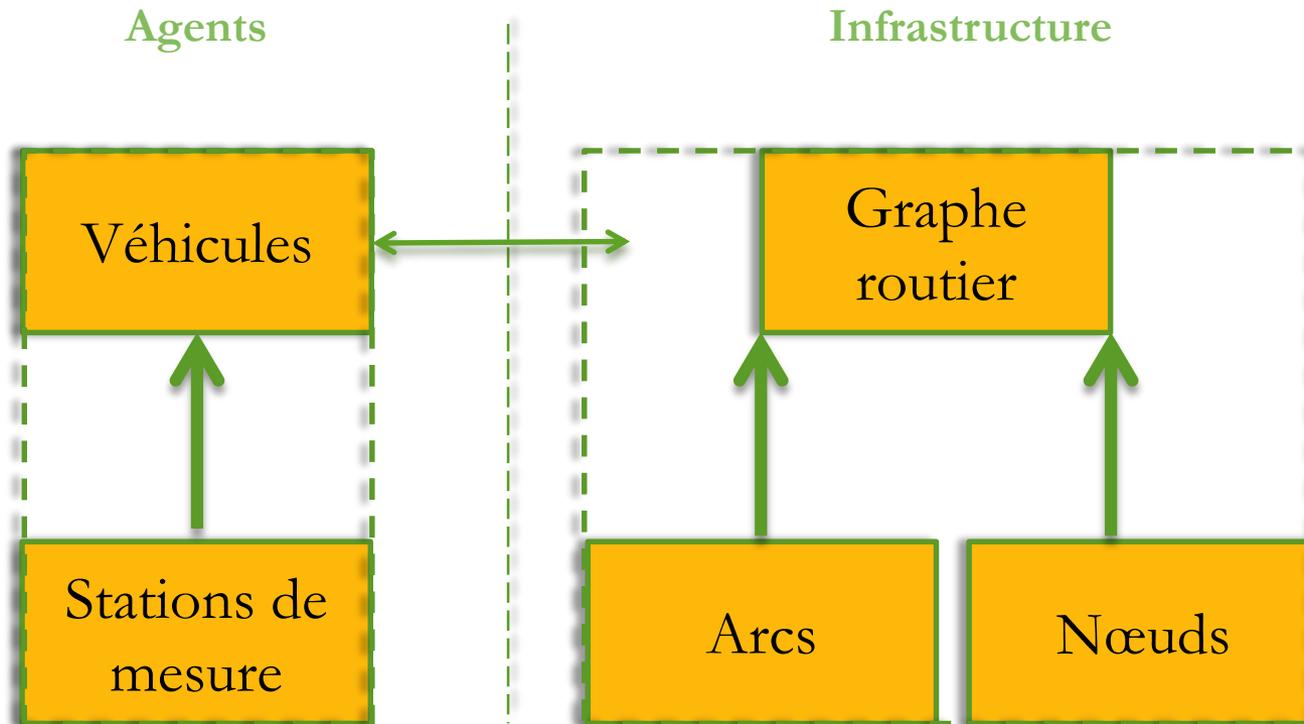
Représentation du trafic routier :



Temps

Id	0000	0100	0200	...	2400
1001	10	33	87	...	2400
2005	25	42	96	...	2400
4001	50	60	100	...	2400
...
1001	10	33	87	...	2400
2005	25	42	96	...	2400
4001	50	60	100	...	2400
...
1001	10	33	87	...	2400
2005	25	42	96	...	2400
4001	50	60	100	...	2400
...

STRUCTURE DU MODÈLE



STRUCTURE DU MODÈLE D'AFFECTATION :

Un modèle stochastique par non-énumération des itinéraires...

...dont les variables de choix sont définies sur la base de comptages routiers et des caractéristiques du réseau routier

PLAN DES SIMULATIONS

Simulation sur 24 h

156 simulations par validation
croisée : LOOCV

TEMPS $\frac{1}{4}$ h :
Poste de mesure
156 PM



ESPACE :
Réseau routier
7506 axes

PLAN DES SIMULATIONS

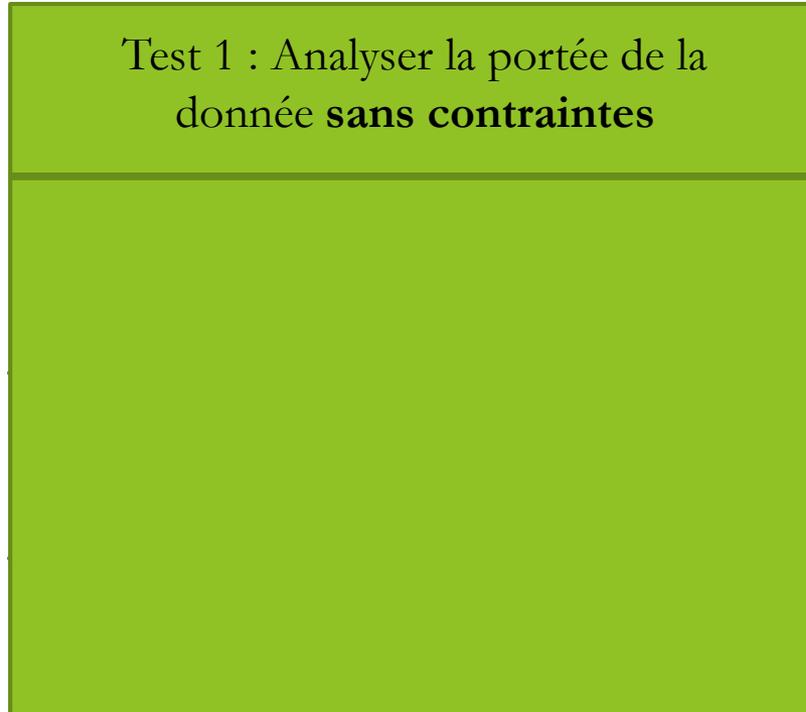
Simulation sur 24 h

**156 simulations par validation
croisée : LOOCV**

TEMPS ¼ h :
Poste de mesure
156 PM

Test 1 : Analyser la portée de la
donnée **sans contraintes**

ESPACE :
Réseau routier
7506 axes



PLAN DES SIMULATIONS

Simulation sur 24 h

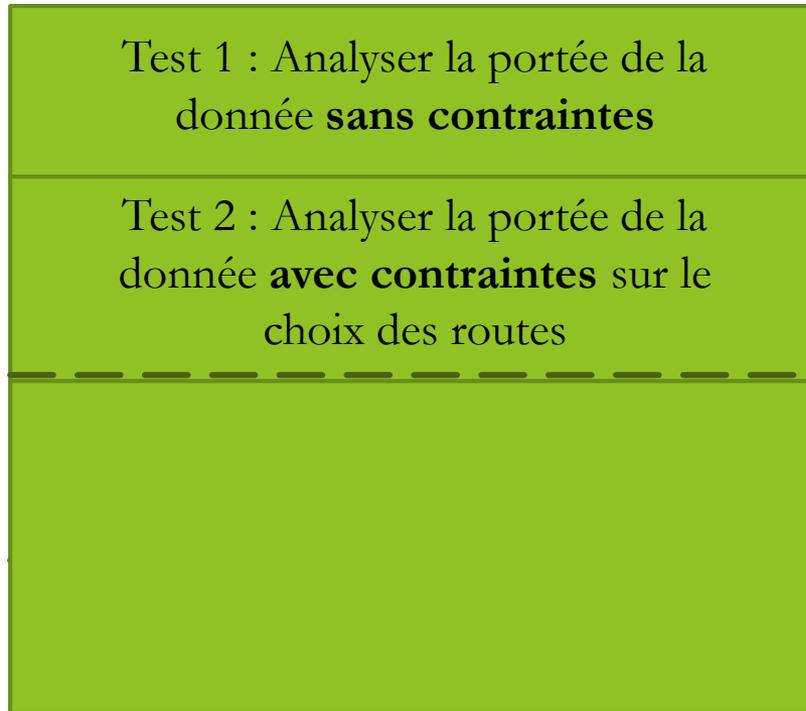
156 simulations par validation
croisée : **LOOCV**

TEMPS ¼ h :
Poste de mesure
156 PM

Test 1 : Analyser la portée de la
donnée **sans contraintes**

Test 2 : Analyser la portée de la
donnée **avec contraintes** sur le
choix des routes

ESPACE :
Réseau routier
7506 axes



PLAN DES SIMULATIONS

Simulation sur 24 h

156 simulations par validation
croisée : LOOCV

TEMPS ¼ h :

