

MODÈLE MULTIMODAL DÉSAGRÉGÉ DE LA MÉTROPOLE ROUEN NORMANDIE

CARACTÉRISTIQUES, EXEMPLES D'UTILISATION ET PERSPECTIVES

LES RENCONTRES DE LA MODÉLISATION DES DÉPLACEMENTS
SESSION 3 : MODÈLES ET NOUVELLES MOBILITÉS

MARNE-LA-VALLÉE
MARDI 16 MAI 2023

Laurent GUIMAS **Explain**
Guillaume CZURA **Métropole Rouen Normandie**



■ CONTEXTE

- **CONTEXTE ET PARTENARIATS**
- **PÉRIMÈTRE DE MODÉLISATION**
- **INTÉGRATIONS, MODULE COMPLÉMENTAIRE**

■ ASPECTS TECHNIQUES

- **QUELQUES SPECIFICITES TECHNIQUES**
- **GÉNÉRATION PAR MICROSIMULATION**
- **MODÉLISATION DES PARCS RELAIS**
- **MODÉLISATION VÉLO**

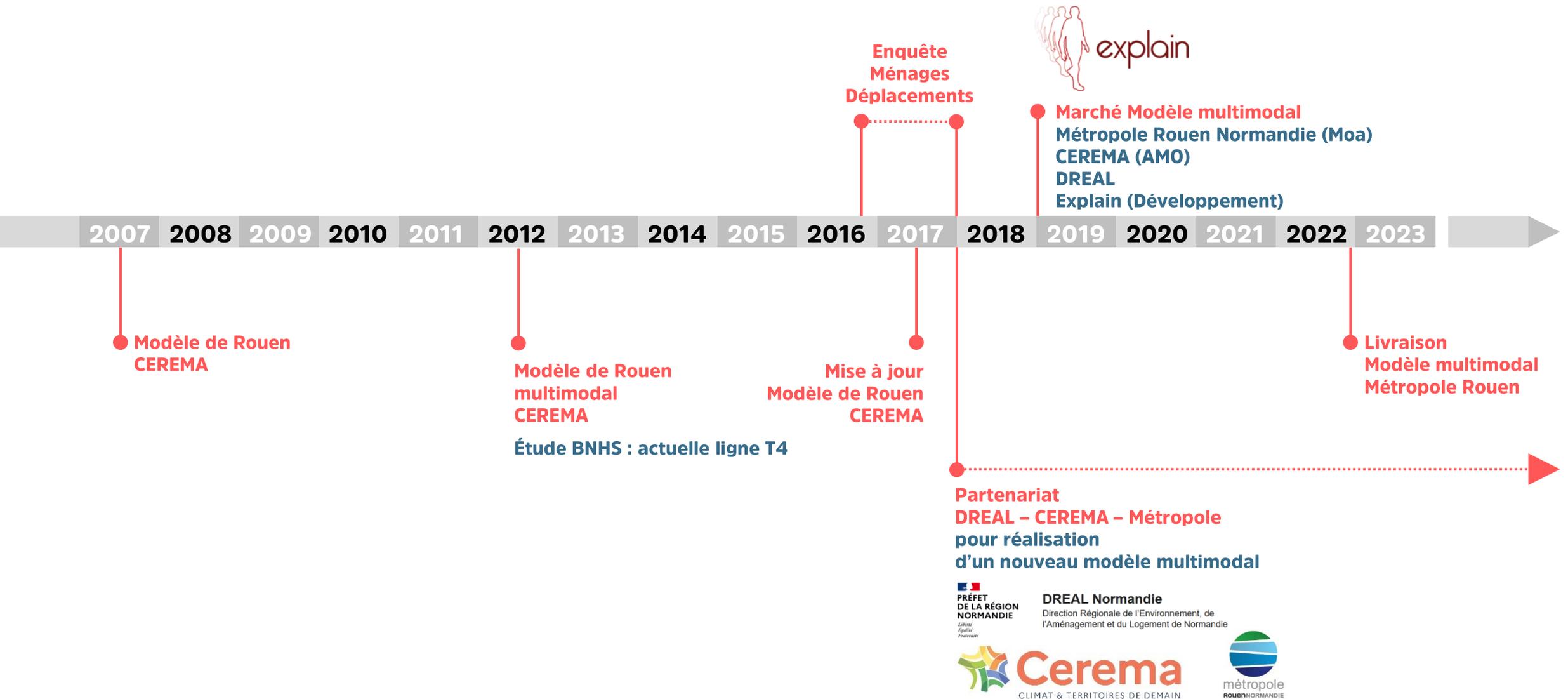
■ EXEMPLES D'UTILISATION

- **AFFECTATION CYCLABLE**
- **MODULE ZFE-m**
- **TESTS DE SENSIBILITÉ MULTI-ACTIONS**

■ PERSPECTIVES

CONTEXTE

DU MODÈLE DU CEREMA DE ROUEN AU MODÈLE MULTIMODAL PARTENARIAL



CONTEXTE
PÉRIMÈTRE DE MODÉLISATION



CONTEXTE

PÉRIMÈTRE DE MODÉLISATION

MÉTROPOLE

- 71 communes
- ≈ 500 000 habitants



CONTEXTE

PÉRIMÈTRE DE MODÉLISATION

MÉTROPOLE

ENQUÊTE MÉNAGES – DÉPLACEMENTS

- Aire urbaine de Rouen + commune du Trait + CA Seine-Eure
- Plus de 10 000 personnes enquêtées
 - Appartenant à plus de 5 000 ménages
- 720 000 hab.
- **2,43 millions de déplacements** (redressés)



CONTEXTE

PÉRIMÈTRE DE MODÉLISATION

MÉTROPOLE

ENQUÊTE MÉNAGES – DÉPLACEMENTS

SECTEUR YVETOT

- Communauté de communes Yvetot Normandie
- Bassin de vie d'Yvetot
- Gare d'Yvetot



CONTEXTE

PÉRIMÈTRE DE MODÉLISATION

MÉTROPOLE

ENQUÊTE MÉNAGES – DÉPLACEMENTS

SECTEUR YVETOT

COMMUNE NOUVELLE RIVES-EN-SEINE

- Fusion des communes de Saint-Wandrille-Rançon, Caudebec-en-Caux, Villequier



CONTEXTE

PÉRIMÈTRE DE MODÉLISATION

MÉTROPOLE

ENQUÊTE MÉNAGES – DÉPLACEMENTS

SECTEUR YVETOT

COMMUNE NOUVELLE RIVES-EN-SEINE

350 COMMUNES

Découpage EMD

 périmètre EMD

Extensions par rapport à l'EMD

 CC Yvetot Normandie

 bassin de vie d'Yvetot

 intégralité de la commune de Rives-en-Seine*

Découpage administratif

 Métropole Rouen Normandie



*Rives-en-Seine = fusion des anciennes communes de Caudebec-en-Caux, Villequier et Saint-Wandrille-Rançon. Seule la dernière a été enquêtée lors de l'EMD 2017.

