



HAL
open science

SILOGUES : SIMuler la LOGistique Urbaine dans son environnement Economique et Spatial

Elsa Le Van, Philippe Zuccarello, Florence Toilier, Jean-Louis Routhier,
Bernard Gérardin, Mathieu Gardrat

► **To cite this version:**

Elsa Le Van, Philippe Zuccarello, Florence Toilier, Jean-Louis Routhier, Bernard Gérardin, et al.. SILOGUES : SIMuler la LOGistique Urbaine dans son environnement Economique et Spatial. [Rapport de recherche] Rapport final de convention de subvention 12-MT-PREDIT04-6-CVS-036, LAET; GERARDIN Conseil; SOGARIS. 2016, pp.109. halshs-01727795

HAL Id: halshs-01727795

<https://shs.hal.science/halshs-01727795v1>

Submitted on 9 Mar 2018

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

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

SILOGUES

Simuler la **LOG**istique Urbaine dans son environnement **E**conomique et **S**patial

- Mai 2016 -

Rapport final



LABORATOIRE
AMÉNAGEMENT
ÉCONOMIE
TRANSPORTS

TRANSPORT
URBAN PLANNING
ECONOMICS
LABORATORY



UNIVERSITÉ
LUMIÈRE
LYON 2
UNIVERSITÉ DE LYON

GERARDIN CONSEIL



Cette recherche a été réalisée par le consortium

LAET - GERARDIN Conseil – SOGARIS

sous la direction scientifique et la coordination du LAET

Avec le concours d'Informatique Innovation et de ELV Mobilités



Informatique Innovation
Conseil et développement en informatique

Financement :

Ministère de l'Environnement, de
l'Énergie et de la Mer, dans le cadre du
PREDIT IV

Convention de subvention : 12-MT-PREDIT04-
6-CVS-036



Rédaction du rapport :

- Elsa LE VAN, ELV Mobilités
- Philippe ZUCCARELLO, Informatique Innovation
- Florence TOILIER, LAET
- Jean-Louis ROUTHIER, LAET
- Bernard GERARDIN, GERARDIN Conseil
- Mathieu GARDRAT, LAET

Ont également participé à ce projet :

- Guillaume BATTIAIA, LAET
- Christophe RIPERT, Sogaris
- Marc SEROUGE (Marc Serouge Consultant)

Remerciements à :

Danièle PATIER et Jesus GONZALEZ-FELIU, pour leur contribution.

Ainsi qu'Angeline OKONABENG EKOBEA, Axel AGOSSOU et Edouard PHILIPP dans le cadre de leur Master recherche « Transports Espace Réseaux » (Université Lyon 2 - ENTPE, 2015).

Sommaire

INTRODUCTION : ANTICIPER LES MUTATIONS POUR CONSTRUIRE LA VILLE DE DEMAIN ... 7

I - UNE APPROCHE PROSPECTIVE DES LIVRAISONS DE MARCHANDISES EN VILLE ET DE LA LOGISTIQUE URBAINE 9

1. DU DIAGNOSTIC A LA PROSPECTIVE..... 9
2. APPROCHE METHODOLOGIQUE POUR CONSTRUIRE LA PLATEFORME SILOGUES 10
 - 2.1. *La construction des scénarios de logistique urbaine : la comparaison de trois états* 10
 - 2.2. *Comprendre les relations de dépendance et d'interdépendance des variables de la logistique urbaine*..... 11
3. LE TRANSPORT DE MARCHANDISES ET LA LOGISTIQUE URBAINE SELON LES DIFFERENTS ACTEURS : QUATRE THEMATIQUES POUR ELABORER LES SCENARIOS 11
4. LES SORTIES DE SILOGUES : DES ELEMENTS PROSPECTIFS COMPARABLES ENTRE EUX POUR AIDER A LA DECISION EN FONCTION DES OBJECTIFS POURSUIVIS 13

II - SILOGUES : UNE PLATE-FORME FONDEE SUR LA MISE EN COHERENCE ET L'ENRICHISSEMENT DE DIFFERENTS OUTILS 15

1. LES ENTRETIENS AVEC LES ACTEURS DE LA LOGISTIQUE URBAINE 16
 - 1.1. *Contexte « Laisser Faire »*..... 17
 - 1.2. *Contexte « 3 x 20 »* 17
 - 1.3. *Contexte « Volontariste »* 17
2. DE LA MODELISATION A LA PROSPECTIVE : DE FRET_{URB} A SILOGUES 18
 - 2.1. *La logique du modèle* 19
 - 2.2. *Ajout de nouveaux modules de calcul* 20
 - *Module environnemental*..... 20
 - *Calcul des aires de livraisons* 21
 - 2.3. *Les indicateurs produits*..... 22
3. SIMULER LES DYNAMIQUES DU TISSU ECONOMIQUE 23
 - 3.1. *Simétab : Simuler le tissu économique d'un territoire*..... 24
 - 3.2. *Prise en compte de la saisonnalité : une approche par l'économie présentielle*..... 27
4. LA PRISE EN COMPTE DES RESULTATS DE LA NOUVELLE VAGUE D'ETMV 29
5. LE SUIVI DES INNOVATIONS 30
 - 5.1. *LUMD : Logistique urbaine mutualisée durable* 30
 - 5.2. *CityMove : City Multirole Optimized Vehicle* 31
 - 5.3. *Freilot*..... 31
 - 5.4. *ALF : Aire de livraison du futur* 32
 - 5.5. *MODUM : Mutualisation et optimisation de la distribution urbaine des marchandises* .. 33
 - 5.6. *VCV : Vert chez Vous au fil de l'Eau* 33

III - LA CONSTRUCTION MODULAIRE DES SCENARIOS 35

1. LA CONSTRUCTION DES DEUX SCENARIOS DE REFERENCE 35

1.1.	<i>L'état initial : année t.....</i>	35
1.2.	<i>L'état de référence année t+n</i>	35
	• Le prolongement des tendances démographiques.....	36
	• La structure de l'emploi par commune	36
2.	LA CONSTRUCTION DES SCENARIOS PAR L'UTILISATEUR	37
2.1.	<i>Thématique "environnement économique et spatial"</i>	39
	• Élément de scénario : Politiques d'aménagement.....	40
	• Élément de scénario : Soutien d'un secteur économique	41
	• Élément de scénario : Evolution de la superficie des établissements	42
	• Élément de scénario : Développement des pratiques du showroom / PAM.....	43
2.2.	<i>Thématique "pratiques réglementaires"</i>	44
	• Élément de scénario : Restrictions concernant les véhicules autorisés à circuler	45
	• Élément de scénario : Réglementation des horaires de livraisons	47
	• Élément de scénario : Aménagement et contrôle des aires de livraison.....	50
2.3.	<i>Thématique "organisation de la logistique"</i>	52
	• Élément de scénario : Modification du système logistique	53
	• Élément de scénario : Massification des flux	54
	• Élément de scénario : CDU	55
	• Élément de scénario : Changements de modes et/ou de motorisations.....	56
2.4.	<i>Thématique "pratiques des consommateurs : Livraisons à domicile / à proximité"</i>	58
IV - LE DEMONSTRATEUR FONCTIONNEL DE LA PLATE-FORME SILOGUES.....		63
1.	GUIDE FONCTIONNEL ET ORGANIGRAMME GLOBAL	63
1.1.	<i>Lancement de SILOGUES</i>	64
1.2.	<i>Déroulement d'une séquence SILOGUES</i>	64
	• Créer un état de référence année t.....	65
	• Créer un état de référence année t+n.....	65
	• Créer un état scénarisé année t+n	66
2.	ERGONOMIE DES ELEMENTS DE SCENARIOS.....	66
2.1.	<i>Etat de référence t+n.....</i>	66
2.2.	<i>Élément de scénario : Réglementation des horaires de livraisons</i>	71
2.3.	<i>Élément de scénario : CDU</i>	75
3.	LES SORTIES DE SILOGUES	77
3.1.	<i>Les principaux indicateurs</i>	78
3.2.	<i>Les cartes dynamiques.....</i>	78
CONCLUSION GENERALE		81
VALORISATION		83
1.	LES COMMUNICATIONS AUTOUR DE LA PLATE-FORME SILOGUES.....	83
2.	RETOMBÉES ATTENDUES	83
BIBLIOGRAPHIE.....		85
GLOSSAIRE.....		87