Poste de mesure
156 PM

Test 1 : Analyser la portée de la
donnée **sans contraintes**

Test 2 : Analyser la portée de la
donnée **avec contraintes** sur le
choix des routes

Contraintes sur la
vitesse
réglementaire des
axes routiers

Contraintes sur la
hiérarchie des
axes routiers

ESPACE :

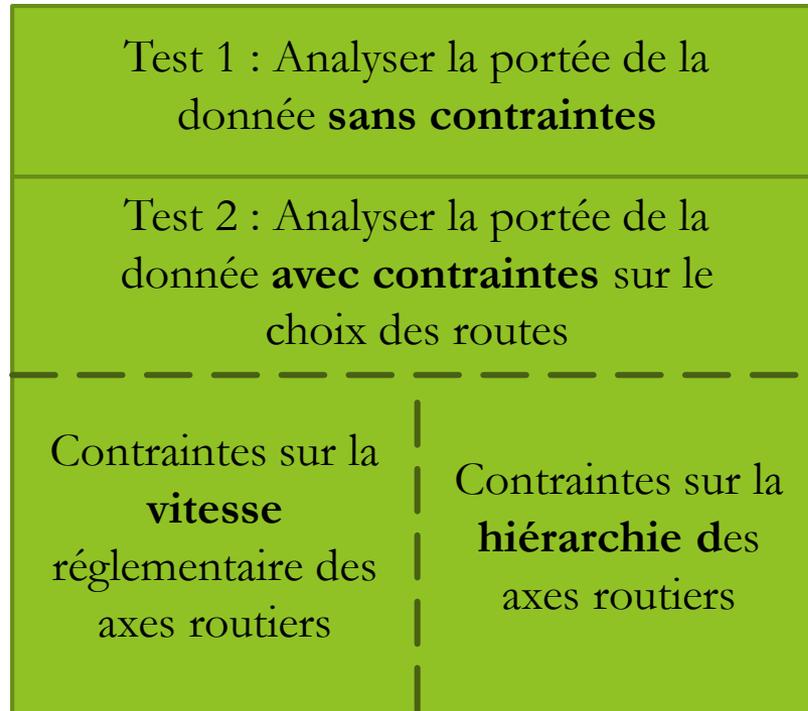
Réseau routier
7506 axes

PLAN DES SIMULATIONS

Simulation sur 24 h

156 simulations par validation
croisée : LOOCV

TEMPS ¼ h :
Poste de mesure
156 PM



ESPACE-TEMPS :
Un débit pour chaque arc

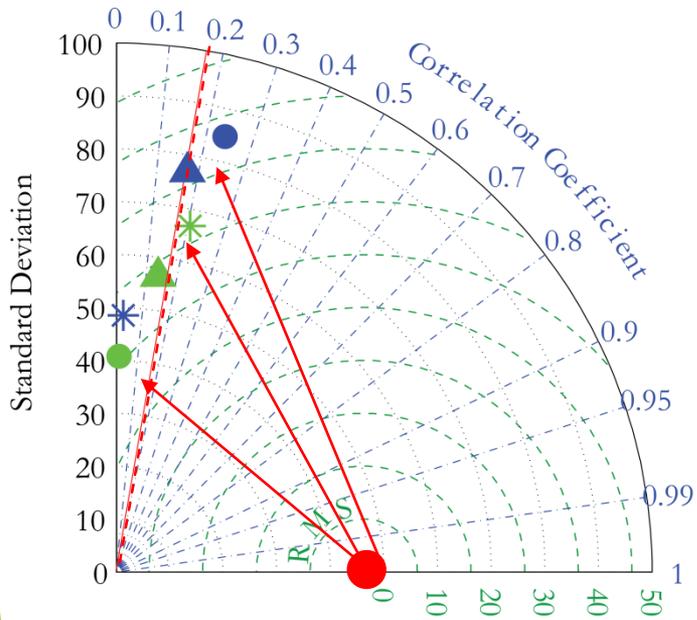
ESPACE :
Réseau routier
7506 axes

Variation de la disparition en minutes

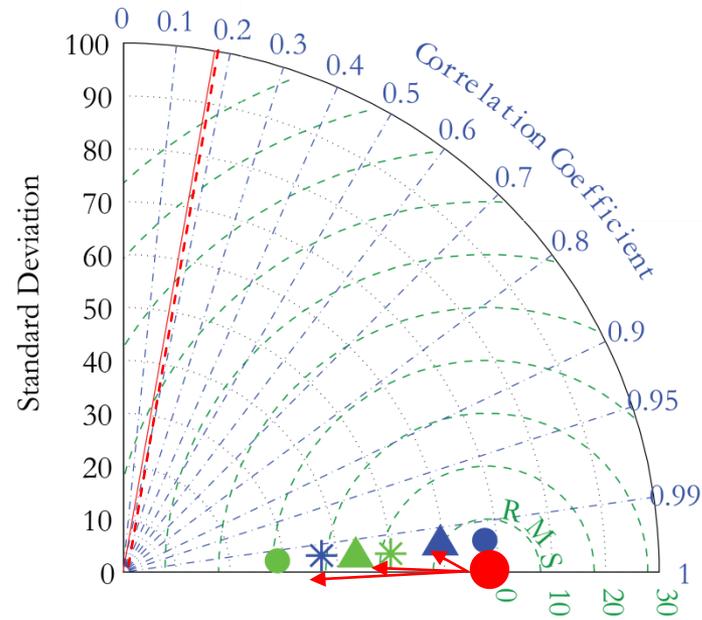
10 & 15 min

VALIDATION DES SIMULATIONS

Fréquentation de l'axe (Débit/simulation)



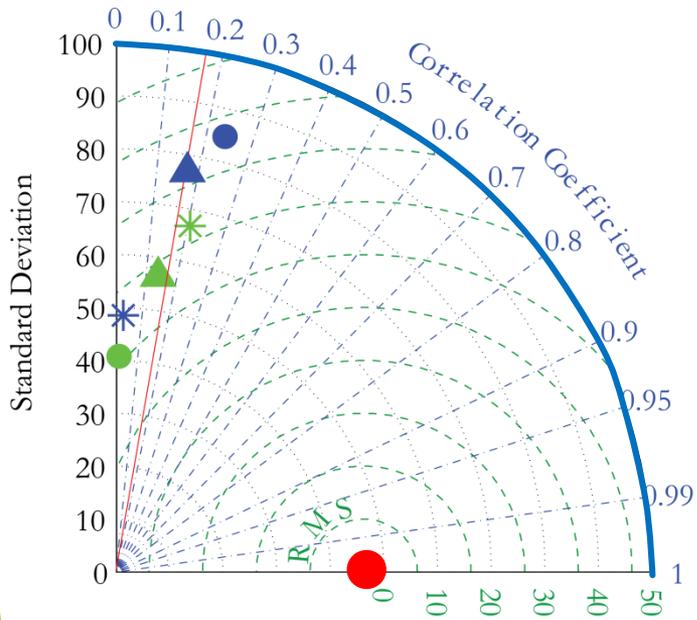
Variabilité temporelle (Débit/Q-heure)



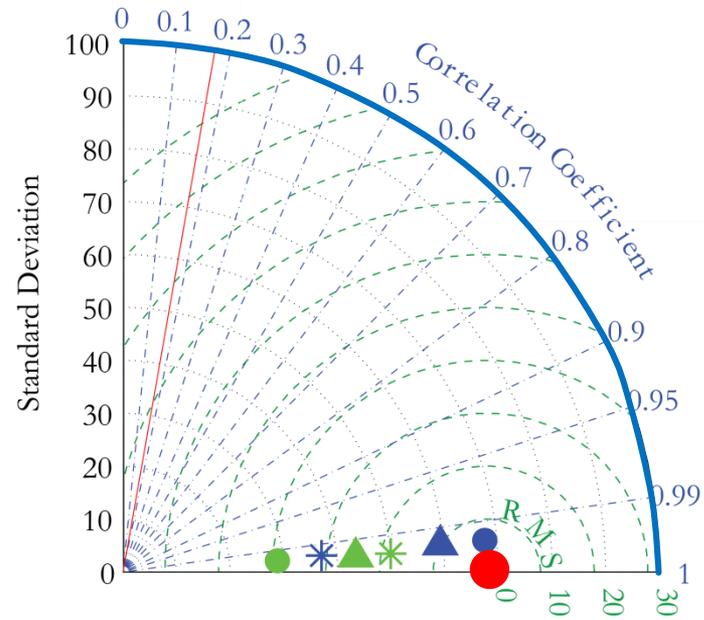
- | | | | |
|-------------------------|---------------------------|---|------------------------|
| ● | Choix Aléatoire 10 min | ● | Choix Aléatoire 15 min |
| * | Choix Hiérarchique 10 min | * | Choix Hiérarchique 15 |
| ▲ | Choix Vitesse 10 min | ▲ | Choix Vitesse 15 min |
| — Significativité (95%) | | | |