■ CONTEXTE

■ MEILLEURE PRISE EN COMPTE DE CERTAINS MODES ET MODULE COMPLÉMENTAIRE

RECUEIL COMPLÉMENTAIRE

- Interrogation sur le développement de l'**intermodalité** et de l'usage du **vélo** à l'échelle du territoire de la Métropole
- Modèle sensible à l'évolution de ces pratiques
- Réalisation d'une **enquête de préférences révélées/déclarées** sur l'intermodalité (VP+TCU et VP+Fer) et le vélo

OBJECTIFS ENQUÊTES

- Objectif enquête intermodalité : comprendre les raisons qui poussent les individus à choisir entre **VP** ou un **déplacement intermodal**
- Objectif enquête vélo : alimenter le **choix modal** et le paramétrage de l'étape d'**affectation**

MODULE COMPLÉMENTAIRE ZFE-m

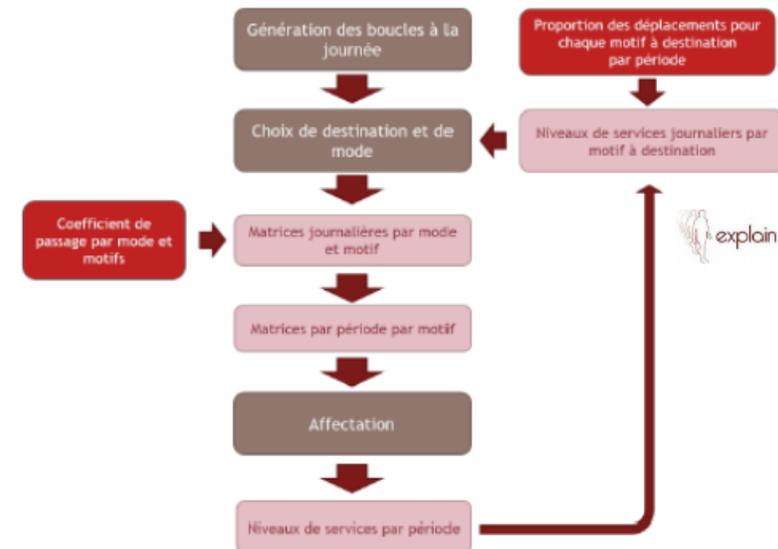
- Réflexions sur la mise en place d'une ZFE-m
- Développement d'un module avec classification des véhicules par vignettes Crit'Air

LE MODELE

INTRODUCTION

QUELQUES SPECIFICITES TECHNIQUES

- Un modèle de demande totalement désagrégé, c'est-à-dire centré sur les individus (et non sur les zones). On améliore par là la qualité des résultats classiques mais également le domaine de validité du modèle en prospective ;
- Un code ouvert car codé en Python
- Un module de génération basé sur une logique de micro-simulation
- Un module de choix joint de mode et de destination désagrégé dans lequel calibrage et implémentation se font selon les mêmes principes et sans échantillonnage des alternatives
- La journée est entièrement couverte et les niveaux de services d'une période influent sur les choix de mode des autres périodes.



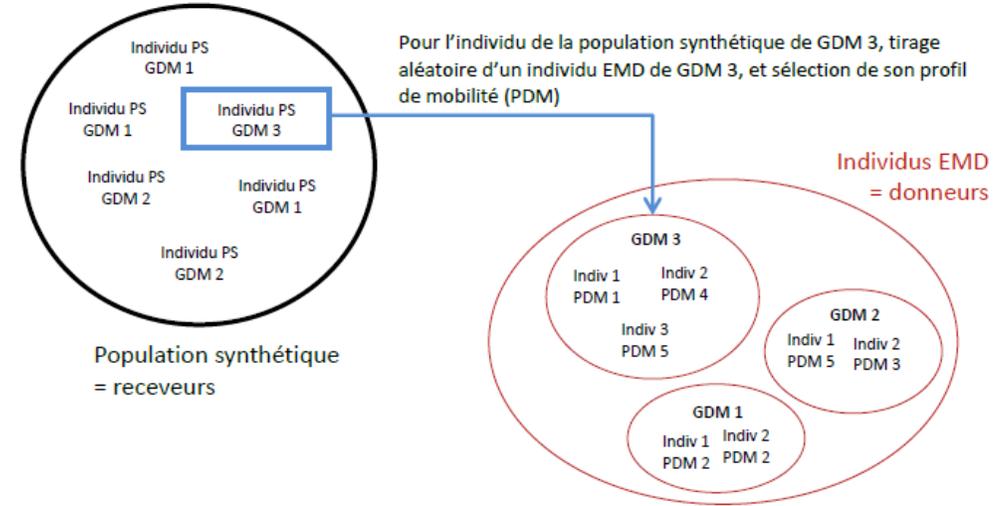
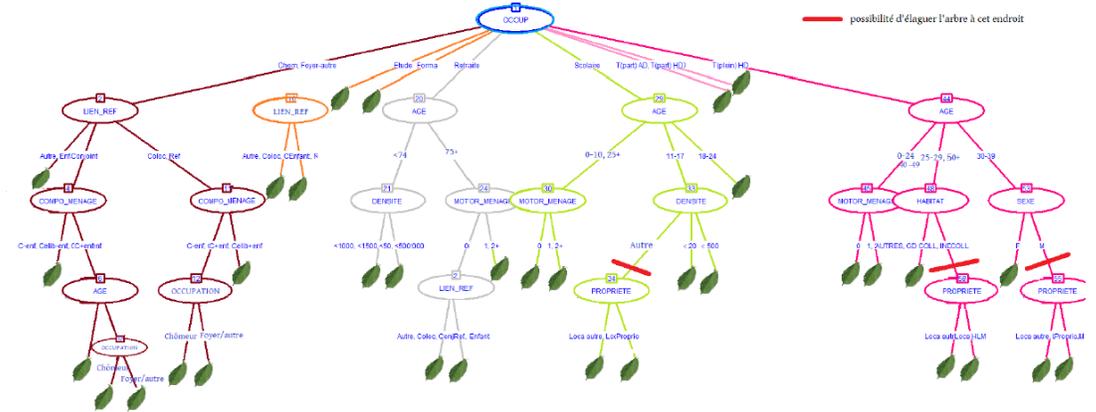
LE MODELE

La génération par micro-simulation (LAET©)

PRINCIPES

- Segmentation de la population en groupes de mobilité en fonction du comportement en termes de génération de boucles de déplacement ;
- Création d'une population synthétique ;
- Application d'une méthode dite de micro-simulation : pour chaque individu de la population synthétique, un individu « donneur » est tiré dans l'EMD (parmi les individus EMD appartenant au même groupe de mobilité que l'individu « receveur »). Il est ensuite supposé que l'individu receveur va réaliser les mêmes chaînes de déplacements que l'individu « donneur ».