ANNEXES	93
1. ANNEXE 1 : LES ENTRETIENS AVEC LES ACTEURS	93
1.1. <i>Le mode de gouvernance</i>	93
1.2. <i>Le coût de l'énergie et l'état d'avancement de la transition énergétique</i>	95
• véhicules électriques	95
• véhicules au gaz.....	96
• solutions multimodales	97
1.3. <i>La gestion des nuisances environnementales</i>	97
• Emissions de polluants locaux.....	98
• Emissions de gaz à effet de serre (GES).....	99
• Bruit	99
1.4. <i>Le développement de l'économie numérique</i>	99
• E-commerce.....	99
• Applications des nouvelles technologies.....	101
1.5. <i>L'organisation logistique des entreprises de transport</i>	101
1.6. <i>La localisation des activités et des emplois</i>	102
• la mixité sociale	102
• la maîtrise du foncier.....	102
• l'organisation du travail.....	103
1.7. <i>La mutualisation de la logistique urbaine</i>	103
2. ANNEXE 2 : LES TYPOLOGIES D'ACTIVITES UTILISEES	105

Table des illustrations

Tableaux :

<i>Tableau 1 : Les trois contextes politiques et réglementaires retenus</i>	<i>18</i>
<i>Tableau 2: Nombre de mouvements par semaine et par emploi selon l'activité en 8 classes comparaison ETMV Bordeaux 1994 et Bordeaux 2013.....</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 3 : Répartition des mouvements hebdomadaires selon le type de véhicule pour chaque type d'activité comparaison ETMV Bordeaux 1994 et Bordeaux 2013</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 4 : Répartition des mouvements hebdomadaires selon le mode de gestion pour chaque type d'activité comparaison ETMV Bordeaux 1994 et Bordeaux 2013</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 5 : Tableau récapitulatif de l'état de référence année t+n</i>	<i>37</i>
<i>Tableau 6 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario « Politiques d'aménagement »</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 7 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Soutien à un secteur économique</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 8 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Evolution de la superficie des établissements.....</i>	<i>43</i>
<i>Tableau 9 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Pratiques du showroom / PAM</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 10 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Restrictions des véhicules autorisés à circuler</i>	<i>47</i>
<i>Tableau 11 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Règlementation des horaires de livraisons.....</i>	<i>50</i>
<i>Tableau 12 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Aménagement et contrôle des aires de livraisons.....</i>	<i>52</i>
<i>Tableau 13 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Modifications du système logistique</i>	<i>54</i>
<i>Tableau 14 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Massification des flux.....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau 15 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario CDU</i>	<i>56</i>
<i>Tableau 16 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Changement de modes et/ou de motorisations.....</i>	<i>58</i>
<i>Tableau 17 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Livraisons à domicile / à proximité</i>	<i>60</i>

Figures :

<i>Figure 1 : Schéma fonctionnel du modèle FRETurb</i>	<i>19</i>
<i>Figure 2 : Les résultats issus de FRETurb</i>	<i>22</i>
<i>Figure 3 : Un exemple de représentation graphique de la comparaison des 3 états.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 4 : L'architecture de Simétab (Gardrat et al., 2014).....</i>	<i>25</i>
<i>Figure 5 : L'intégration de Simétab dans SILOGUES.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 6 : La place de SIMETAB dans l'architecture SILOGUES.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 7 : Répartition horaire des déplacements de voyageurs et des mouvements de marchandises dans l'agglomération Bordelaise (1995).....</i>	<i>48</i>
<i>Figure 8 : Nombre d'établissements enquêtés offrant un service de livraison (selon la date de mise en service)</i>	<i>59</i>
<i>Figure 9 : Architecture informatique de SILOGUES</i>	<i>64</i>

<i>Figure 10 : Sélection des mouvements pouvant transiter par le CDU</i>	76
<i>Figure 11 : Le choix des critères de sélection</i>	76
<i>Figure 12 : Le périmètre pertinent pour l'aire de chalandise du CDU</i>	77
<i>Figure 13 : Le portail du site internet www.silogues.fr</i>	84

Captures SILOGUES :

<i>Capture SILOGUES 1 : Le choix par l'utilisateur des éléments de scénarios dans la plate-forme SILOGUES</i>	39
<i>Capture SILOGUES 2 : Répartition horaire des mouvements de marchandises dans deux types d'activités (ST14 et ST7-3)</i>	49
<i>Capture SILOGUES 3 : L'écran d'accueil de SILOGUES</i>	64
<i>Capture SILOGUES 4 : Le choix de l'application</i>	65
<i>Capture SILOGUES 5 : La boîte de dialogue de sélection de l'application</i>	65
<i>Capture SILOGUES 6 : L'année de SIRENE est remplie automatiquement</i>	66
<i>Capture SILOGUES 7 : Créer un état scénarisé année t+n</i>	66
<i>Capture SILOGUES 8 : Construction de l'état de référence t+n</i>	67
<i>Capture SILOGUES 9 : Sélection des données disponibles pour la construction de l'état de référence t+n</i>	68
<i>Capture SILOGUES 10 : Les différents modes d'alimentation de SILOGUES</i>	68
<i>Capture SILOGUES 11 : L'alimentation de SILOGUES à partir d'une représentation cartographique des zones</i>	69
<i>Capture SILOGUES 12 : L'alimentation de SILOGUES à travers l'intervention sur les tableaux de données</i>	69
<i>Capture SILOGUES 13 : La boîte de dialogue permettant de choisir son fichier d'objectifs pour l'état de référence t+n</i>	70
<i>Capture SILOGUES 14 : L'exécution du scénario de l'état de référence t+n</i>	70
<i>Capture SILOGUES 15 : Les fichiers des données issus du scénario de l'état de référence t+n</i>	71
<i>Capture SILOGUES 16 : Le tableau de bord de l'élément de scénario : Réglementation des horaires de livraisons</i>	71
<i>Capture SILOGUES 17 : La sélection des activités concernées par la mesure de réglementation des horaires de livraisons</i>	72
<i>Capture SILOGUES 18 : La personnalisation de l'affichage</i>	72
<i>Capture SILOGUES 19 : Le filtrage des ST8</i>	73
<i>Capture SILOGUES 20 : Le choix des plages horaires</i>	73
<i>Capture SILOGUES 21 : La personnalisation des plages horaires</i>	73
<i>Capture SILOGUES 22 : La sélection des zones concernées par la mesure</i>	73
<i>Capture SILOGUES 23 : L'ajout ou la suppression de zones</i>	74
<i>Capture SILOGUES 24 : La mise en évidence d'une classe d'activité</i>	74
<i>Capture SILOGUES 25 : La définition des taux de report de la plage horaire cible vers la plage horaire de report</i>	75
<i>Capture SILOGUES 26 : Visualisation des résultats d'une simulation</i>	78
<i>Capture SILOGUES 27 : La comparaison grâce à des cartes dynamiques</i>	79

Introduction :

Anticiper les mutations pour construire la ville de demain

Pour préserver la vitalité économique des centres urbains tout en limitant les nuisances liées à la circulation des véhicules et aux conflits suscités notamment par leur stationnement*, le transport de marchandises en ville (TMV*) représente un enjeu essentiel dans l'aménagement urbain et un intérêt croissant de la part de l'ensemble des acteurs locaux. Que ce soient les collectivités, les opérateurs de transport, les chargeurs ou les destinataires, chacun, avec ses contraintes, ses objectifs et ses points de vue, tente de trouver une réponse aux questions d'ordre économique, social ou environnemental soulevées par l'approvisionnement urbain et difficiles à concilier.

Pourtant cette thématique constitue un terrain de recherche particulièrement dynamique. En France, dès le début des années 1990, le Ministère en charge des Transports et l'ADEME*, ont impulsé dans le cadre du Programme National Marchandises en Ville (PNMV) et avec le soutien du PREDIT, nombre de travaux visant à mieux connaître pour mieux comprendre les ressorts et les contraintes du TMV. Outre le lancement d'une vague d'enquêtes conçues spécialement pour rendre compte de la mobilité urbaine des marchandises, le PNMV a encouragé le développement de modèles, le suivi des expérimentations mises en place par les collectivités, le benchmark des pratiques observées à l'étranger, la mise en œuvre d'innovations dans les matériels et les organisations... Au plan européen également, les programmes de recherche dédiés ou intégrant un volet logistique urbaine se sont succédés, citons notamment BESTUFS I et II, BESTFACT, CITYPORT, CIVITAS, SUGAR, CITYMOVE, FREILOT...

En dépit des avancées substantielles permises par ces travaux tant en termes de prise de connaissance que d'aide à la décision sur la logistique urbaine, il subsiste de la part des acteurs locaux une compréhension partielle des enjeux, une connaissance limitée du domaine par et sur les territoires urbains aux différentes échelles de la décision et de la mise en œuvre, et une certaine impuissance devant la complexité de la situation dans laquelle ils se trouvent. Du point de vue des collectivités, cela se traduit bien souvent par un manque d'initiatives pour proposer une politique cohérente à l'échelle d'une agglomération pour le moyen et le long terme.