VALIDATION DES SIMULATIONS

Fréquentation de l'axe (Débit/simulation)



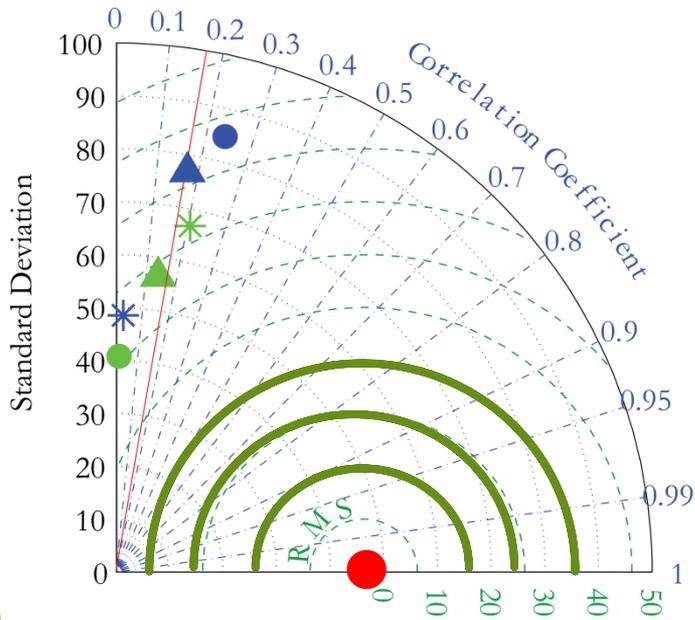
Variabilité temporelle (Débit/Q-heure)



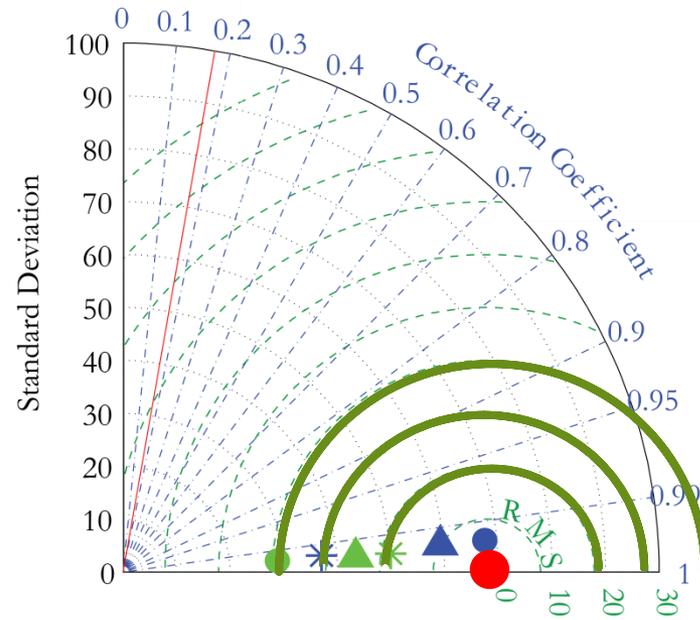
- | | | | |
|-------------------------|---------------------------|---|------------------------|
| ● | Choix Aléatoire 10 min | ● | Choix Aléatoire 15 min |
| * | Choix Hiérarchique 10 min | * | Choix Hiérarchique 15 |
| ▲ | Choix Vitesse 10 min | ▲ | Choix Vitesse 15 min |
| — Significativité (95%) | | | |

VALIDATION DES SIMULATIONS

Fréquentation de l'axe (Débit/simulation)



Variabilité temporelle (Débit/Q-heure)

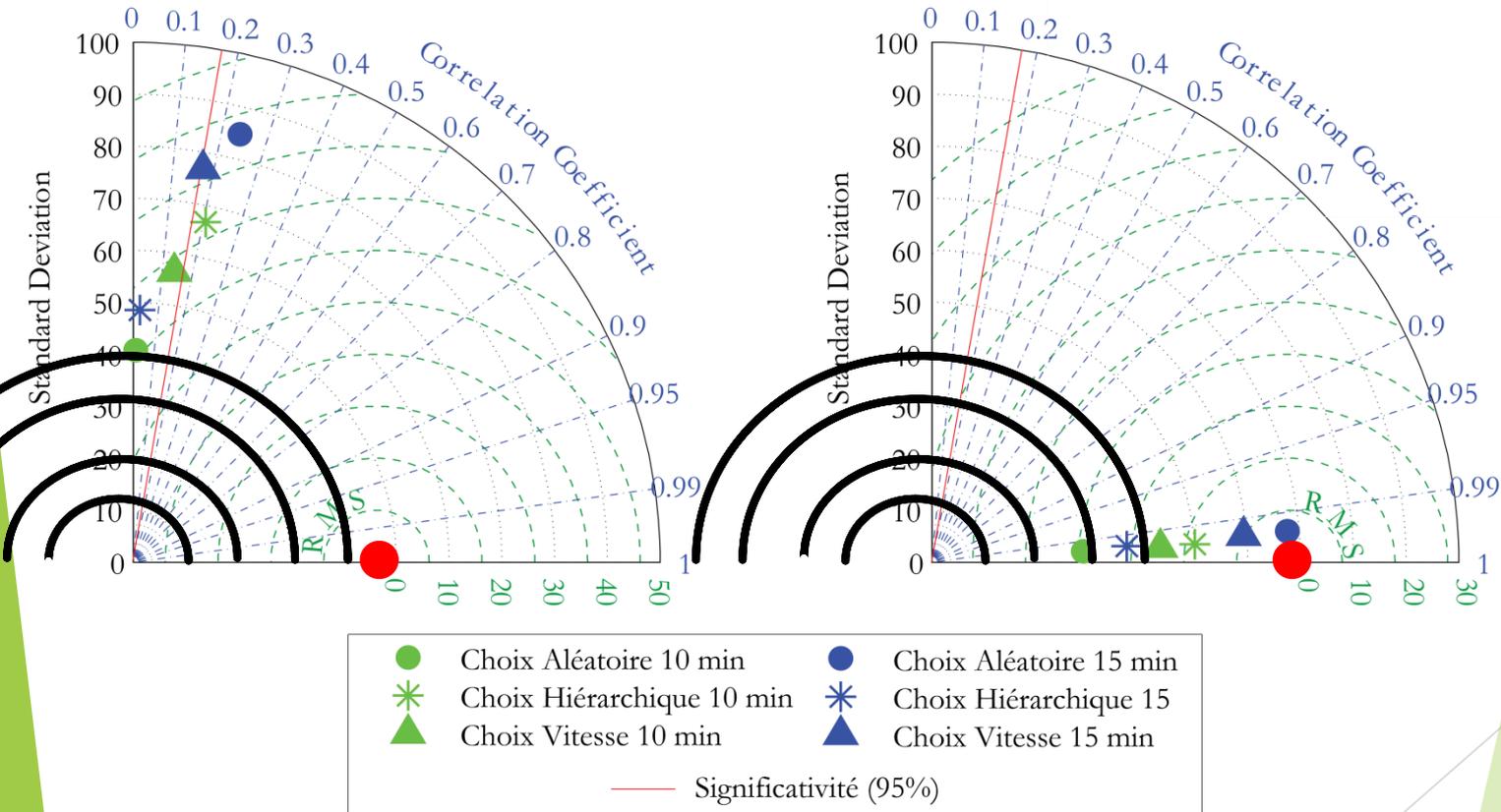


- Choix Aléatoire 10 min
- Choix Aléatoire 15 min
- * Choix Hiérarchique 10 min
- * Choix Hiérarchique 15
- ▲ Choix Vitesse 10 min
- ▲ Choix Vitesse 15 min
- Significativité (95%)