➔ On dispose *in fine* pour chaque individu de la population synthétique d'un profil de mobilité complet : nombre de boucles et motif à destination de chacun des déplacements de chaque boucle



■ LE MODELE

■ La génération par micro-simulation (LAET©)

AVANTAGES

- **Méthode sans calage :**
 - Facilité de mise jour suite à la mise à disposition de nouvelles enquêtes (idéal dans le cas d'enquête plus légère mais plus régulière, ou avec un focus sur une population en particulier)
 - Ici appliqué pour élargir le périmètre du modèle au bassin de vie d'Yvetot ; Utilisé en Auvergne Rhône-Alpes pour ajouter l'Auvergne au périmètre rhônalpin initial dans l'attente d'une enquête globale
- **Conservation, sans simplification préalable, de l'intégralité des types de chaînes de déplacements** (améliore nettement le choix modal)
- Permet de **segmenter finement la population** en faisant aisément évoluer cette segmentation. Sont retenues en première instance :
 - Variables les plus explicatives des profils de mobilité ;
 - Variables que l'on souhaite introduire dans les modèles de choix de destination et/ou de mode ;
 - Variables qui sont le plus susceptibles d'évoluer dans le futur pour rendre compte de l'évolution des structures socio-démographiques. On pense ici directement à la question du télétravail pour lequel on pourra distinguer les groupes de populations et les influences sur les chaînes de déplacements

LE MODELE

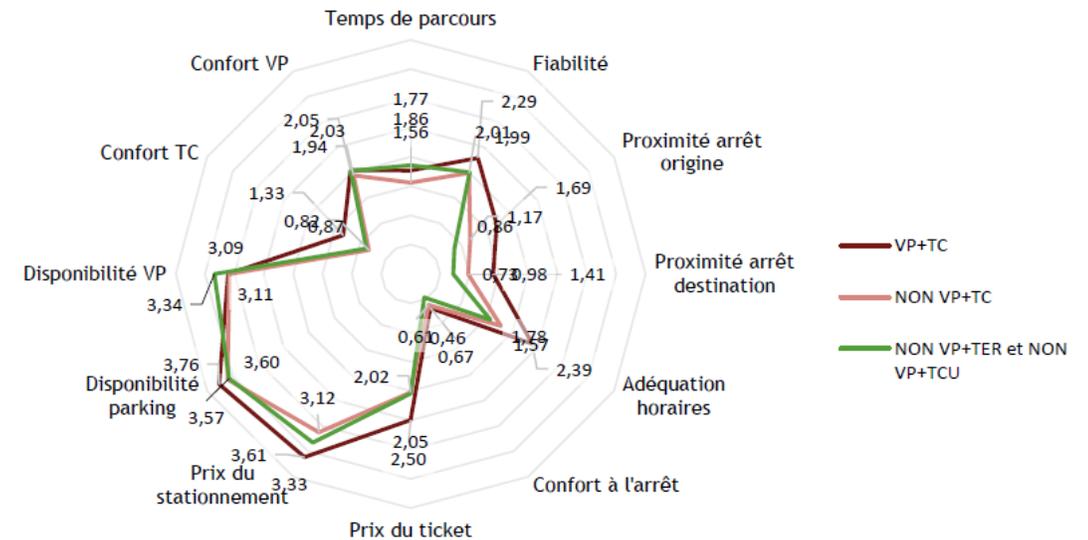
Prise en compte des P+R

QUELQUES MOTS SUR L'ENQUETE

- Une enquête RP complétée d'un volet SP, précédée de la tenue de focus group pour mieux identifier les valeurs importantes, la forme des questions et les valeurs seuils
- Un questionnaire SP (Stated Preference) portant uniquement sur le choix modal entre un trajet en VP Pur et un trajet VP + TCU via un P+R
- Les variables retenues intègrent toujours le temps porte à porte mais également des éléments de stationnement et de fréquence des TC pour les P+R
- **On distingue les motifs, en accord avec l'EMD et le modèle**

EXPLOITATION DE L'ENQUETE

- Estimation mêlant EMD et SP dans le cadre d'un traitement simultané dans BIOGEME (ajout d'un facteur d'échelle)



Voiture bout en bout	
Prix du parking en ville	2 €
Disponibilité des places	Souvent disponibles (entre 1 et 3 mn de recherche)
Temps porte à porte	20 minutes

Parking relais	
Fréquence du transport	Un service toutes les 3 mn
Risque de saturation du parking	Très rarement saturé (1 fois sur 20)
Temps porte à porte	30 minutes

Voiture bout en bout	
Prix du parking en ville	15 €
Disponibilité des places	Souvent disponibles (entre 1 et 3 mn de recherche)
Temps porte à porte	45 minutes

Parking relais	
Fréquence du transport	Un service toutes les 12 mn
Risque de saturation du parking	Très rarement saturé (1 fois sur 20)
Temps porte à porte	55 minutes

LE MODELE

Prise en compte des P+R

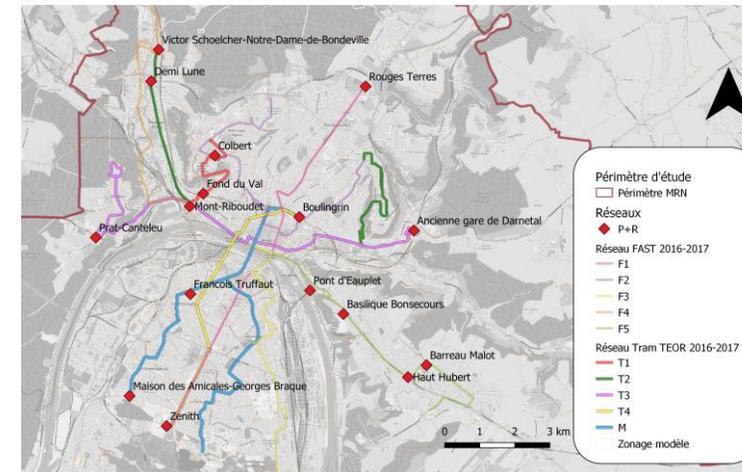
IMPLEMENTATION DANS LE MODELE

- Ajout d'un mode nouveau dans le choix modal
- Ajout de zones ponctuelles spécifiques « P+R » reliées au réseau routier et au réseau TC
- On rend compte de la capacité du P+R via une courbe « débit/vitesse » fictive matérialisant le temps de recherche d'une place de stationnement.
- **On intègre la question des taux d'occupation par motif pour convertir chaque voiture en plusieurs passagers TC.**
- **On vérifie la qualité de la reconstitution en comparant aux comptages (uniquement à ce stade)**

PERSPECTIVES

- Codification relativement simple d'un nouveau P+R
- Cette méthode pourrait être répliquée pour intégrer le covoiturage via des aires spécifiques

Modèle Multimodal de déplacements de la Métropole Rouen Normandie
Localisation des Parkings Relais



P+R	Moyenne comptages		Modèle (2017)	Différence
	Capacité	2017		
Barreau Malot	40	16	20	5
Basilique Bonsecours	100	16	15	-1
Boulingrin	35	35	31	-4
Demi-Lune	60	50	51	0
Fond du Val	40	40	0	
François Truffaut	100	41	46	5
Gare de Darnetal	40	3	22	18
Haut Hubert	29	16	16	0
Maison des amicales	60	8	7	-1
Mont Riboudet	881	750	738	-11
Place Colbert	30	14	26	11
Place Prat	20	14	18	4
Pont d'Eauplet	34	25	43	18
Rouges Terres	120	73	73	0
Victor Schoelcher	35	24	10	-14
Zénith	150	1	69	68
TOTAL	1774	1125	1184	