A notre sens, ce qui fait défaut, c'est la disposition d'un outil d'aide à la décision qui permette de simuler l'impact, sur le plan de l'économie, de la congestion ou de l'environnement, d'une politique globale et généralisée en matière de déplacements de marchandises menée à l'échelle d'une agglomération. Le projet SILOGUES s'inscrit dans l'objectif de pallier ce manque, en proposant la construction d'une plate-forme de décision fondée sur les dernières avancées en termes de modélisation et de connaissance de la logistique urbaine.

Le projet a pour but de définir un cadre méthodologique au travers duquel peut être simulé l'impact de diverses politiques urbaines sur le transport de marchandises en ville. Jusqu'à

présent, la plupart des programmes de recherche ont eu pour objectif d'étudier l'effet de solutions innovantes pour la logistique urbaine par la mise en œuvre d'expérimentations et le développement d'outils de simulation spécifiques. Toutefois, dans la plupart des cas, ces expérimentations et ces outils ont une portée limitée au cadre strict de l'étude pour laquelle ils ont été conçus et ne sont pas mis en perspective dans le cadre plus global des politiques de transport et d'aménagement d'une collectivité locale. C'est pourquoi l'objectif de SILOGUES est de fournir aux collectivités en charge des territoires urbains un outil qui leur permette de comparer les effets de diverses politiques sur la formation des flux de transport et le fonctionnement de leur territoire.

L'approche proposée par SILOGUES vise à capitaliser dans une plate-forme d'aide à la décision l'ensemble des connaissances acquises sur la structuration du TMV en réponse à l'évolution des morphologies urbaines, du tissu économique, des technologies et des organisations prévues ou envisagées par les acteurs en lien avec celles du cadre réglementaire qui les accompagne. Cette approche cherche à couvrir l'ensemble du processus de formation des flux de marchandises afin, *in fine*, de fournir aux acteurs (publics ou privés) désireux d'agir sur la ville ou sur le TMV, des éléments concrets de décision.

Au-delà de cet agencement raisonné des divers éléments aujourd'hui disponibles sur les déterminants, les interactions et les effets du TMV sur le fonctionnement urbain, la démarche SILOGUES associe également un processus de collecte d'informations à différents niveaux et leur mise en commun dans un outil fonctionnel de simulation afin de dresser le tableau spatialisé des futurs possibles d'un territoire urbain au regard de son tissu économique et des flux de marchandises qu'il génère. L'horizon retenu pour construire ces projections se situe à moyen – long terme (15 ans), échelle temporelle pertinente pour les programmes d'action publique ainsi que pour un exercice prospectif qui tienne compte des évolutions technologiques et comportementales attendues.

Le projet SILOGUES a également pour ambition de rendre compte de tous les acteurs impliqués : les transporteurs, mais aussi l'ensemble des acteurs économiques, entreprises, émettrices ou consommatrices de marchandises de toutes natures et même les citoyens situés en bout de la chaîne de consommation. Sont bien entendu concernés aussi les promoteurs et constructeurs de bâtiments logistiques dont le métier est de permettre de rendre les lieux de stockage et de transformation cohérents avec l'intégration nécessaire de la logistique dans la ville. Enfin, les représentants des collectivités locales et nationales qui ont pour mission de faciliter les opérations de transfert de biens dans un cadre cohérent. Cette approche systémique de la ville est justifiée car c'est la seule qui soit apte à rendre compte des relations complexes entre les différents acteurs, en intégrant les aspects fonctionnels, spatiaux et temporels.

Après avoir présenté la démarche adoptée dans le cadre du projet SILOGUES (partie I), les moyens mis en œuvre pour permettre la construction de la plate-forme seront exposés (partie II) suivis des possibilités de simulation offertes aux utilisateurs (partie III). Enfin, la partie IV montrera comment se déroule concrètement une simulation à l'aide de l'outil. Ce rapport est complété par des annexes et un glossaire est fourni en fin de rapport pour définir les termes désignés par un astérisque.

I - Une approche prospective des livraisons de marchandises en ville et de la logistique urbaine

L'exercice prospectif ne saurait être mené sans une connaissance approfondie de la situation initiale. La démarche SILOGUES repose donc sur la réalisation préalable d'un diagnostic de l'existant sur la base duquel il sera possible de simuler des avenir possibles par l'action de différents leviers.

1. Du diagnostic à la prospective

Les collectivités ont fréquemment recours au modèle de simulation FRET_{urb}¹ pour établir un diagnostic du transport de marchandises en ville. Celui-ci permet, à partir de données statistiques fournissant d'une part une description fine des établissements économiques actifs à un instant t sur un territoire urbain et d'autre part de décrire les caractéristiques de ce territoire (tant géographiques que démographiques), d'évaluer quantitativement et qualitativement l'occupation de la voirie liée aux livraisons et enlèvements hebdomadaires de marchandises et aux déplacements d'achat, que cette occupation soit le fait de véhicules en circulation ou à l'arrêt*. Sur la base de cette génération des flux, de la connaissance des organisations logistiques à l'œuvre en milieu urbain issues des enquêtes nationales TMV et des caractéristiques du territoire d'étude, ce logiciel permet de simuler les flux échangés entre les zones qui composent ce territoire.

Le diagnostic ainsi enrichi offre un portrait de territoire établissant un état des lieux des conditions dans lesquelles s'opèrent les flux logistiques. Il permet, en fonction du tissu économique du territoire, de comprendre les temporalités des mouvements de livraisons et d'enlèvements de marchandises, de mettre en évidence l'organisation de ces flux (importance respective des traces directes et des tournées), d'estimer les distances parcourues par les différents types de véhicules effectuant des livraisons, de faire la part des modes de gestion afin de connaître le poids du transport professionnel dans le total des mouvements... Une fois tous ces éléments mis en perspective, il est possible d'en déduire les impacts en termes de congestion et d'impact sur l'environnement et aussi d'en identifier les dysfonctionnements qui se traduisent par des conflits d'usage de l'espace entre les différentes activités et les différents modes et motifs de déplacements.

Le diagnostic posé laisse alors le champ libre aux décideurs et aux aménageurs pour imaginer des politiques, qu'il s'agisse d'agir sur le tissu urbain ou d'orienter les comportements

¹ FRET_{urb} est un modèle de simulation des mouvements de marchandises sur une agglomération. Il a été développé par le Laboratoire Aménagement, Economie, Transports (LAET) sur la base de la première vague d'enquêtes transport de marchandises en ville (1995-97). Ce logiciel est utilisé par une cinquantaine de grandes agglomérations françaises et étrangères.

logistiques vers de nouvelles pratiques aptes à répondre aux enjeux du développement durable. **L'objet de la plate-forme SILOGUES est de proposer une panoplie d'outils d'intervention que l'aménageur peut combiner entre eux pour construire des scénarios variés et d'en simuler, sur la base des caractéristiques économiques et spatiales de l'agglomération, les effets sur les mouvements de marchandises à un horizon donné.**

Mais comparer les scénarios à 5, 10 ou 15 ans élaborés par l'utilisateur avec le diagnostic établi pour la situation initiale n'a pas véritablement de sens. En effet, même en l'absence d'intervention sur le territoire, celui-ci évolue au fil du temps sous l'effet, *a minima*, de la démographie qui conduit à des modifications du tissu économique, des pratiques de mobilité et d'approvisionnement, etc. L'ensemble de ces facteurs liés entre eux mais indépendants -ou peu dépendants- des décisions locales doivent donc être identifiés et quantifiés pour construire un scénario de référence année $t+n$ qui servira d'étalon pour mesurer les effets des évolutions mises en scène sur la plate-forme par l'utilisateur.

2. Approche méthodologique pour construire la plateforme SILOGUES

Nous exposons ici les principaux éléments de méthode sur lesquels la plateforme est appuyée pour garantir son opérationnalité.

2.1. *La construction des scénarios de logistique urbaine : la comparaison de trois états*

La plate-forme SILOGUES se donne pour objectif de comparer 3 états des conditions des livraisons de marchandises sur un territoire donné :

Les 3 étapes clefs de la plate-forme SILOGUES

- **l'état initial** : il permet de **décrire** le portrait de territoire à un instant t .
- **l'état de référence année $t+n$** : il définit le portrait de territoire à un horizon $t+n$. Il consiste à **anticiper** les tendances en intégrant les évolutions démographiques et du tissu économiques du territoire en l'absence de modifications spécifiques d'aménagement urbain ou de l'organisation logistique. Ce scénario est usuellement appelé « Fil de l'eau ».
- **l'état scénarisé année $t+n$** : il permet de **simuler** les modifications logistiques en fonction de différents éléments de scénarios proposés dans la plate-forme, à l'horizon $t+n$.