VALIDATION DES SIMULATIONS

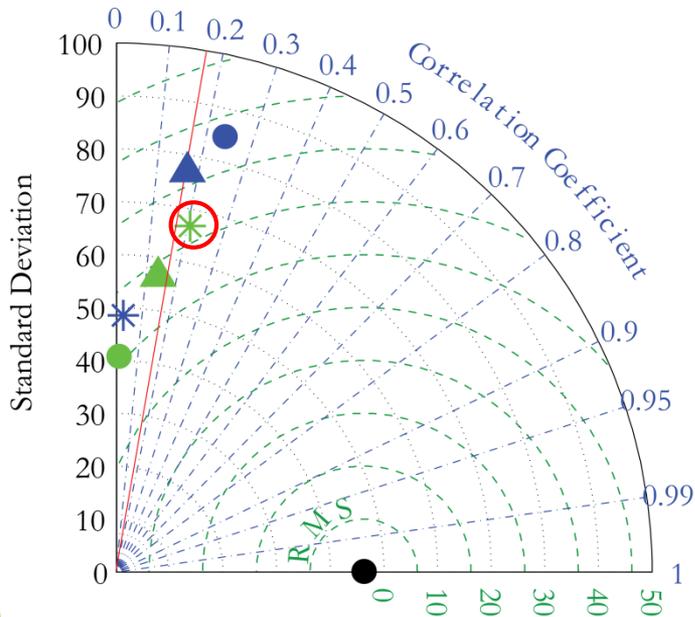
Fréquentation de l'axe (Débit/simulation)

Variabilité temporelle (Débit/Q-heure)

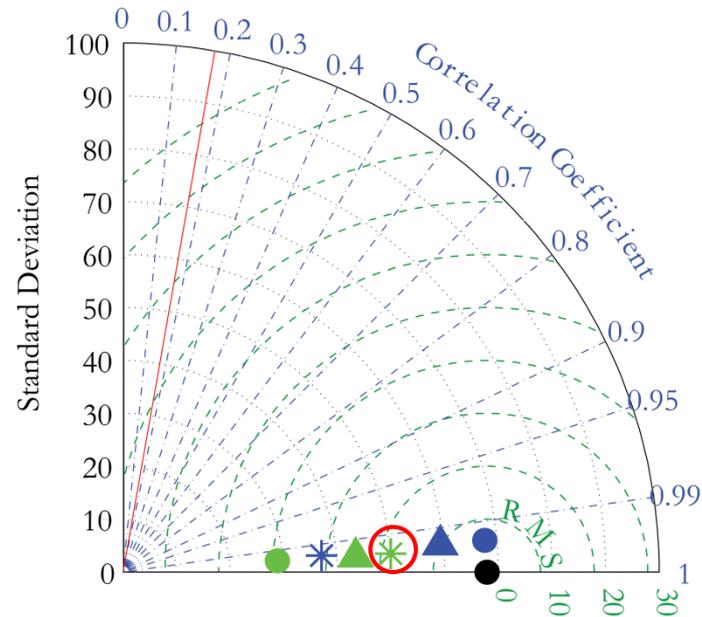


VALIDATION DES SIMULATIONS

Fréquentation de l'axe (Débit/simulation)



Variabilité temporelle (Débit/Q-heure)



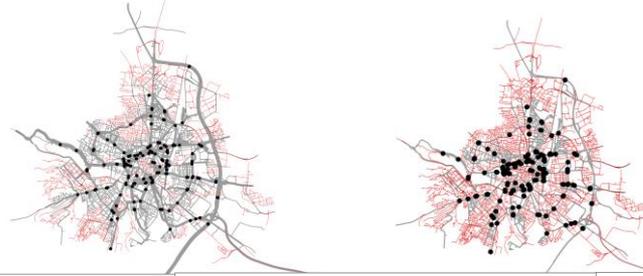
- Choix Aléatoire 10 min
 - Choix Aléatoire 15 min
 - * Choix Hiérarchique 10 min
 - * Choix Hiérarchique 15 min
 - ▲ Choix Vitesse 10 min
 - ▲ Choix Vitesse 15 min
- Significativité (95%)

ESTIMATION DES POLLUANTS : LES PRÉ-REQUIS

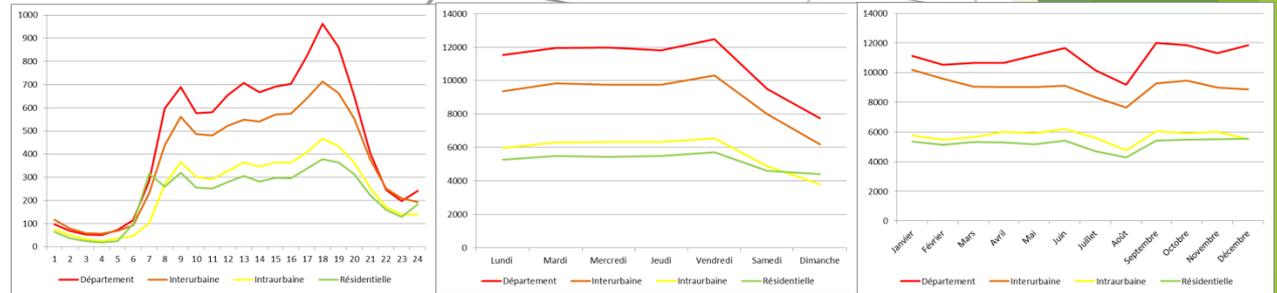
Logiciel CIRCUL'Air 3.0 basé sur COPERT IV

Trafic moyen journalier

Trafic moyen horaire



Profils de *fréquentation type*
observés / type de voie



Caractéristiques des voies

- Longueur
- Capacité
- Pente
- Hierarchie
- Vitesse



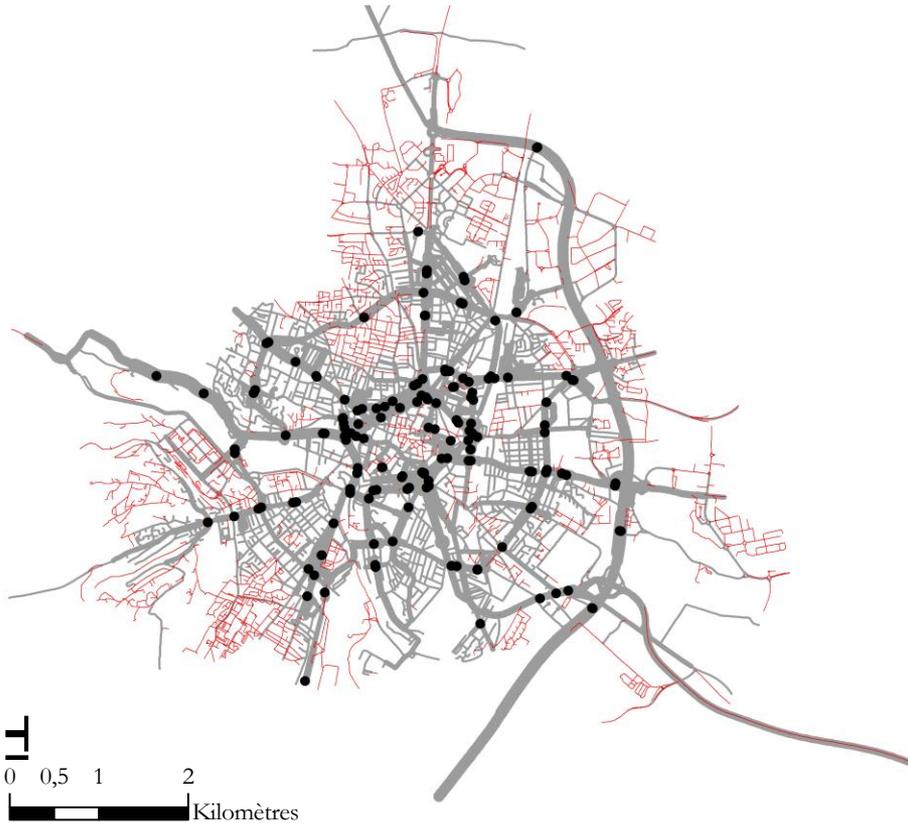
Parc Automobile
(CITEPA, 2008)