LE MODELE

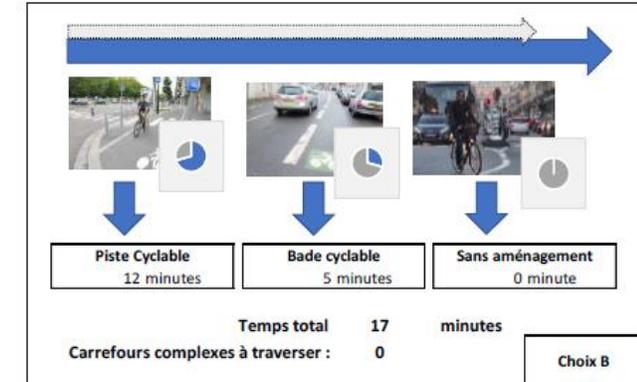
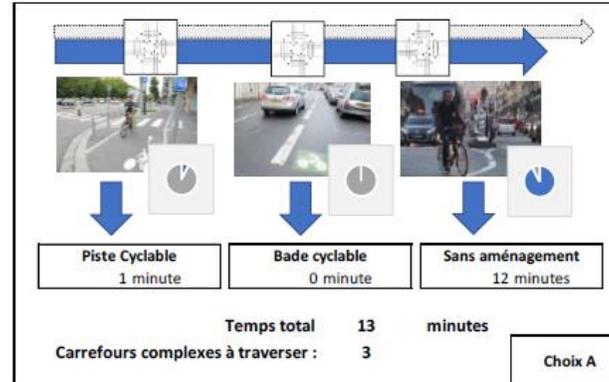
Introduction du vélo

QUELQUES MOTS SUR L'ENQUETE

- Une enquête RP complétée d'un volet SP, précédée de la tenue de focus group pour mieux identifier les items, la forme des questions (dont le visuel) et les valeurs seuils
- Un questionnaire SP (Stated Preference) portant uniquement sur le choix d'itinéraire et non le choix modal. L'idée est ici de pouvoir ajuster les paramètres nécessaires pour l'affectation et ainsi de calculer des niveaux de services multi-chemins pour calibrer le choix modal.
- **On distingue les différents types d'aménagements linéaires ainsi que les carrefours**

EXPLOITATION DE L'ENQUETE

- Estimation sur la seule SP via BIOGEME



$$CG_{vélo} = Coef_{piste} \times Temps_{piste} + Coef_{bande} \times Temps_{bande} + Coef_{route} \times Temps_{route} + Coef_{carrefour} \times NB_{carrefour}$$

$$Probabilité\ de\ choisir\ l'itinéraire\ 1 = P_1 = \frac{e^{CG_{itinéraire\ 1}}}{e^{CG_{itinéraire\ 1}} + e^{CG_{itinéraire\ 2}}}$$

$$Probabilité\ de\ choisir\ l'itinéraire\ 2 = P_2 = 1 - P_1 = \frac{e^{CG_{itinéraire\ 2}}}{e^{CG_{itinéraire\ 1}} + e^{CG_{itinéraire\ 2}}}$$

Coefficient	Valeur	p-value
Coef_piste	-0.0335	0
Coef_bande	-0.0323	0
Coef_route	-0.0796	0
Coef_carrefour	-0.0827	0

■ EXEMPLES D'UTILISATION

■ AFFECTATION VÉLO ET MODULE ZFE-m

INTÉGRATION POUR OFFRIR UN ÉCLAIRAGE : AFFECTATION VÉLO

- Intégration du réseau cyclable dans le modèle
- Affectation à titre exploratoire : les résultats des affectations vélo offrent un **éclairage** à manipuler avec précautions mais **ne sont pas des éléments d'aide à la décision**

EXEMPLES D'UTILISATION

■ INTÉGRATION POUR OFFRIR UN ÉCLAIRAGE : L'AFFECTATION VÉLO

SCÉNARIO A (Référence)

Codification du réseau cyclable **actuel**

SCÉNARIO B

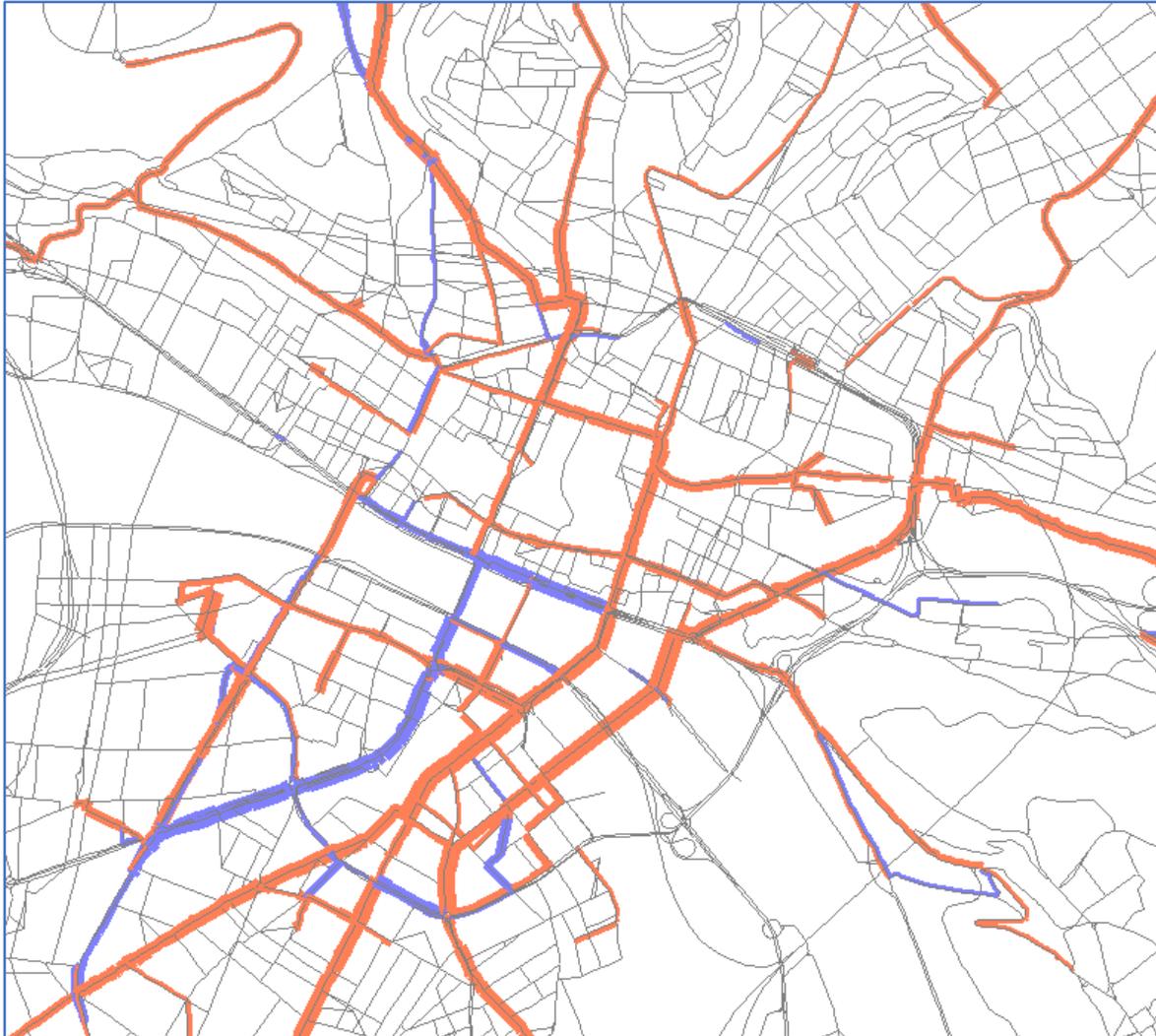
Codification d'un réseau cyclable **structurant**

Les données présentées sont théoriques et ne représentent pas la réalité ; elles ont été créées pour la réalisation de cette illustration.