La plateforme SILOGUES s'est construite en s'appuyant sur deux aspects méthodologiques : comprendre le système urbain à travers ses tendances lourdes et simuler ses évolutions en fonction de choix d'aménagement.

Le premier aspect met en œuvre une vision exploratoire qui consiste à construire les champs des possibles en fonction d'observations passées en projetant sur un horizon déterminé. C'est l'étape de recensement des tendances lourdes.

Il s'agit ici de répertorier les variables exogènes (en ce sens qu'elles ne dépendent pas de la politique locale) et à en déduire les tendances lourdes qui structurent le futur à moyen/long terme. Parmi ces variables, nous distinguons :

- celles dont il est possible de prédire l'évolution et dont on connaît l'impact sur la génération des flux ;
- et celles dont on ne peut prédire l'évolution qui ne seront pas pris en compte pour la simulation, mais qu'il faudra internaliser et comprendre (à dire d'experts).

A titre d'exemples on peut notamment citer les relations entre trafic de marchandises et PIB*, le lien observé entre mobilités des marchandises et vitesses de circulation etc...

Le deuxième aspect consiste à établir les principaux leviers exercés par les diverses politiques et mesures envisagées. Ces mesures prennent des formes diverses qui sont décrites sous forme d'« éléments de scénarios », qui seront détaillés dans la partie III de ce rapport.

2.2. Comprendre les relations de dépendance et d'interdépendance des variables de la logistique urbaine

Ces deux éléments de méthode (*compréhension du système urbain et recensement des leviers d'actions permettant d'agir sur le système logistique*) permettent alors de définir un certain nombre de variables utilisées par SILOGUES et appelées **variables de commande**.

L'identification des relations qui lient ces variables de commande entre elles et qui impactent les mouvements de marchandises en ville aboutit à la construction de **fonctions d'équivalence**, c'est-à-dire de fonctions permettant le passage d'une variable de commande à une autre. Par exemple, dans quelle mesure la population et les emplois sont dépendants ? ; Comment la taille d'un établissement mesurée en nombre d'emplois influence-t-elle sa superficie (SHON²) ? ; Quelle est la relation entre l'évolution du nombre d'établissement et le nombre d'emploi ? ;

Les variables de commande et les fonctions d'équivalence ainsi déterminées permettent de construire le scénario de référence année $t+n$ qui peut alors être confronté/comparé aux scénarios de développement envisagés par l'utilisateur (l'état scénarisé par l'utilisateur).

Différents éléments peuvent alors être intégrés dans l'état scénarisé : différentes organisations, aménagements, politiques, comportements... les solutions sont multiples et les innovations ne peuvent pas toujours être anticipées. Pour nous aider à les bâtir, nous avons réalisé une série d'entretiens avec des acteurs de la logistique urbaine afin de recueillir leur sentiment sur les évolutions à venir.

3. Le transport de marchandises et la logistique urbaine selon les différents acteurs : quatre thématiques pour élaborer les scénarios

Diverses collectivités, opérateurs de transport, responsables d'établissements, aménageurs, chambres consulaires, etc. ont été sollicités pour identifier les principaux scénarios envisagés

² La terminologie de SHON est aujourd'hui remplacée par la surface de plancher.

par les décideurs, ainsi que les indicateurs jugés lisibles et pertinents pour une aide à la prise de décision. Ces entretiens avaient pour objectif de nous placer dans une **approche de terrain** en fonction des différentes représentations que les acteurs se font du transport de marchandises et de la logistique urbaine. Ils ont permis d'identifier **quatre thématiques qui serviront de cadre aux scénarios élaborés** à travers la plate-forme SILOGUES.

Sur la base du cadre fourni par le scénario de référence année t+n, c'est-à-dire à partir des tendances lourdes de l'évolution de l'agglomération, il est possible d'agir à travers 4 axes pour accompagner ou infléchir ces tendances lourdes :

- **L'environnement économique et spatial.** Comme le montrent les travaux antérieurs (Patier, Routhier, 2009), le tissu économique d'un territoire a un impact direct sur la formation des flux de TMV. Toute intervention sur les localisations des activités, au travers des documents d'urbanisme (SCOT* ou plans d'urbanisme par exemple), ou des politiques d'aménagement / restructuration de l'espace urbain a des incidences sur le nombre et les caractéristiques des livraisons.
- **Les différentes formes d'organisation de la logistique.** Pour accroître leur efficacité, les acteurs privés peuvent faire évoluer leurs organisations. Ces initiatives peuvent être limitées à un type d'acteur ou résulter d'accords entre plusieurs parties afin d'évoluer vers une situation économiquement plus favorable. Ces pratiques, qui relèvent généralement de la sphère privée peuvent transformer les modes de fonctionnement du TMV. On mettra particulièrement l'accent sur la **massification des flux**. En effet, pour réduire les frais de transports et les externalités générées par la livraison du dernier kilomètre, des stratégies de rationalisation des approvisionnements peuvent être mises en place à travers des structures dédiées à la massification et/ou à la **mutualisation des flux** de marchandises. Il s'agit alors de connaître les types de flux qui peuvent faire l'objet d'une telle réorganisation et quels niveaux de massification peuvent être atteints.
- **Les pratiques réglementaires.** Les échanges de marchandises en milieu urbain dépendent étroitement des autorisations dont disposent les véhicules pour circuler et stationner sur les voiries ou dans les espaces privés. En particulier, les maires ont une marge de manœuvre accrue depuis la modification de l'article 12 de la loi SRU. On mettra particulièrement l'accent sur les politiques conduites en matière de **normes environnementales** car elles peuvent modifier l'ossature même des modes (véhicules et choix énergétiques) et des organisations de livraisons de marchandises. Les différentes normes peuvent impacter l'ensemble de la gestion du TMV.
- **Les pratiques des consommateurs.** Les déplacements d'achats représentent la moitié des trafics³ liés aux marchandises dans une agglomération (en km UVP*) et connaissent aujourd'hui des évolutions rapides liées au développement des TIC. Les nouvelles formes de consommation impactent autant l'ensemble de l'organisation logistique de la ville (B2B* / B2C* / e-commerce...) que les déplacements d'achats eux-mêmes.

Chacune de ces thématiques interagit avec les autres au sein d'un système complexe. Les scénarios qui seront soumis à la plate-forme SILOGUES associeront les évolutions projetées de ces comportements, règles, structures, organisations... afin de composer le tableau

³ Gerardin et al., 2000.

imaginé par l'utilisateur. C'est pourquoi ils sont désignés par la suite sous la terminologie d'**éléments de scénarios**. Sur la base des résultats produits par SILOGUES, l'utilisateur pourra comprendre et mesurer les conséquences prévisibles de ses choix. En effet, la plateforme SILOGUES a une forte dimension pédagogique, qui vise à amener l'aménageur à prendre conscience des mécanismes à l'œuvre en matière de logistique urbaine afin d'éclairer sa décision. Le scénario se construit ainsi de manière itérative, en ajustant peu à peu les éléments de scénarios pour réinventer la logistique urbaine sur un territoire.

L'ambition de cette plateforme est donc de tenter d'apporter aux aménageurs et décideurs économiques un éclairage le plus objectif possible sur les mécanismes d'impact des mesures qu'ils prévoient de mettre en œuvre.

4. Les sorties de SILOGUES : des éléments prospectifs comparables entre eux pour aider à la décision en fonction des objectifs poursuivis

SILOGUES, dans une logique de prospective se propose donc d'anticiper les mutations qui pourraient s'opérer sur un territoire en testant les effets de différents scénarios qui peuvent transformer la logistique urbaine. S'agissant de simuler les évolutions liées à l'environnement économique et spatial, les scénarios construits accordent une attention particulière aux transformations à venir de la structure du tissu économique et de sa répartition sur le territoire urbain. Sur la base des résultats produits, la comparaison des trois états permet alors d'aider à la décision en fonction d'objectifs poursuivis en matière d'organisation logistique.

La plate-forme permet de fournir une information pertinente sur les flux de marchandises générés à l'échelle de l'aire urbaine, à moyen et à long terme. Pour chaque évolution projetée, c'est-à-dire pour chaque scénario construit par l'utilisateur, divers indicateurs sont produits, afin de mesurer son impact sur les trafics, l'environnement, les organisations et permettre de comparer entre eux différents avenir. Fort de la connaissance des différents leviers d'actions à sa disposition, le décideur sera alors en mesure de choisir s'il modifie son scénario ou s'il l'enrichit par des mesures d'accompagnement visant à en réduire les impacts non souhaités.