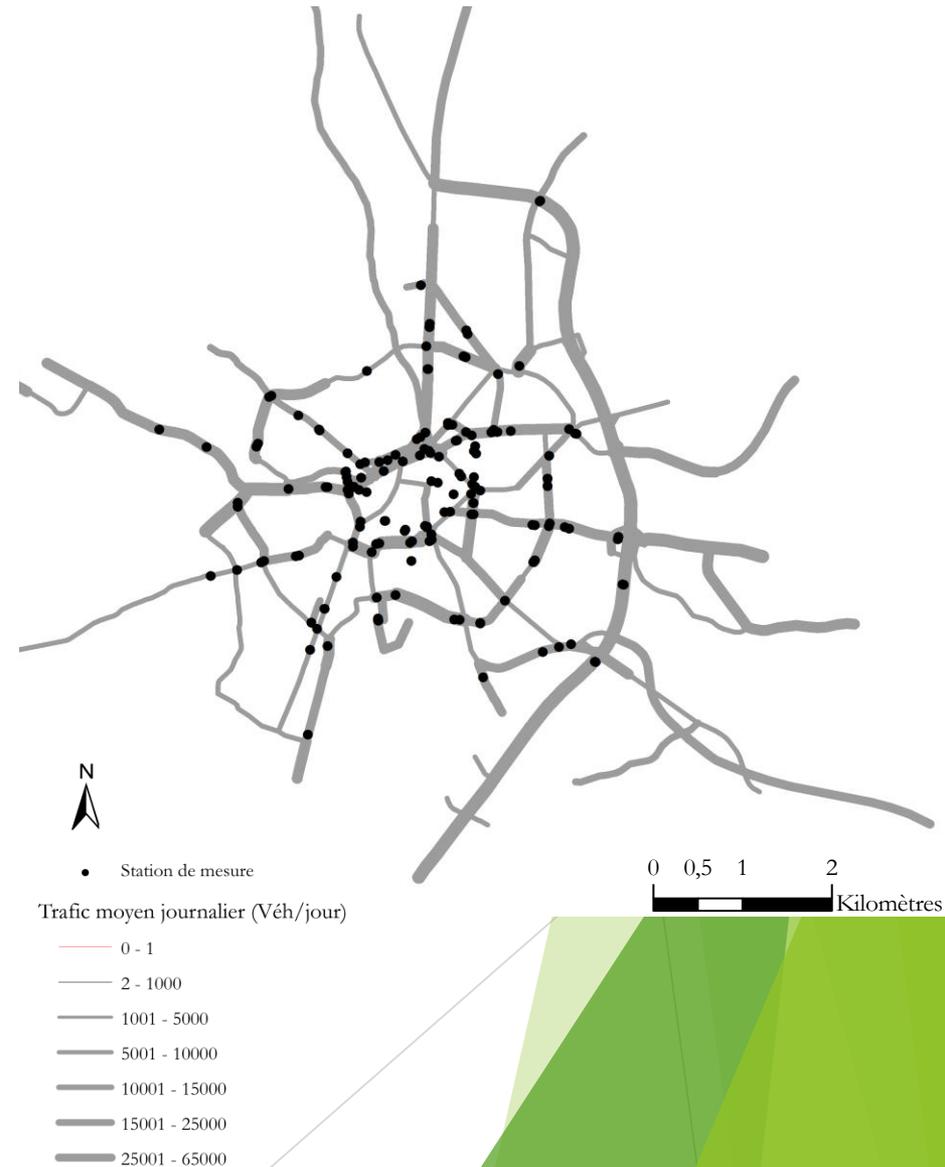
RÉPARTITION DU TRAFIC ROUTIER

Vocation Réseau	Longueur totale (m)		Taux d'évolution depuis ATMOSF'Air
	ATMOSF'Air	Simulation	
Ensemble	132 702	698 193	-80,99
Liaisons locales	10 414	57 292	-81,82
Liaisons principales	39 197	90 924	-56,89
Liaison régionales	65 426	86 114	-24,02

Simulation du trafic



ATMOSF'Air Bourgogne



RÉPARTITION DU TRAFIC ROUTIER

*Evolution des estimations de trafic routier
depuis les données ATMOSF'Air Bourgogne*

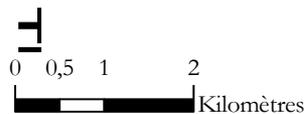
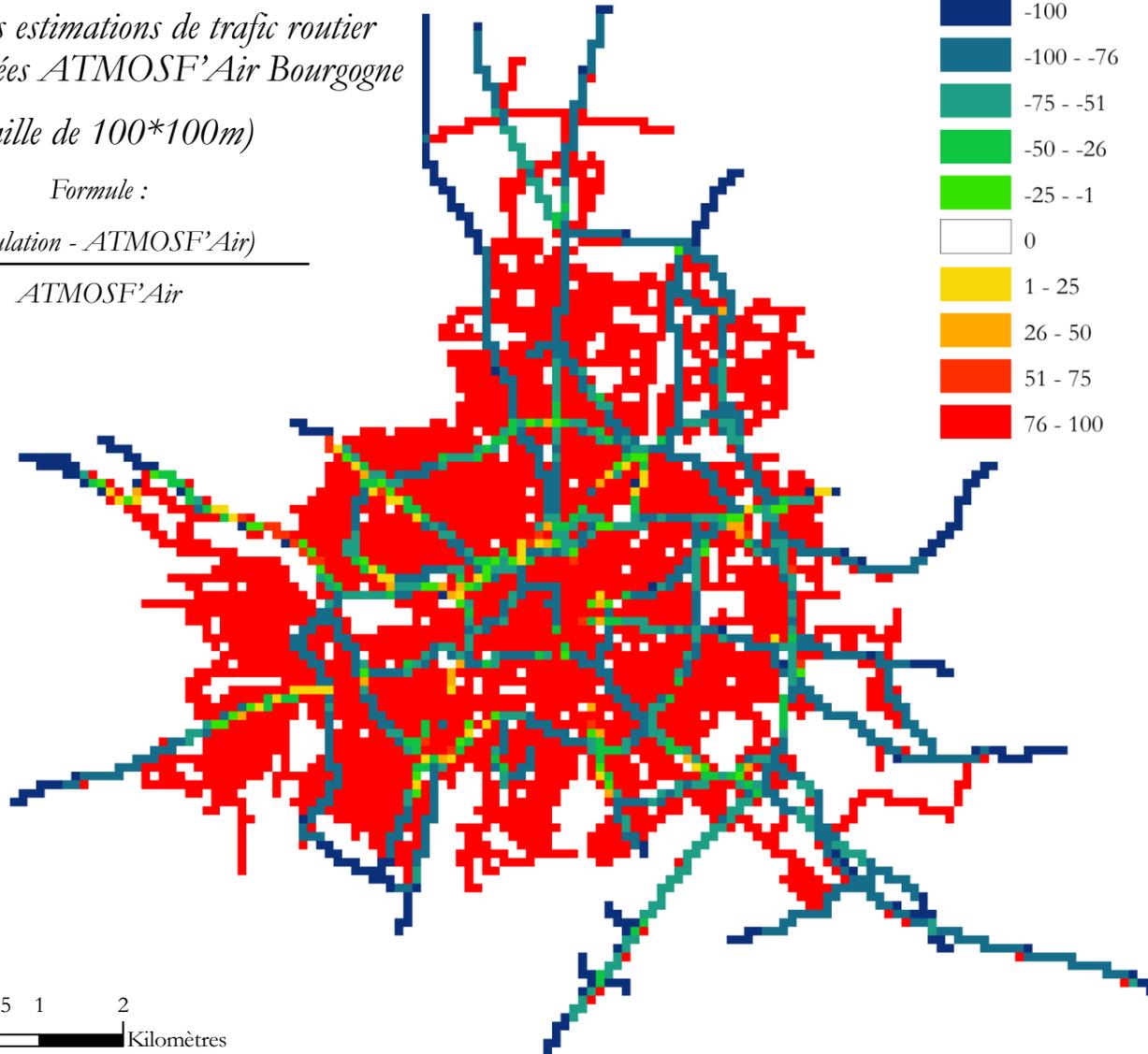
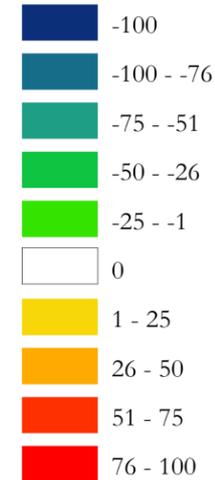
*(Maille de 100*100m)*

Formule :

(Simulation - ATMOSF'Air)

ATMOSF'Air

Taux d'évolution (%)