EXEMPLES D'UTILISATION

INTÉGRATION POUR OFFRIR UN ÉCLAIRAGE : L'AFFECTATION VÉLO

DIFFÉRENCE SCÉNARIO A vs. SCÉNARIO B



SCÉNARIO A (Référence)

Codification du réseau cyclable **actuel**

SCÉNARIO B

Codification d'un réseau cyclable **structurant**

Les données présentées sont théoriques et ne représentent pas la réalité ; elles ont été créées pour la réalisation de cette illustration.

EXEMPLES D'UTILISATION

INTÉGRATION POUR OFFRIR UN ÉCLAIRAGE : L'AFFECTATION VÉLO

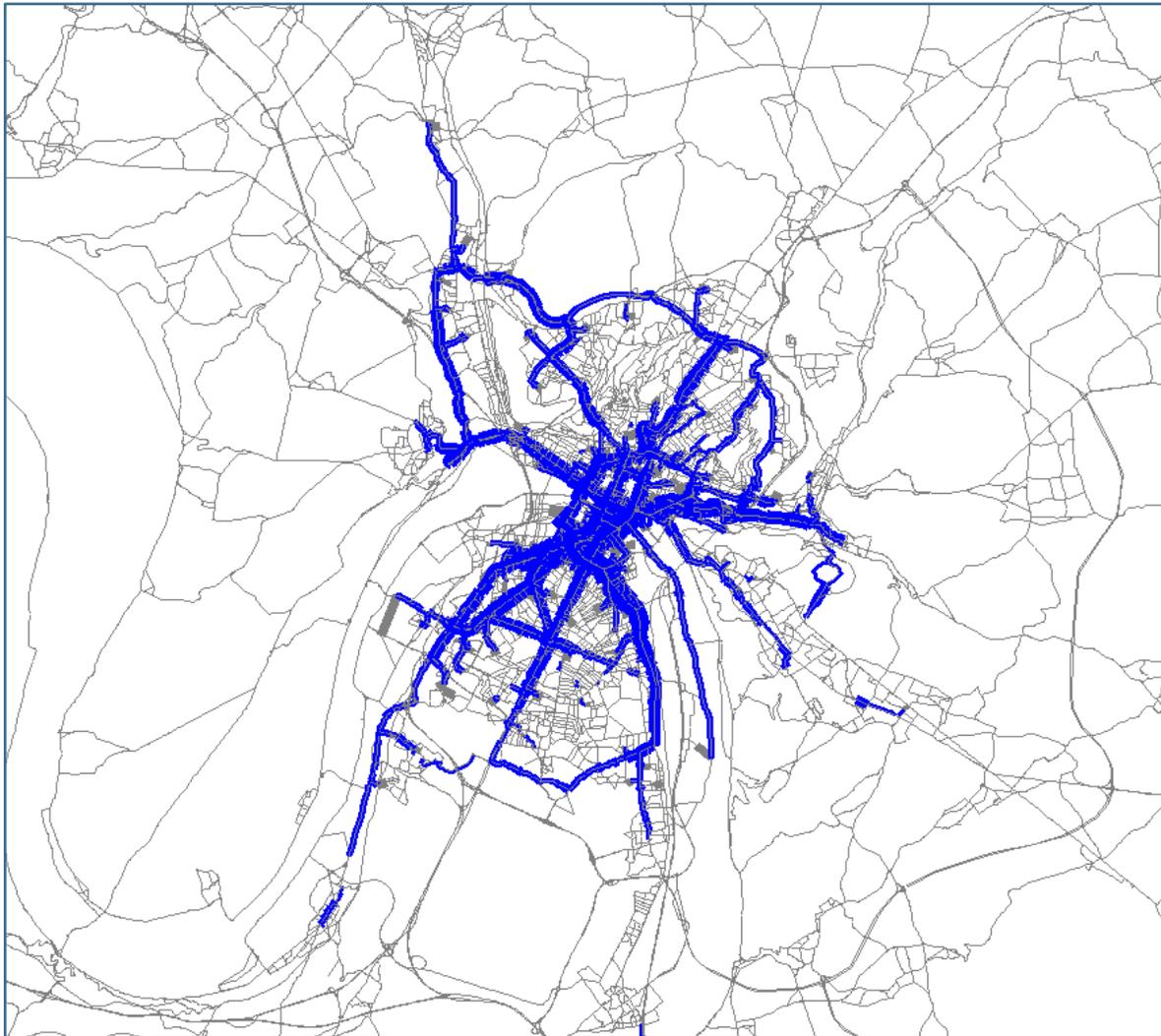
SCÉNARIO A (Référence)