Les calculs sont réalisés pour chaque établissement de la zone d'étude, donc à une échelle très fine. Cela garantit une bonne prise en compte des évolutions produites par chaque scénario. Cependant, un certain nombre d'incertitudes subsistent dans les mécanismes de formation des flux générés. En effet, le modèle est essentiellement calibré sur les résultats des enquêtes nationales « Marchandises en ville » dont la précision est soumise aux inévitables problèmes de représentation statistique de l'échantillonnage. Il convient donc de préciser que le but de cette recherche n'est pas de donner finement les évolutions mais bien de fournir les tendances et orientations (+ ou -), les effets de seuil et les ruptures. En particulier, la prévision du trafic ne constitue pas, à l'heure actuelle, l'un des objectifs de la plate-forme SILOGUES. En effet, même si des indicateurs de congestion peuvent être produits (variation des véhicules km-UVP ou des heures d'occupation de la voirie), le projet SILOGUES se positionne à l'horizon 2030 soit sur le moyen / long terme, horizon actuel de réflexion pour la conception des schémas de cohérence territoriale (SCOT) dans les agglomérations urbaines et leurs bassins d'emplois.

Tandis que le cadre habituel des études en matière de logistique urbaine se limite souvent aux centres villes, SILOGUES s'inscrit à une échelle spatiale relativement large de manière à

rendre compte de l'intégralité de la chaîne d'approvisionnement urbain : depuis les plateformes périphériques en passant par les grossistes, les détaillants et jusqu'au domicile des particuliers qui réalisent des achats (Routhier, 2002). C'est le périmètre de l'aire urbaine (au sens de l'INSEE) qui est considéré comme le plus pertinent. En effet, c'est sur cette aire que se réalisent la plupart des échanges de courte distance entre les établissements économiques d'un espace urbain.

Dans son état final, la plateforme propose trois types de simulations :

- Le test d'une mesure élémentaire correspondant à un scénario unique de politique (un CDU ou une démarche réglementaire sur un quartier par exemple) ;
- L'évaluation des impacts d'une mesure élémentaire dont l'application est généralisée à l'aire d'étude tout entière ;
- L'évaluation de l'impact d'un scénario composé d'un ensemble de mesures envisagées dans le cadre d'une politique globale sur un quartier ou l'agglomération entière.

Chacune des mesures envisagées est généralement le fruit d'une consultation ou d'une négociation entre les acteurs économiques et institutionnels impliqués, et s'appuie sur des hypothèses fortes sur leur efficacité économique ou sur le plan l'acceptabilité. Ces hypothèses prennent la forme de contraintes de calcul, introduites de manière implicite ou explicite dans la plateforme.

Cependant, il est possible de supprimer ou relâcher ces contraintes dans un objectif de réflexion prospective (par exemple la généralisation d'une énergie « douce », ou la généralisation du compte d'autrui). Il est ainsi possible de borner le domaine des possibles et de comparer la contribution de chaque mesure prise séparément dans des situations volontaristes ou de rupture.

Par l'affichage de fenêtres explicitant pas à pas les mécanismes de mise en action de chaque scénario, la plateforme se veut avant tout pédagogique, cette dimension d'apprentissage étant encore renforcée grâce à la mise en œuvre de scénarios successifs pouvant être comparés entre eux. De cette manière l'effet « boîte noire » de la plateforme sera limité auprès des utilisateurs. La plateforme s'adresse donc aussi bien aux aménageurs et planificateurs de la collectivité qu'aux décideurs économiques dont la logistique urbaine n'est pas une spécialité.

II - SILOGUES : une plate-forme fondée sur la mise en cohérence et l'enrichissement de différents outils

La plate-forme SILOGUES a été principalement construite sur la base des travaux menés au LAET sur la mobilité urbaine des marchandises depuis vingt ans. L'origine en est la première vague d'enquêtes Transport de Marchandises en Ville (ETMV) réalisée au milieu des années 90. Ces enquêtes menées à Bordeaux, Dijon et Marseille, ont montré des tendances lourdes et des invariants similaires dans les trois villes, pourtant de taille et configuration différentes. Le principal d'entre eux est que l'établissement, sa localisation, son activité et sa taille expliquent le nombre et les caractéristiques des mouvements de livraisons et enlèvements qui sont générés chaque semaine par l'activité économique d'un territoire.

Le fichier des établissements est donc au cœur du dispositif de modélisation des mouvements de marchandises. Mais pour dresser un panorama complet de l'impact de ces mouvements sur l'occupation de la voirie urbaine, et être en mesure d'identifier les effets externes liés à l'approvisionnement de la ville et les conflits d'usages potentiels, il faut également prendre en compte les caractéristiques de l'agglomération (densité, configuration...). Elaboré en lien étroit avec la méthodologie et les résultats des enquêtes TMV, le modèle FRET*urb* fonctionne avec un fichier SIRENE* (répertoire des établissements économiques d'un territoire élaboré par l'INSEE*) et un fichier de zonage fourni par l'utilisateur. Il permet d'établir le diagnostic de l'existant en matière de génération et de distribution dans l'espace des mouvements de marchandises. Par conséquent, c'est le moteur qui a été utilisé pour construire la plate-forme SILOGUES, un moteur actualisé et enrichi dans le cadre du projet SILOGUES.

Pour tester l'impact de scénarios de développement contrastés en utilisant le moteur FRET*urb*, il est nécessaire de disposer d'un fichier d'établissements à l'horizon du scénario. Voilà pourquoi la plate-forme SILOGUES intègre également l'outil Simétab* qui permet de générer un fichier d'établissements à partir de prévisions de population et/ou d'emploi plus ou moins précises.

Les tendances lourdes en matière d'évolution des pratiques logistiques peuvent être dévoilées à travers l'analyse comparative des résultats issus des campagnes d'ETMV. La dernière en date a débuté en 2010 avec la Région Ile-de-France et s'est poursuivie en 2012 avec l'agglomération Bordelaise. Elle devrait être complétée par une à deux nouvelles enquêtes, l'une réalisée à Marseille, l'autre dans une ville moyenne, si les finances publiques le permettent.

Au cours de la décennie écoulée, le LAET s'est investi dans divers projets de recherche portant sur la simulation et l'évaluation d'innovations, qu'elles portent sur des matériels ou sur des organisations. Les résultats de ces travaux sont également propices à alimenter les éléments de scénarios soumis à l'utilisateur de SILOGUES.

Au préalable de cette capitalisation de 20 ans de recherches sur la logistique urbaine, le travail d'entretiens avec les acteurs de la logistique urbaine menés en amont des tâches statistique et informatique de construction de la plateforme, a permis d'orienter la construction du scénario de référence année $t+n$ autant sur la base des évolutions jugées irréversibles par ces acteurs, que sur celle des évolutions jugées probables des éléments de scénarios.

1. Les entretiens avec les acteurs de la logistique urbaine

Au-delà du travail mené sur les évolutions de l'environnement économique et spatial de la logistique urbaine, ainsi que sur les adaptations dans les organisations qui les accompagnent, les scénarios prospectifs doivent également anticiper les possibles mutations qui pourront impacter la logistique urbaine. Dans le cadre de ce travail de recherche, il s'agit de ne pas se laisser enfermer par les aléas de la conjoncture mais d'identifier, dans la mesure du possible, des tendances d'évolution et des marges de manœuvre dont disposent les responsables publics et privés pour surmonter les difficultés observées actuellement.

Aussi, pour comprendre l'approvisionnement urbain et pour que les scénarios soient à la fois réalistes et consensuels, nous avons interrogé l'ensemble des acteurs impliqués (logisticiens, commerçants, techniciens des collectivités, promoteurs). A cette fin, nous avons sélectionné des interlocuteurs appartenant à des structures tant publiques que privées et impliqués directement ou indirectement dans la logistique urbaine pour qu'ils nous révèlent les besoins prioritaires des acteurs locaux dans ce domaine. Il s'agit tout à la fois d'analyser la réalité actuelle au plan local et, sur cette base, d'identifier des besoins à moyen / long termes tout en dépassant les préoccupations locales de court terme. Il s'agit également d'identifier les contraintes propres à chacun de ces acteurs et les évolutions de comportements susceptibles de survenir. Conduits en début de projet, ces entretiens ont ainsi apporté une contribution opérationnelle et constructive pour la mise en œuvre du projet SILOGUES, en fournissant des éléments utiles au cadrage des scénarios ainsi qu'un aperçu des attentes de ces utilisateurs potentiels de la plate-forme.