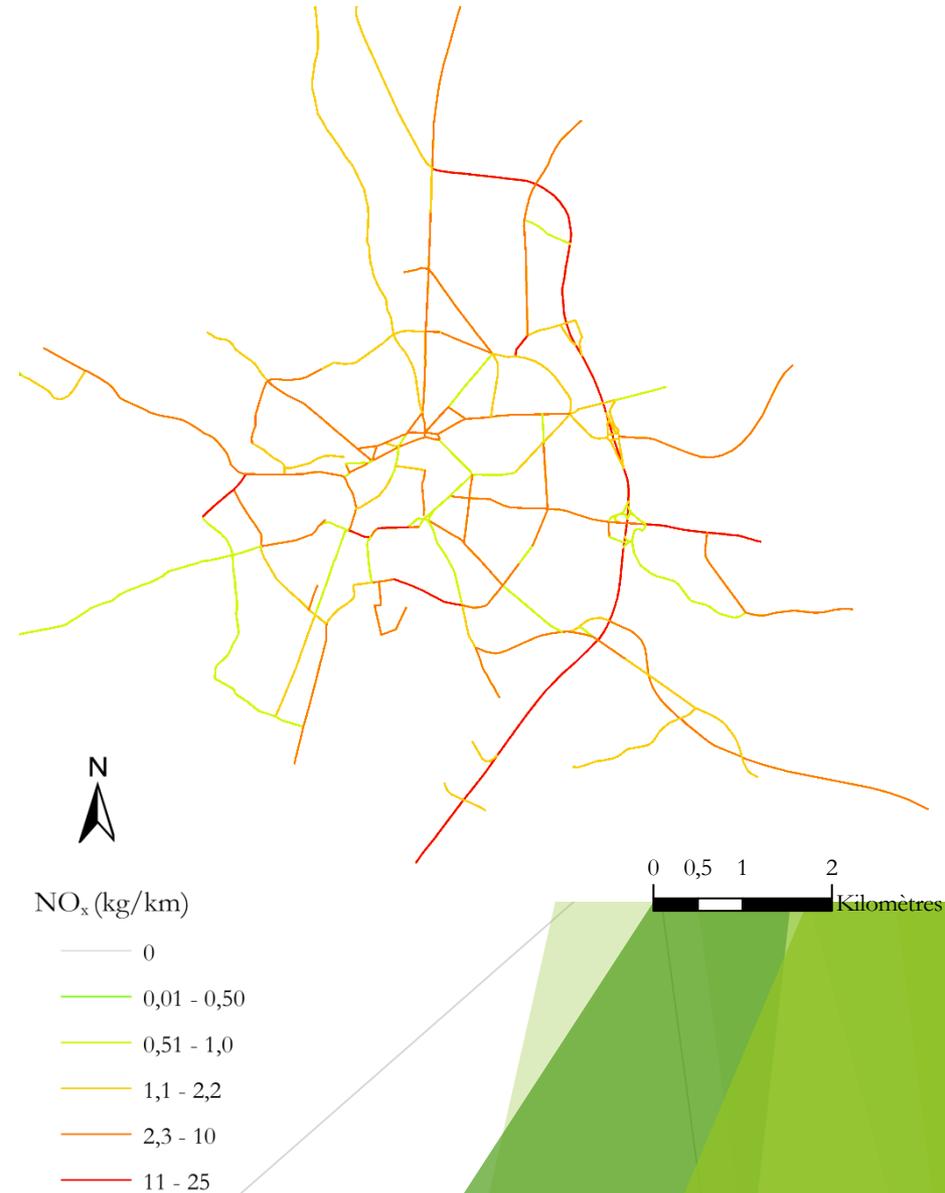
LES ÉMISSIONS D'OXYDES D'AZOTES : NO_x

Vocation Réseau	NO _x (kg/km)		
	ATMOSF'Air	Simulation	Taux d'évolution depuis ATMOSF'Air
Ensemble	4,997	1,674	+198,57
Liaisons locales	2,626	1,121	+134,30
Liaisons principales	4,043	6,854	-41,02
Liaison régionales	3,002	3,639	-17,49

Simulation du trafic



ATMOSF'Air Bourgogne



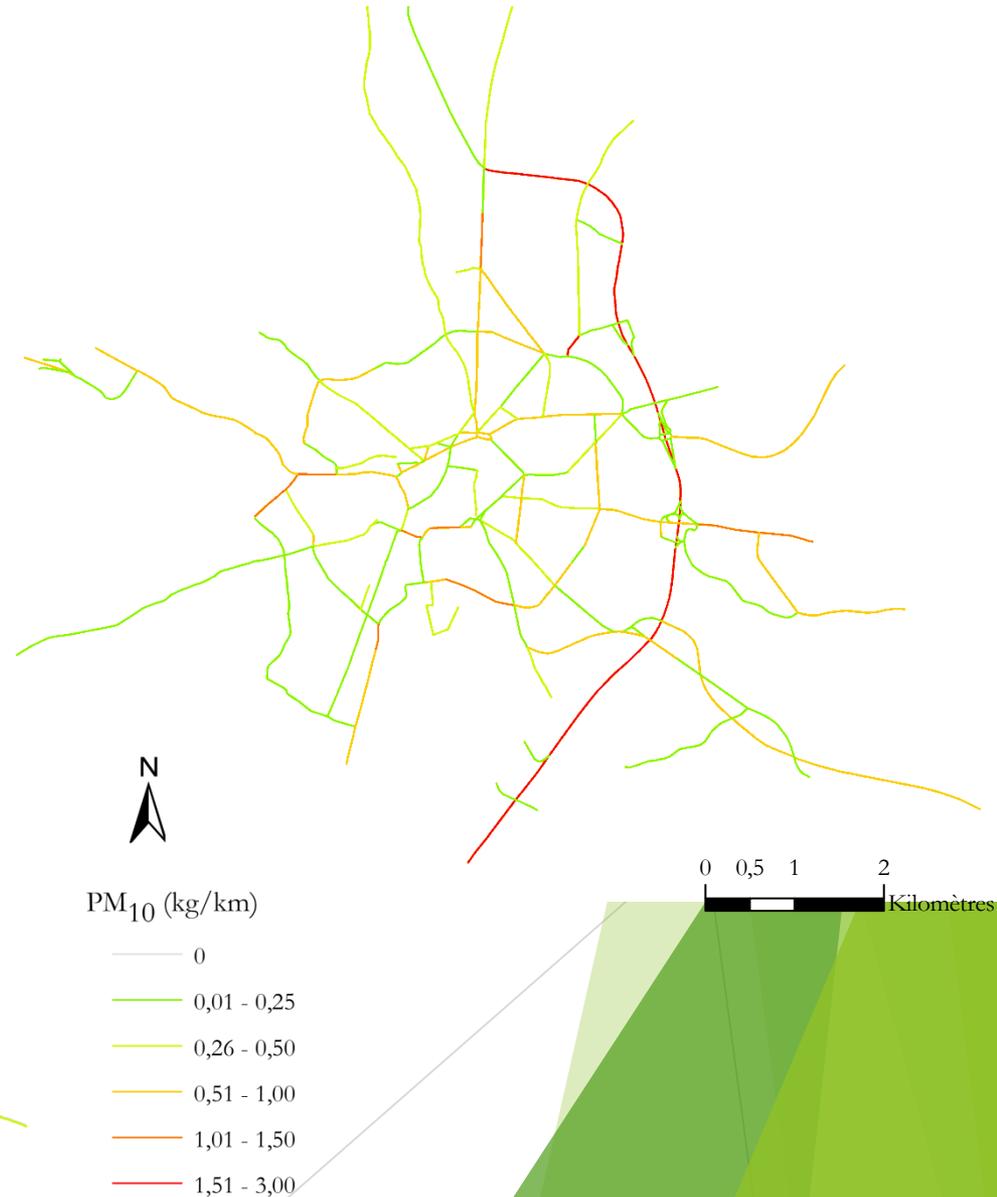
LES ÉMISSIONS DE PARTICULES : PM₁₀

Vocation Réseau	PM ₁₀ (kg/km)		
	ATMOSF'Air	Simulation	Taux d'évolution depuis ATMOSF'Air
Ensemble	0,569	0,217	+162,57
Liaisons locales	0,339	0,135	+151,19
Liaisons principales	0,474	0,867	-45,26
Liaison régionales	0,372	0,519	-28,27