Codification du réseau cyclable **actuel**

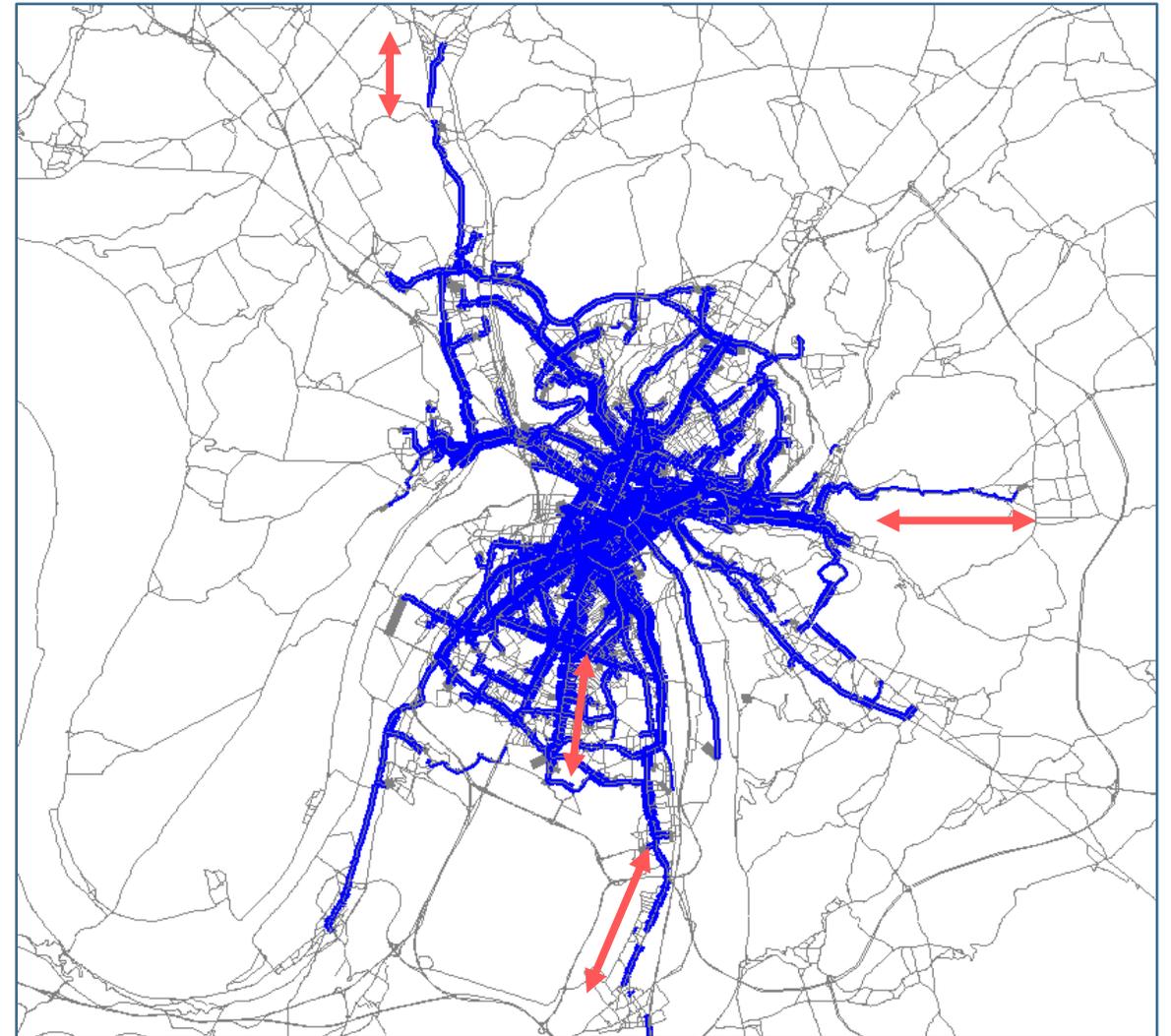
SCÉNARIO B

Codification d'un réseau cyclable **structurant**

SCÉNARIO A



SCÉNARIO B



Les données présentées sont théoriques et ne représentent pas la réalité ; elles ont été créées pour la réalisation de cette illustration.

EXEMPLES D'UTILISATION

INTÉGRATION POUR OFFRIR UN ÉCLAIRAGE : L'AFFECTATION VÉLO

SCÉNARIO A (Référence)

Codification du réseau cyclable **actuel**

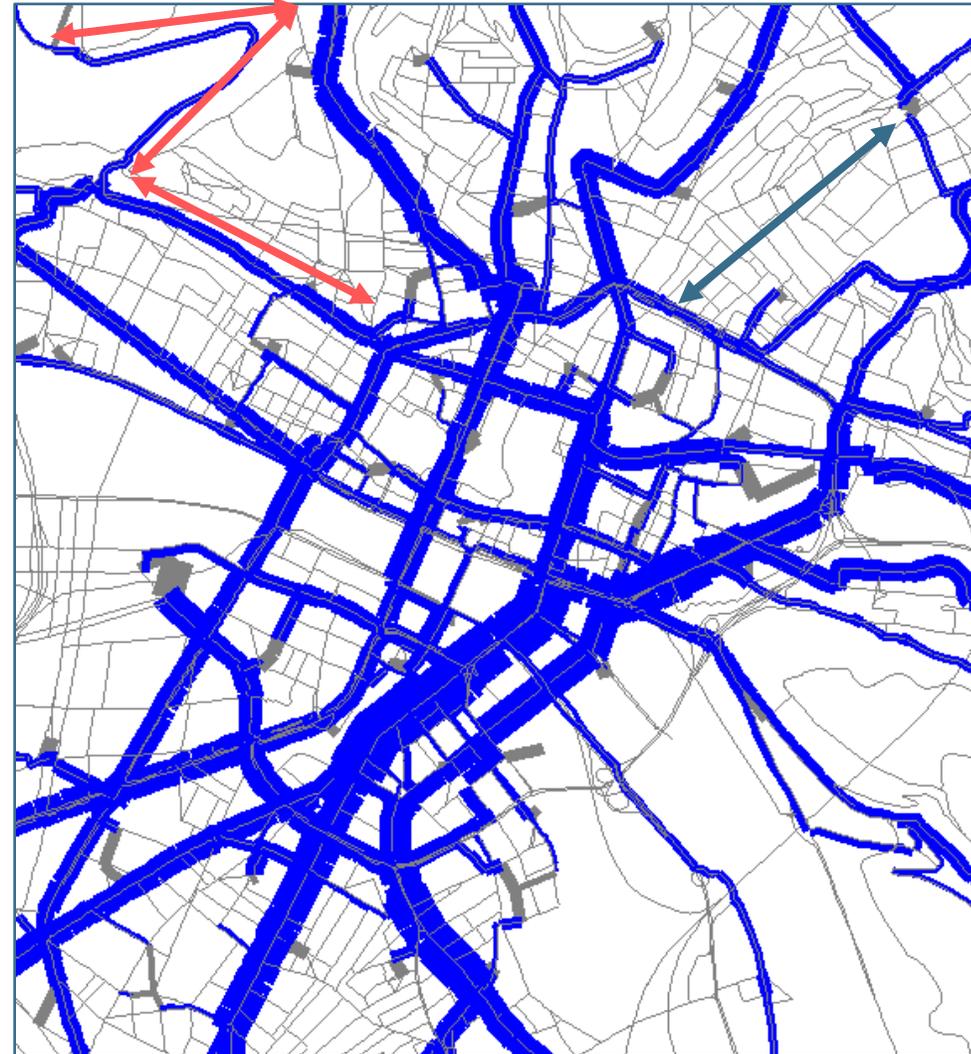
SCÉNARIO B

Codification d'un réseau cyclable **structurant**

SCÉNARIO A



SCÉNARIO B



EXEMPLES D'UTILISATION

INTÉGRATION POUR OFFRIR UN ÉCLAIRAGE : L'AFFECTATION VÉLO

UNE AFFECTATION SANS CALAGE

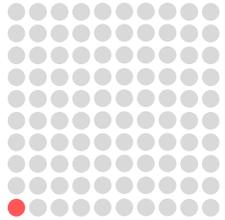
EXEMPLES D'UTILISATION

■ INTÉGRATION POUR OFFRIR UN ÉCLAIRAGE : L'AFFECTATION VÉLO

UNE AFFECTATION SANS CALAGE

EMD 2017

- Septembre 2016 – mars 2017
- Part modale du vélo : **1 %**



- 29 000 déplacements redressés en vélo sur la Métropole
- 250 déplacements enquêtés