Ils ont été menés autour de sept axes de réflexion :

- Le mode de gouvernance
- Le coût de l'énergie et la transition énergétique
- La gestion des nuisances environnementales
- Le développement de l'économie numérique
- L'organisation logistique de la distribution urbaine des marchandises
- La localisation des activités et des logements
- La mutualisation

Le compte rendu des entretiens réalisés est fourni en ANNEXE 1 : *Formalisation des besoins des acteurs et définition des scénarios de logistique urbaine.*

Ces entretiens ont permis de dégager 3 contextes politiques et réglementaires distincts susceptibles de servir de toile de fond aux scénarios simulés par la plate-forme SILOGUES :

1. « Laisser Faire » qui correspond à la poursuite des tendances actuelles,
2. « 3 x 20 » fondé sur les objectifs de l'Union Européenne,
3. « Volontariste » qui vise à atteindre le facteur 4.

1.1. Contexte « Laisser Faire »

En ce qui concerne le contexte de « Laisser Faire », il ressort des échanges avec les acteurs qu'en matière de motorisations la solution gaz GNV est perçue comme performante et prometteuse mais que son développement est freiné par l'insuffisance du nombre de stations de compression disponibles permettant l'avitaillement des véhicules utilitaires. Les véhicules électriques sont quant à eux desservis par une offre insuffisante, des défaillances techniques des véhicules et des problèmes d'entretien et de maintenance rencontrés par les exploitants. Les acteurs déplorent également une certaine inertie administrative de l'Etat dans ce domaine et l'influence négative de certains lobbys industriels puissants. Autant de points qui pèsent négativement sur la promotion du développement durable dans le domaine des transports de marchandises en ville en France. Pour autant, de nouvelles solutions techniques se développent pour stimuler le développement de l'usage du gaz avec la diffusion du LNG (gaz liquéfié) via des bonbonnes adaptées et des stations relais. Des progrès scientifiques importants sont également possibles dans le domaine du nucléaire, où la France dispose d'une expertise scientifique très importante depuis de nombreuses années, y compris sur des technologies très innovantes beaucoup moins polluantes.

1.2. Contexte « 3 x 20 »

Le contexte « 3 x 20 » correspond au « paquet énergie – climat » ou « plan climat » adopté en 2008 par l'Union Européenne et visant :

- à réduire les émissions de CO₂ des pays de l'Union de 20 %,
- à faire passer les énergies renouvelables dans le mix énergétique européen à 20 % (soit une croissance de 11,5 points par rapport à 2008),
- à accroître l'efficacité énergétique de 20 % d'ici 2020.

Si les deux premières mesures sont contraignantes, la troisième n'a, jusqu'à présent, aucune valeur juridique.

1.3. Contexte « Volontariste »

Le contexte « volontariste » repose sur le concept de « Facteur 4 » qui désigne l'objectif de division par 4 des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 et entériné en France par le « Grenelle de l'Environnement » en 2007. Il suppose de réduire de 3 % par an les émissions de gaz à effet de serre ; ce qui correspond à un effort très important qui ne pourra vraisemblablement pas être atteint à cet horizon faute de réelle volonté politique.

Dans le secteur des transports, outre une réduction globale de la consommation d'énergie liée à un changement des pratiques, les émissions peuvent être réduites grâce à l'utilisation de sources d'énergie non polluantes ou faiblement polluantes : électrique, biogaz issue du biométhane. Si une réduction de 2,5 à 3 paraît possible à l'horizon 2050 (Centre d'Analyse Stratégique, 2007) sans contrainte économique majeure, ni recours à des technologies hypothétiques, l'atteinte du facteur 4 nécessite un effort rigoureux sur plusieurs décennies. **C'est donc un cadre très volontariste** qui implique des changements structurels et coûteux et qui passe par la maîtrise de la périurbanisation afin de rendre possible une massification des flux de transport, tant pour des personnes que pour les marchandises.

Les caractéristiques de ces 3 contextes politiques et réglementaires au regard des 7 axes de réflexion retenus sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Les trois contextes politiques et réglementaires retenus

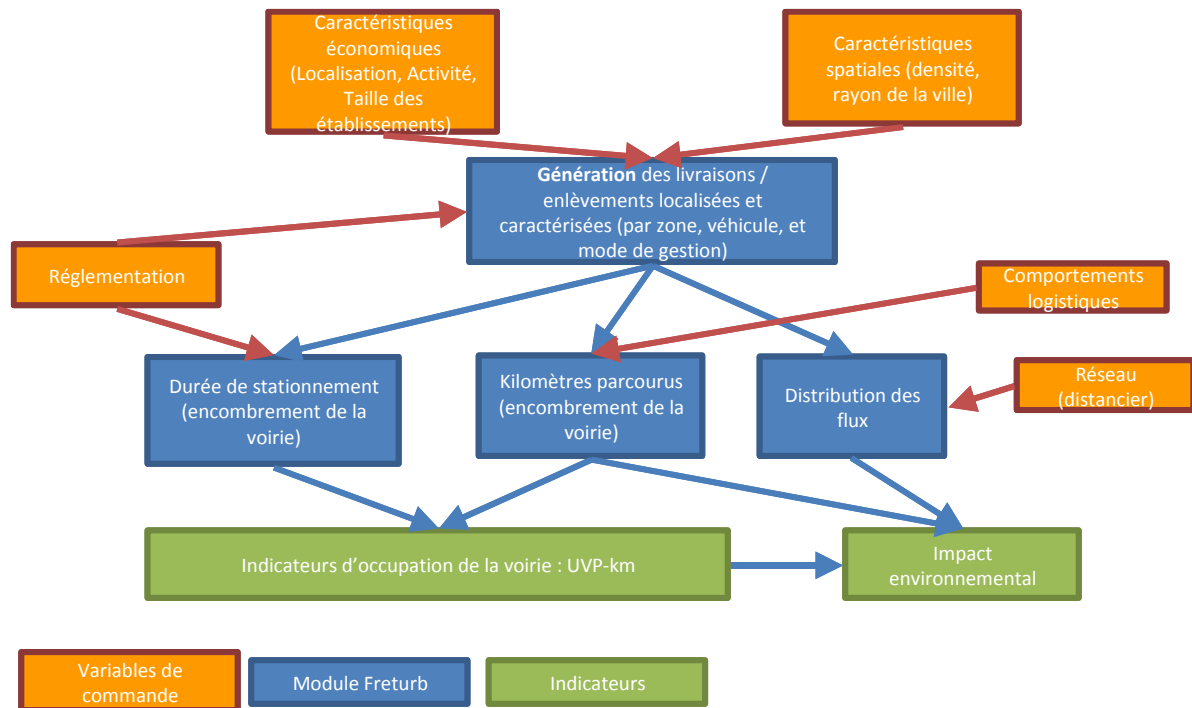
Variables clés	Contexte « Laisser Faire »	Contexte « 3 x 20 »	Contexte « Volontariste »
1 – Mode de gouvernance	Maintien de la prédominance des pouvoirs de police du Maire	Maintien des pouvoirs de police du Maire Mais dispositions des PDU opposables et transfert de certaines compétences du Maire au niveau des intercommunalités	Transfert des pouvoirs du Maire au niveau de l'intercommunalité avec maintien de certaines compétences locales
2 – Coût de l'énergie / transition énergétique	Poursuite des tendances actuelles	Efforts en matière d'économies d'énergie et soutien au développement des énergies renouvelables	Fort soutien au développement des énergies renouvelables
3 – Gestion des nuisances environnementales	Mise en place progressive des normes européennes	Mise en place d'EURO 6 Promotion des véhicules propres électriques et à gaz	Interdiction des véhicules polluants dans les zones urbaines denses Fort soutien aux véhicules propres
4 – Développement de l'économie numérique	Poursuite du développement du e-commerce Expérimentations en matière d'applications des technologies de l'information (ex : apport des nouvelles technologies aux comportements de conduite et de stationnement)	Mise en place progressive des nouvelles technologies numériques	Forte impulsion en faveur des technologies numériques appliquées à la logistique urbaine
5 – Organisation logistique de la distribution urbaine des marchandises	Maintien des tendances actuelles	Incitation à la mutualisation	Reconnaissance de la logistique urbaine en tant que service public Création d'ELU et de services mutualisés
6 – Localisation des activités et des logements	Poursuite des tendances actuelles	Mise en place d'une planification plus directive visant à réduire le « mitage » du territoire	Incitation au développement du télétravail et/ou au rapprochement des lieux de travail et d'habitat

2. De la modélisation à la prospective : de FRETurb à SILOGUES

Les acquis liés à la première vague d'ETMV et à la modélisation FRETurb représentent aujourd'hui un maillon essentiel de la transmission de la connaissance, de la production de diagnostics et d'éléments d'aide à la décision auprès des acteurs locaux. Il permet de mesurer les rôles respectifs des différents acteurs économiques de la ville dans la production des flux :

comment ces flux se répartissent-t-ils dans l'espace urbain et quels en sont les impacts en termes de trafic à un moment donné ? Cependant, l'utilisation de FRETurb sur différentes communes laisse en suspens la question des politiques et aménagements à mettre en œuvre pour infléchir les tendances constatées dans les diagnostics. Il permet aujourd'hui de simuler la situation existante d'une agglomération mais pas d'en simuler une situation scénarisée dans le futur.