Simulation du trafic

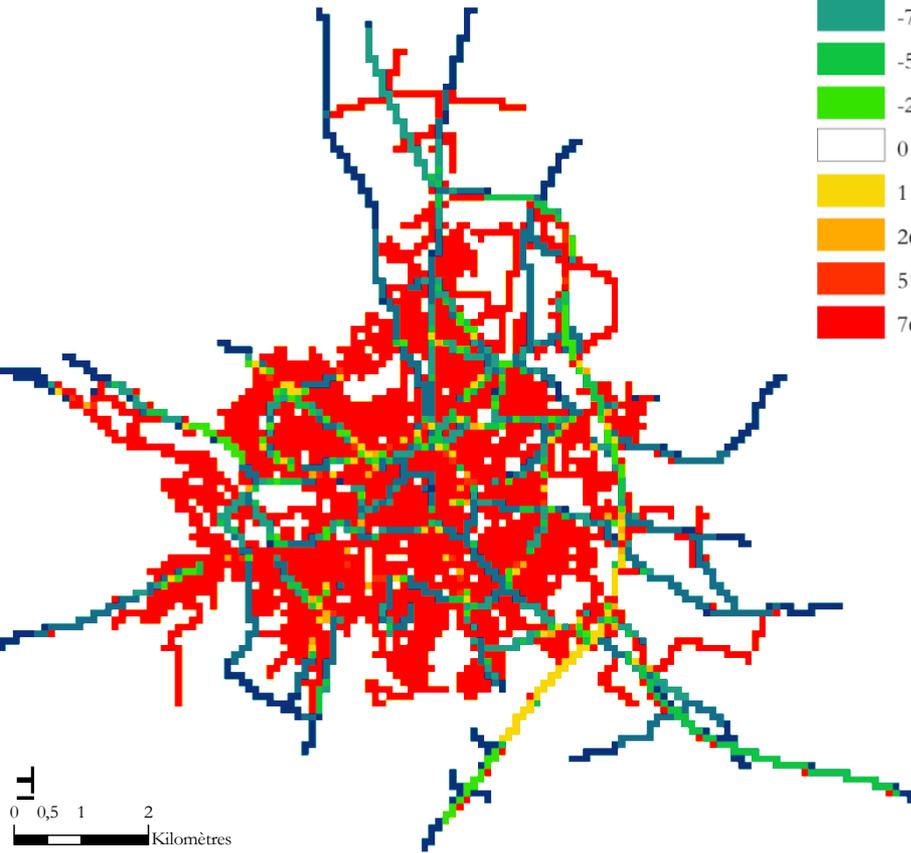


ATMOSF'Air Bourgogne



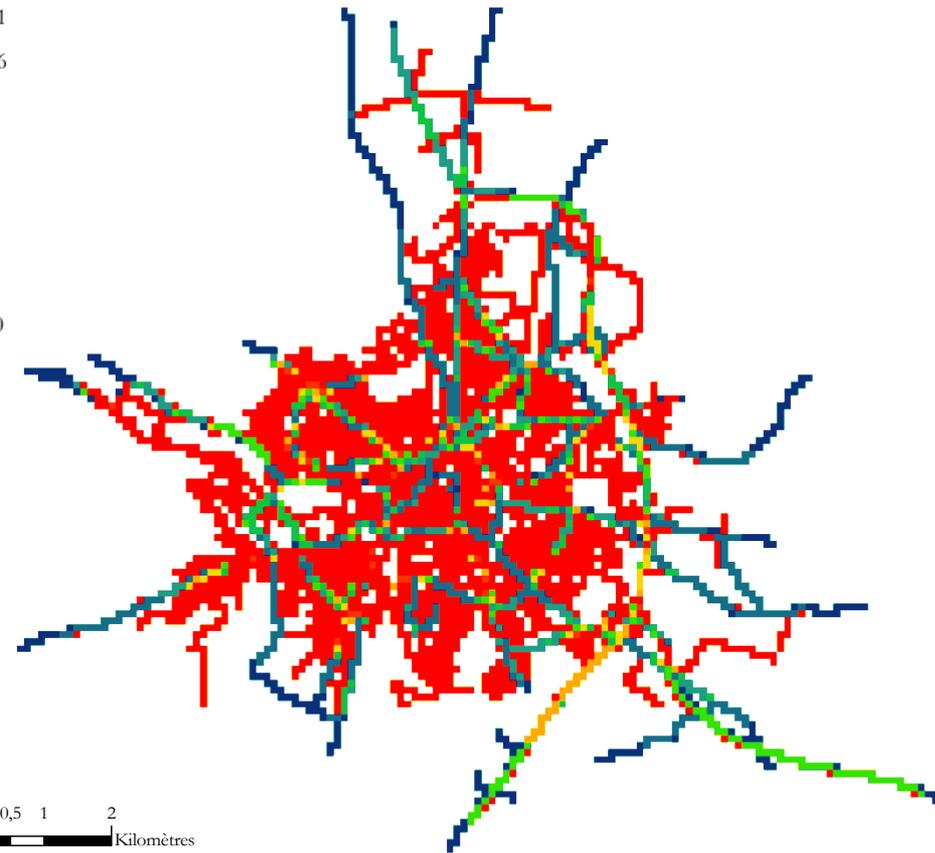
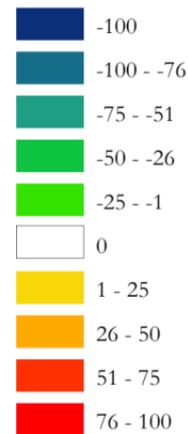
LES ÉMISSIONS DE POLLUANTS

Evolution des estimations de NO_x depuis les données
ATMOSF'Air Bourgogne
(Maille de $100 \times 100 \text{m}$)



Evolution des estimations de PM_{10} depuis les données
ATMOSF'Air Bourgogne
(Maille de $100 \times 100 \text{m}$)

Taux d'évolution (%)



Formule :

$$\frac{\text{Simulation} - \text{ATMOSF'Air}}{\text{ATMOSF'Air}}$$

ATMOSF'Air

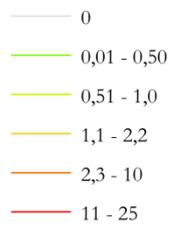
LES ÉMISSIONS DE POLLUANTS

Evolution des estimations de NO_x depuis les données ATMOSF'Air Bourgogne

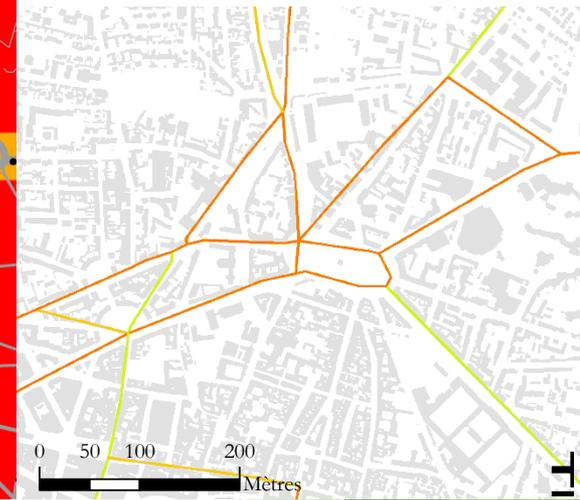
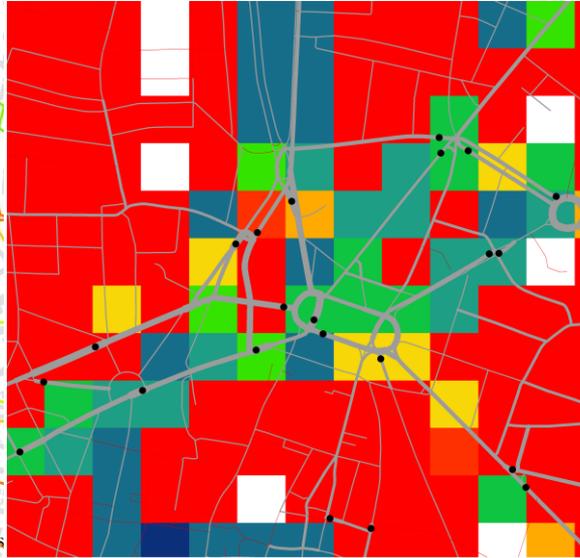
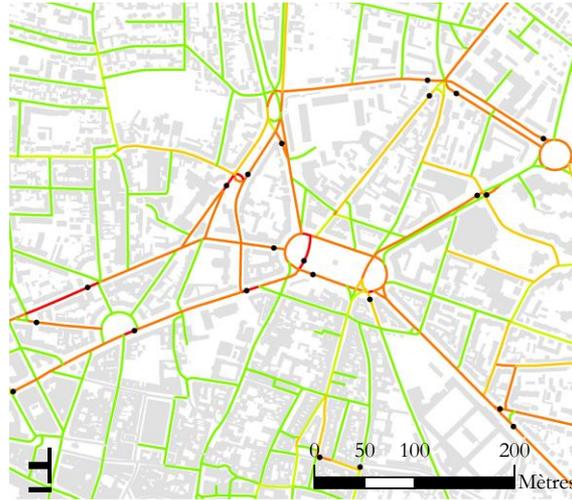
Simulation du trafic