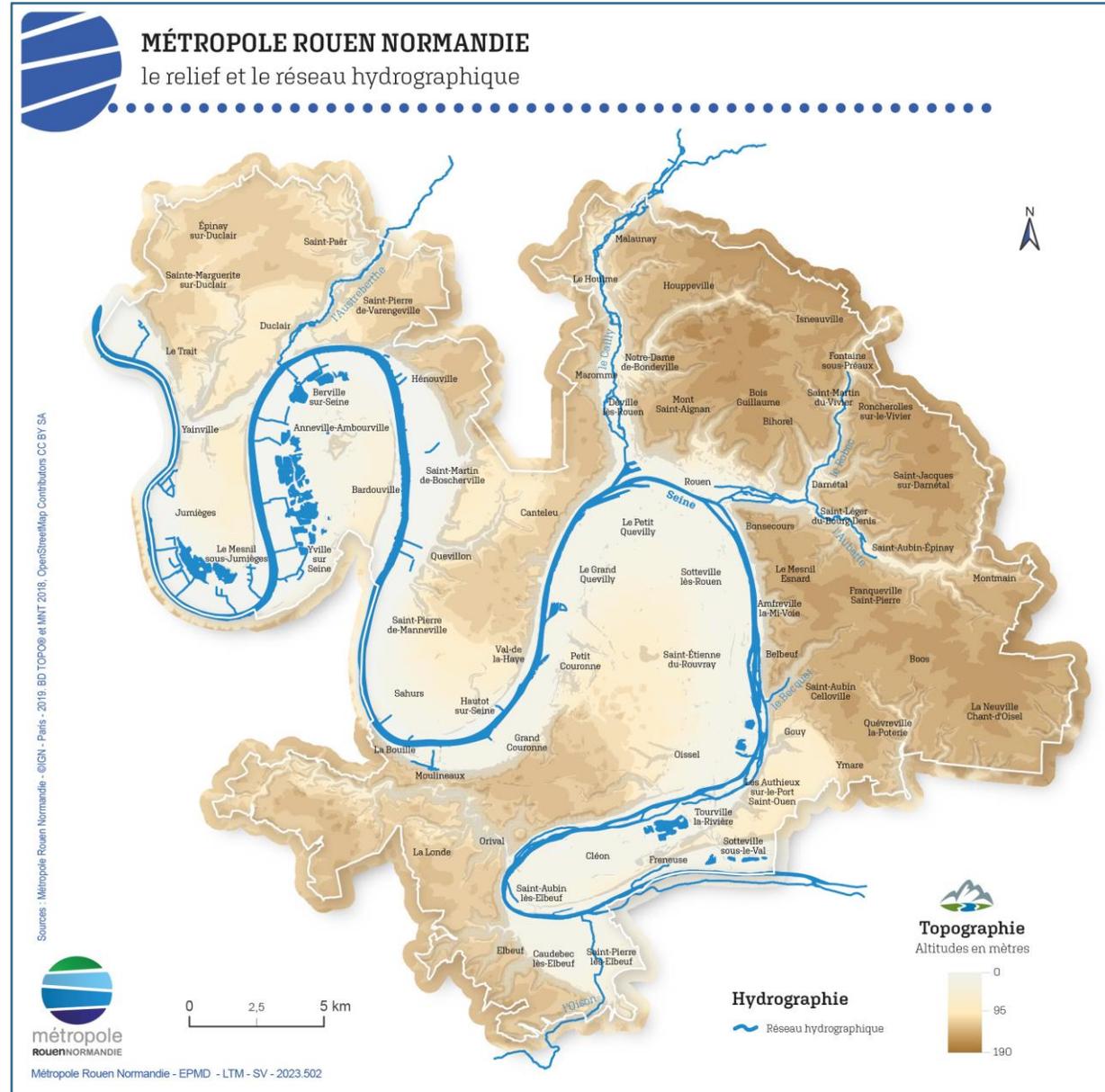
EXEMPLES D'UTILISATION

INTÉGRATION POUR OFFRIR UN ÉCLAIRAGE : L'AFFECTATION VÉLO

UNE AFFECTATION SANS CALAGE

EMD 2017

RELIEF



EXEMPLES D'UTILISATION

INTÉGRATION POUR OFFRIR UN ÉCLAIRAGE

UNE AFFECTATION

EMD 2017

RELIEF

PRATIQUES

- Motifs
- Matériel



EXEMPLES D'UTILISATION

INTÉGRATION POUR OFFRIR UN ÉCLAIRAGE : L'AFFECTATION VÉLO

UNE AFFECTATION SANS CALAGE

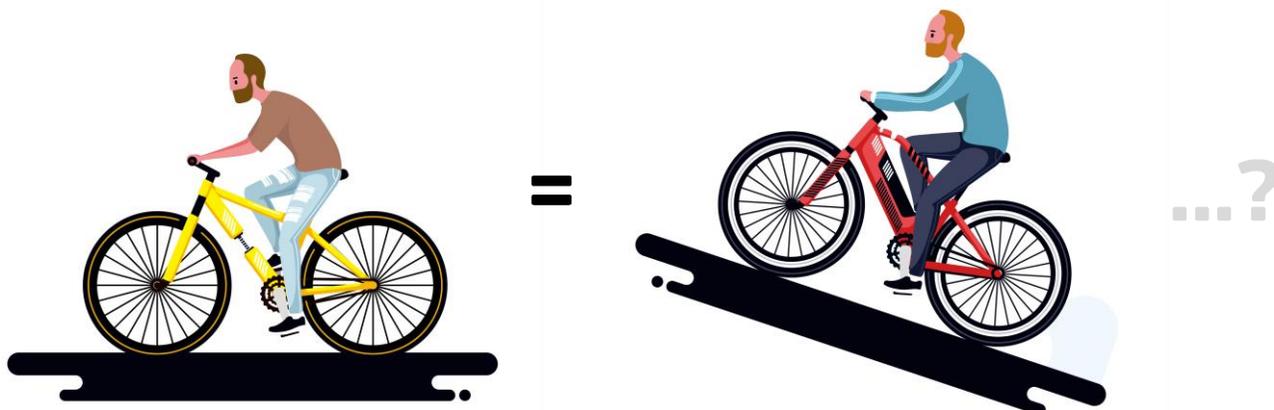
EMD 2017

RELIEF

PRATIQUES

HYPOTHÈSES SIMPLIFIÉES

- Pas d'impact du relief sur le déplacement
- Pas de différence entre les motifs
- Pas de différence entre les types de vélos



EXEMPLES D'UTILISATION

AFFECTATION VÉLO ET MODULE ZFE-m

INTÉGRATION POUR OFFRIR UN ÉCLAIRAGE : AFFECTATION VÉLO

INTÉGRATION POUR UNE AIDE À LA DÉCISION : MODULE ZFE-m

- Réflexions sur la mise en place d'une ZFE-m
- Développement d'un module avec classification des véhicules par vignettes Crit'Air

EXEMPLES D'UTILISATION

■ INTÉGRATION POUR UNE AIDE À LA DÉCISION : **MODULE ZFE-m**

UTILISATION DU MODULE ZFE-m DANS LE MODÈLE

- Définition d'un périmètre – Définition des voiries concernées
- Interdiction de circuler pour certains véhicules (VP + VUL + PL)
- Plusieurs cas de figure :
 - Vignettes autorisées : aucun impact
 - Déplacements en transit : changement d'itinéraire
 - Trafic VP interne / échange : changement de mode (réalisé par couple d'OD selon le poids relatif des parts modales observées dans la référence)
 - Garde-fou sur le VPP
 - Modes concernés : VP, VUL, PL

EXEMPLES D'UTILISATION

INTÉGRATION POUR UNE AIDE À LA DÉCISION : MODULE ZFE-m

UTILISATION DU MODULE ZFE-m DANS LE MODÈLE

TEST DE LA SENSIBILITÉ DU MODÈLE AVEC PRISE EN COMPTE D'UNE ZFE-m

SCÉNARIO A

ZFE-m sur 16 communes



SCÉNARIO B

ZFE-m sur 16 communes



SCÉNARIO C

ZFE-m sur 16 communes



Les données présentées sont théoriques et ne représentent pas la réalité ; elles ont été créées pour la réalisation de cette illustration.