Figure 1 : Schéma fonctionnel du modèle FRETurb



Source : LAET

2.1. La logique du modèle

Développé dans sa version originelle (Logistmv) depuis 1999, le logiciel FRETurb a fait l'objet de nombre de présentations (Aubert et Routhier, 1998 ; Routhier et al., 2001 ; Routhier et Toilier, 2007 ; Routhier et Toilier, 2010) qu'il ne s'agit pas de répéter ici. En revanche, pour permettre de comprendre comment cet outil est utilisé comme moteur de la plate-forme SILOGUES, il n'est sans doute pas inutile de revenir rapidement sur quelques équations du modèle et sur la manière dont elles pourront être déformées pour les besoins de SILOGUES. De plus, la version implantée dans la plate-forme SILOGUES n'est pas celle qui est actuellement commercialisée mais une version enrichie de nouveaux résultats pour les besoins propres à la simulation.

Dans leur communication à la WCTR en 2013, Bonnafous *et al.*⁴ présentent les relations qui sous-tendent le modèle FRETurb. Ils indiquent que le nombre et les caractéristiques des mouvements générés dans une agglomération (G) résultent du produit de deux matrices :

⁴ BONNAFOUS A., GONZALEZ-FELIU J., ROUTHIER J.-L. (2013). An alternative UGM Paradigm to O-D matrices: the FRETURB model. WCTR 2013, Jul 2013, Rio de Janeiro, Brazil. 20 p.

- d'une part la matrice des mouvements générés par chacune des zones du territoire retenu et par chaque catégorie d'établissement présent dans la zone (M)
- d'autre part la matrice des fréquences logistiques (L).

Soit $G = M.L$

La matrice M est directement liée aux caractéristiques du tissu économique de chacune des zones appréhendées à travers le nombre d'établissements, leur activité, leur taille (exprimée en nombre de salariés) et la nature du local (bureau, usine, magasin...). Toutes ces informations peuvent être obtenues à travers l'application des ratios de mouvements * obtenus à partir des enquêtes TMV aux établissements recensés dans le fichier SIRENE.

La matrice L reflète les comportements logistiques des activités qui s'expriment essentiellement à travers les modes de gestion utilisés (compte d'autrui* / compte propre*), les types de véhicules, les organisations (tourné* / trace directe*).

Par conséquent, tout changement dans le tissu économique d'une agglomération, ou toute évolution dans les pratiques logistiques, aura un impact sur les mouvements de marchandises à la fois sur le plan quantitatif (combien de véhicules, de km-EVP*, d'heures de stationnement, et où ?) et sur le plan qualitatif (comment ? quels véhicules ? quels acteurs impliqués ?).

Ainsi, pour construire le scénario de référence année $t+n$ et/ou alimenter les éléments de scénarios mis à disposition de l'utilisateur, est-il nécessaire de dénombrer et de caractériser les établissements présents sur le territoire à l'horizon du scénario d'une part, et des évolutions dans leurs pratiques d'approvisionnement d'autre part. Dans le cadre du scénario de référence année $t+n$, ces évolutions dans la matrice L et la matrice M refléteront les tendances observées respectivement entre les deux vagues d'ETMV et entre les recensements. En revanche, dans le cadre des scénarios construits par l'utilisateur, des ruptures pourront être introduites tant dans les activités présentes que dans les comportements logistiques.

2.2. Ajout de nouveaux modules de calcul

Depuis une quinzaine d'années, le nombre des agglomérations utilisatrices de FRET_{urb} n'a cessé de s'accroître pour en compter aujourd'hui une cinquantaine en France et dans le monde (Toilier et al., 2014). Elles constituent un réseau précieux pour débusquer les limites du logiciel et les pistes d'amélioration. C'est notamment en se basant sur leurs retours que nous avons fait évoluer FRET_{urb} dans deux directions :

- l'introduction d'indicateurs environnementaux en sortie du logiciel,
- l'intégration d'un module de préconisations en termes d'implantation des aires de livraisons.

● Module environnemental

L'utilisation de COPERT 4* pour calculer les émissions polluantes (CO₂, NO_x, particules) liées aux livraisons urbaines suppose au minimum de connaître (Toilier et al., 2005) :

- la catégorie du véhicule,
- sa vitesse,
- le type de trajet (froid ou chaud).

Les Enquêtes Transport de Marchandises en Ville ont permis d'estimer les vitesses moyennes pour chaque classe de véhicule et par type d'espace desservi, appréhendé par sa densité et la qualité de sa desserte routière (Toilier et al., 2005). Elles fournissent également une description fine des types de véhicules utilisés en ville (gabarit) ainsi que des éléments pour estimer l'âge des véhicules en fonction de leur type et du mode de gestion.

Les matrices Origine-Destination (O-D) produites par FRET*urb* indiquent pour chaque classe de véhicule (VUL*, porteur, articulé), pour chaque type de trajet (trace directe, marche d'approche, liaison entre deux points consécutifs au sein de la tournée), et pour chaque mode d'organisation, le nombre de mouvements de marchandises estimés par le modèle.

Compte tenu de ces éléments, il est possible de déterminer quelles sont parmi ces O-D, celles qui sont effectuées alors que le moteur est froid, et celles qui ont été faites moteur chaud ; le moteur étant froid en deçà d'une certaine distance. Il est aussi possible de calculer les vitesses moyennes des véhicules en circulation et de répartir les 3 classes de véhicules simulées par FRET*urb* en des catégories beaucoup plus fines utilisables par COPERT.

Tous les éléments sont alors réunis pour permettre d'intégrer à la plate-forme SILOGUES toute une palette d'indicateurs environnementaux aptes à comparer les effets de différents scénarios et leur capacité à respecter les normes maximales d'émissions fixées soit dans le cadre « 3 x 20 » soit dans celui du contexte « Volontariste ».

● **Calcul des aires de livraisons**

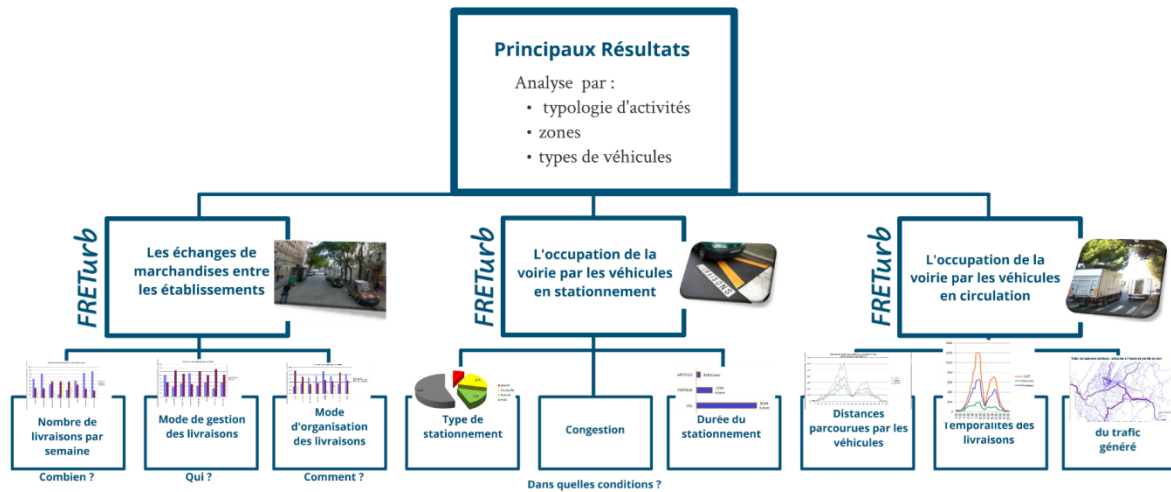
A partir du nombre de mouvements générés chaque semaine par les établissements économiques implantés dans une rue ou un quartier, et sur la base de la répartition des mouvements en fonction de l'heure de la journée, il est possible de déterminer le nombre d'aires de livraisons à mettre en place de manière à lutter contre les pratiques de stationnement gênant.