ATMOSF'Air Bourgogne

NO_x (kg/m)



Taux d'évolution (%)

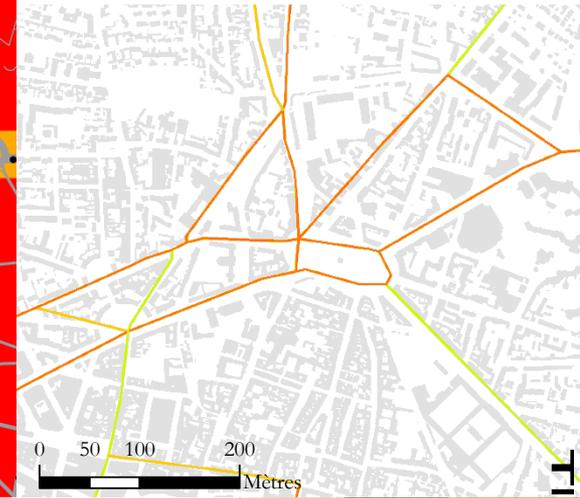
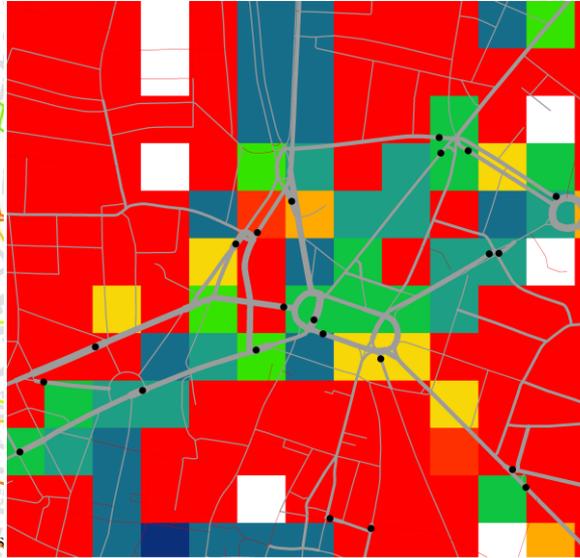
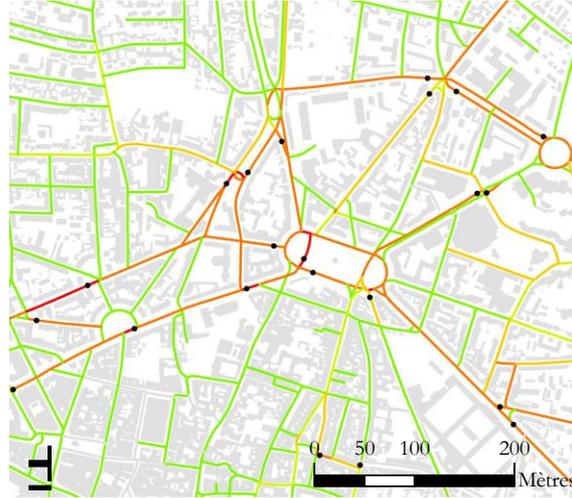
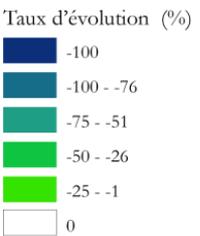
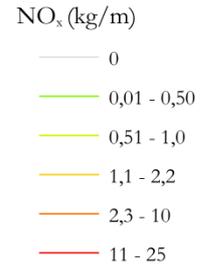


LES ÉMISSIONS DE POLLUANTS

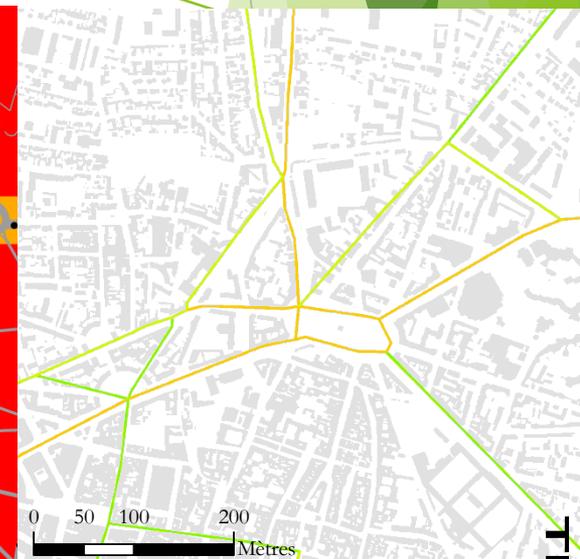
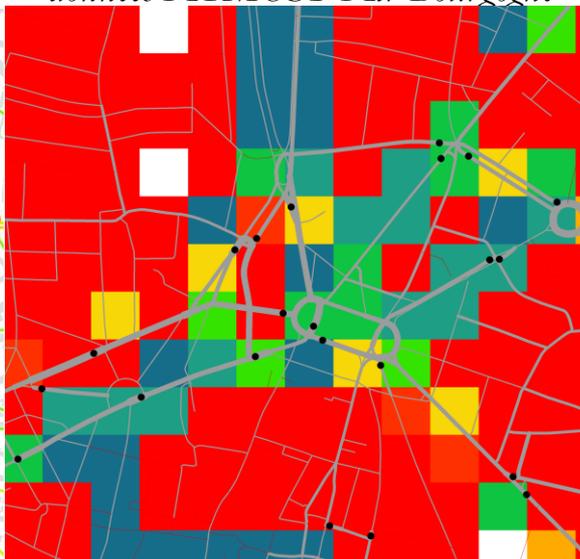
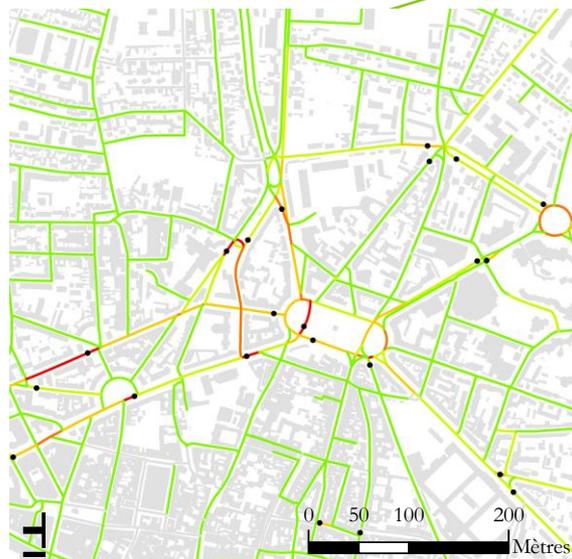
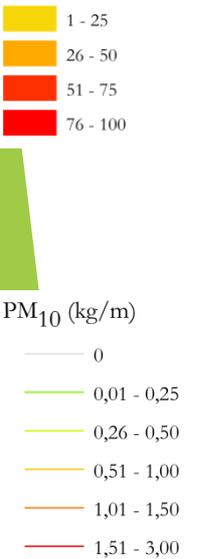
Evolution des estimations de NO_x depuis les données ATMOSF'Air Bourgogne

Simulation du trafic

ATMOSF'Air Bourgogne



Evolution des estimations de PM₁₀ depuis les données ATMOSF'Air Bourgogne



CONCLUSION

Une modélisation en trois étapes pour un processus allant "**De la donnée d'observation à la donnée environnementale** "

1. **STRUCTURATION : Pré-traitements et validation** des jeux de données
2. **COMPRÉHENSION ET OBSERVATION** : Insertion des données **via les SMA pour reproduire les mouvements** du trafic routier

Une simulation des données de trafic à analyser en deux temps :

COHERENCES TEMPORELLES ET SPATIALES

Temporelle : Une bonne conservation du signal des comptages routiers

Spatiale : Mieux appréhender la fréquentation des axes sur deux dimensions
→ Plus de difficultés

Les améliorations :

- Intégrer la friction entre les véhicules : Courbe Débit/Vitesse
- Explorer les matrices d'affectation : Choix des routes

↓
3. **EVALUATION : Un modèle adapté aux besoins des AASQA**

- Etablir une meilleure comparaison des sorties (maillage)
- Explorer d'autres sorties du simulateurs
- Une perspective d'évolution → intégrée COPERT au simulateur



MERCI DE VOTRE ATTENTION

justin.emery@u-bourgogne.fr