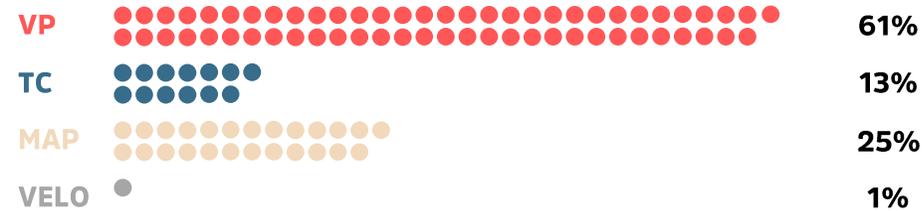
EXEMPLES D'UTILISATION

INTÉGRATION POUR UNE AIDE À LA DÉCISION : MODULE ZFE-m

UTILISATION DU MODULE ZFE-m DANS LE MODÈLE

TEST DE LA SENSIBILITÉ DU MODÈLE AVEC PRISE EN COMPTE D'UNE ZFE-m

SCÉNARIO A ZFE-m sur 16 communes



SCÉNARIO B ZFE-m sur 16 communes



SCÉNARIO C ZFE-m sur 16 communes



EXEMPLES D'UTILISATION

■ INTÉGRATION POUR UNE AIDE À LA DÉCISION : **MODULE ZFE-m**

UTILISATION DU MODULE ZFE-m DANS LE MODÈLE

TEST DE LA SENSIBILITÉ DU MODÈLE AVEC PRISE EN COMPTE D'UNE ZFE-m

LIMITES

- Non pris en compte :
 - Fraude
 - Dérogations
 - Stationnement en bordure de périmètre
- Parc prospectif VP, parc prospectif VUL, parc prospectif PL + renouvellement accéléré du parc

EXEMPLES D'UTILISATION

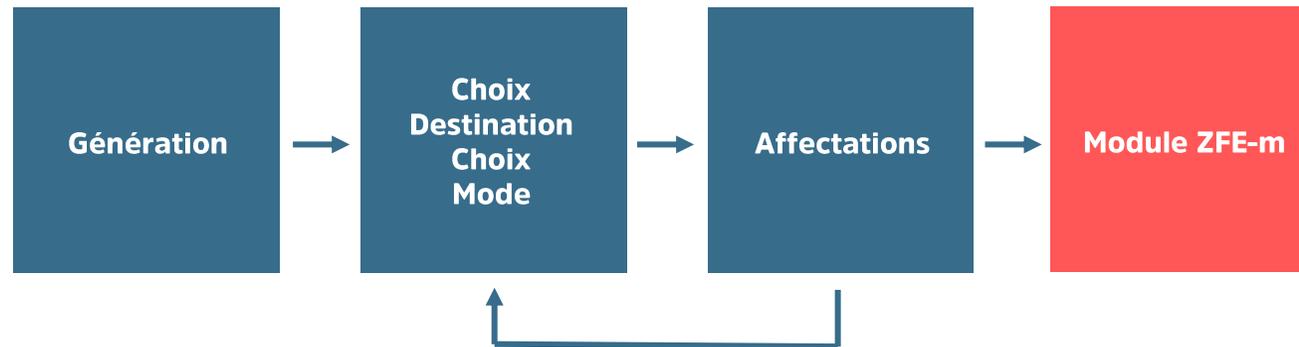
INTÉGRATION POUR UNE AIDE À LA DÉCISION : **MODULE ZFE-m**

UTILISATION DU MODULE ZFE-m DANS LE MODÈLE

TEST DE LA SENSIBILITÉ DU MODÈLE AVEC PRISE EN COMPTE D'UNE ZFE-m

LIMITES

POSITIONNEMENT DU MODULE ZFE-m



EXEMPLES D'UTILISATION

TESTS DE SENSIBILITÉ DU MODÈLE

TESTS D' ACTIONS UNE À UNE POUR COMPRENDRE LEURS EFFETS

- Stationnement : Réduction VP
- Réseau Viaire : ---
- Offre TC : ---
- Réseau cyclable : Résultats vs. objectifs
- ZFE-m : Réduction importante VP
- Actions cumulées : **Effet ZFE-m dominant**

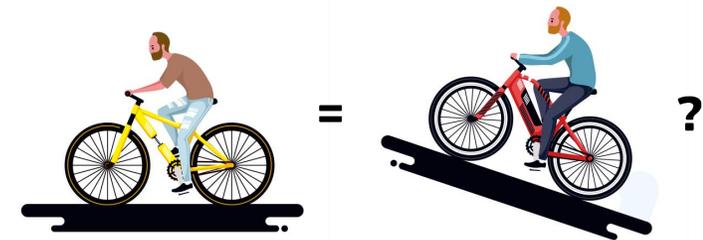
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

INTÉGRATION DES P+R

AFFECTATION VÉLO

AFFECTATION POUR OFFRIR UN ÉCLAIRAGE

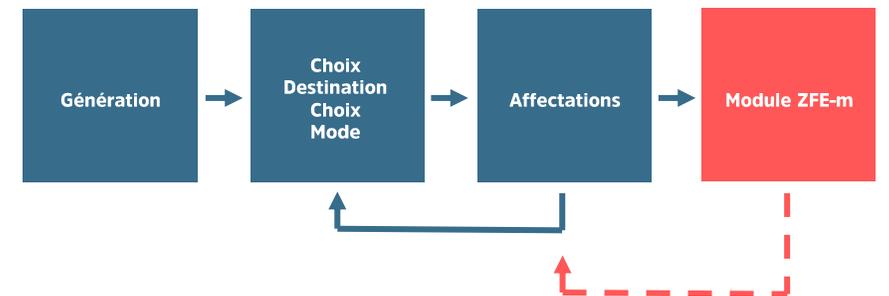
- Réflexion sur la validation des sorties du modèle
- Pistes :
 - Prise en compte de la déclivité
 - Prise en compte d'une typologie de vélos...?
 - Réflexion **méthode de validation** (ou de remise en question) de l'affectation vélo : comptages (caméras, Bluetooth,...)



MODULE ZFE-m

MODULE À DES FINS DÉCISIONNELLES

- Réflexion sur l'évolution du module
- Pistes :
 - Interrogation sur l'évolution des parcs, **notamment VP**
 - Intégration de l'**effet ZFE-m** déjà en place pour les horizons prospectifs
 - **Rebouclage** avec l'affectation



CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES : FUTURES SIMULATIONS ET ÉVOLUTIONS DU MODÈLE

VOIES RÉSERVÉES

EXPÉRIMENTATION VOIES RÉSERVÉES COVOITURAGE

- Étude sur l'impact d'une voie réservée, confiée au Cerema 
- Méthode simplifiée avec un nombre limité de paramètres pour
 - représenter l'évolution spatio-temporelle de la congestion
 - calculer les gains de temps
- Interfacer les méthodes ? Intégration dans modèle ? Méthode P+R : VP puis covoiturage

TRANSPORTS EN COMMUN

PRISE EN COMPTE DU MODE FERROVIAIRE COMME MODE URBAIN

- Part modale marginale dans le l'EMD
- Étude SNCF Réseau : Développement d'un **Service Express Métropolitain** : en cours, confiée à Explain
 - Enquête pour connaître : motif, origine, destination, mode, rabattement et diffusion
- Version évoluée du modèle :
 - Intégration trafic Gare de Rouen
 - Études sur potentielle Nouvelle Gare de Rouen



MERCI

Contacts :

Laurent GUIMAS
Guillaume CZURA

Explain
Métropole Rouen Normandie

lguimas@explainconsultancy.com
guillaume.czura@metropole-rouen-normandie.fr