Appliquant les préconisations du guide pour l'aménagement des aires de livraisons (CERTU, 2009) et les confrontant avec les pratiques observées à Bordeaux et à Lyon, Gardrat et Serouge (2015) proposent une méthodologie pour quantifier et localiser les aires de livraisons. Elle sera introduite dans la plate-forme SILOGUES.

2.3. Les indicateurs produits

Dans sa version commercialisée, FRETurb propose les indicateurs suivants :

Figure 2 : Les résultats issus de FRETurb



Source : LET, Stand FRETurb au salon Innovatives SHS, 2013

<https://prezi.com/7hgg01ingg0k/silogues/>

Ces indicateurs sont fournis sous la forme de tableaux et graphiques. La version de FRETurb implantée dans la plate-forme SILOGUES proposera en outre des représentations sous la forme de cartes à l'échelle de la zone ou de la commune. De plus, comme indiqué au point précédent les sorties seront enrichies, notamment par des résultats relatifs aux émissions polluantes.

Pour chacune des 3 étapes de la simulation (état initial, état de référence année $t+n$, état scénarisé année $t+n$), SILOGUES fournira la même liste d'indicateurs afin de permettre la comparaison à l'horizon choisi par l'utilisateur. Les familles de résultats retenues sont :

- emplois
- nombre d'établissements
- types d'activités (en 8 ou en 45 groupes, selon les typologies ST8* et ST45*⁵ de FRETurb)
- mouvements
- types de véhicules
- mode d'organisation*
- mode de gestion*
- matrices O/D
- stationnement
- circulation

Sur la base de ces catégories des indicateurs seront produits par type de zone et des croisements et pourront être opérés pour fournir les indicateurs de :

- mouvements de marchandises par zones

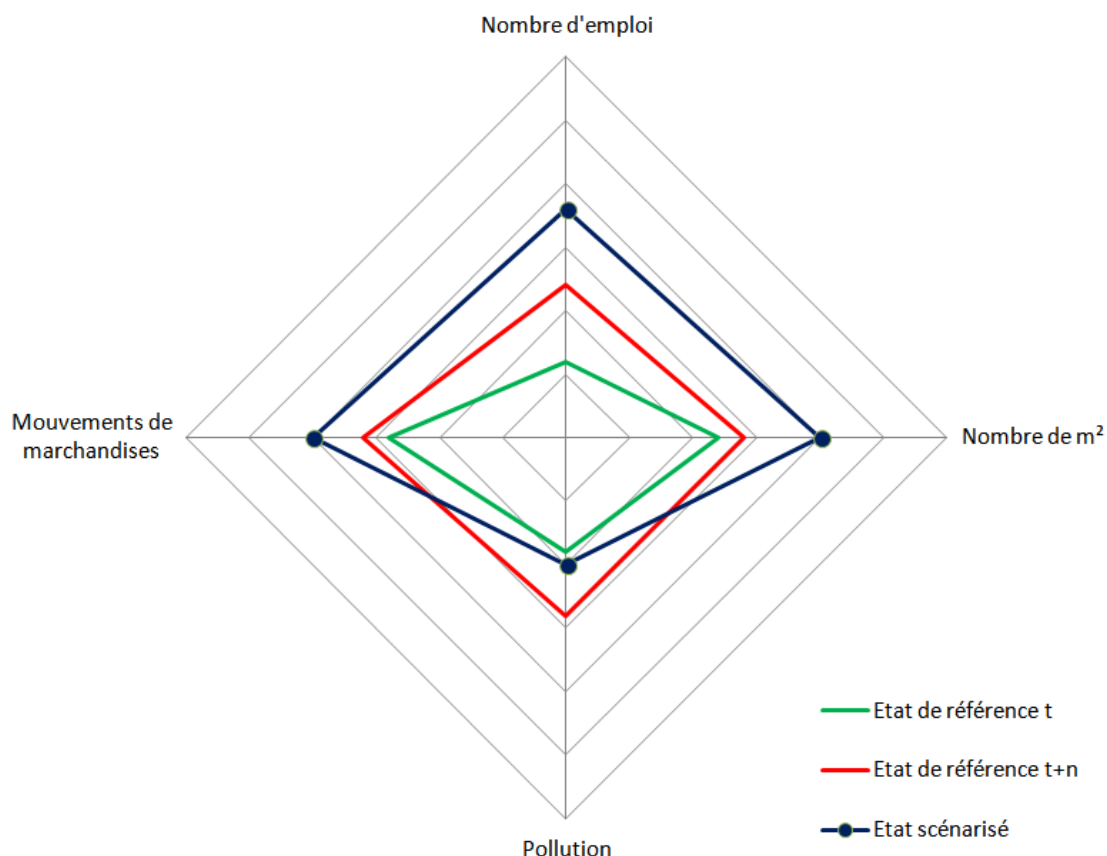
⁵ Cf. annexe 2.

- mouvements de marchandises par types d'activités
- parc de véhicules roulants par types de véhicules effectuant des livraisons
- temporalités des stationnements par zones
- temporalités des stationnements par types d'activités
- kilomètres parcourus par zones
- kilomètres parcourus par type d'activités
- émissions de CO₂ par zones
- émissions de polluants par zones

In fine, l'utilisateur pourra comparer rapidement les valeurs des principaux indicateurs, selon les trois états :

Figure 3 : Un exemple de représentation graphique de la comparaison des 3 états

SILOGUES Logistique urbaine : Comparaison de différents états



3. Simuler les dynamiques du tissu économique

Alors que FRET_{urb} fournit un portrait de territoire à un instant t , la plate-forme SILOGUES se propose de simuler et comparer des états possibles sous différentes hypothèses de développement urbain, de réglementation ou d'évolution des pratiques. Pour ce qui concerne les aspects économiques, l'introduction de cette dynamique dans la plate-forme a été opérée

à travers l'intégration du modèle de simulation des établissements économiques Simétab d'une part, et d'un module de calcul des fluctuations saisonnières destiné aux communes marquées par un tourisme important d'autre part.

3.1. Simétab : Simuler le tissu économique d'un territoire

Simétab est un modèle développé par Mathieu Gardrat et Marc Serouge⁶ afin de "simuler un fichier d'établissements", c'est-à-dire de créer un fichier similaire au SIRENE pour une date (voire une agglomération) pour laquelle on ne dispose pas du fichier de l'INSEE.

Cet outil est donc indispensable pour élaborer le scénario de référence à l'année $t+n$.

Il est issu du travail de typologie des communes d'Ile-de-France qui avait montré que des communes proches, en termes de densité de population et d'emplois, de position dans la hiérarchie urbaine, d'accessibilité..., ont des tissus économiques similaires (Toillier et al., 2015). En exploitant ces premières analyses et en les élargissant à l'ensemble des communes françaises, le modèle Simétab a vu le jour. Depuis son ébauche en 2012, il a été perfectionné dans le cadre du projet de recherche VILMODEs (Antoni et al., 2015) afin de permettre de simuler les établissements de 2010 à 2025 et d'alimenter les plates-formes SIMBAD et MOBISIM. Depuis 2015 il est également intégré au modèle multimodal MODEL Y développé par le Grand Lyon et qui intègre FRET *urb* pour la partie trafics de marchandises.

L'hypothèse sur laquelle repose Simétab est simple. Le tissu économique d'une ville X à un horizon $t+n$, correspond à celui d'une ville Y qui présente en t les mêmes caractéristiques que celles de X en $t+n$. Si l'on connaît pour t les caractéristiques de toutes les communes et leur tissu économique, il est ainsi facile d'en déduire les activités qui seront représentées dans X à l'horizon du modèle. L'hypothèse sous-jacente étant qu'à un type urbain correspond une structure économique. Le cœur de Simétab repose donc sur une typologie des communes françaises élaborée à partir de données d'entrées simples d'accès et standardisées.

La méthode de calibrage se base sur la compréhension des dynamiques territoriales qui, à travers la prise en compte d'un certain nombre d'indicateurs, permet d'aboutir à la définition d'une typologie de territoires urbanisés. Ainsi, par le biais d'une analyse factorielle discriminante, couplée à des méthodes de classifications statistiques (analyse en composante principale, méthode des nuées dynamiques, classification ascendante hiérarchique) réalisées sur :

- le dénombrement des entreprises et des établissements économiques mis à disposition annuellement par l'INSEE à l'échelle nationale,
- les fichiers SIRENE dont dispose le LAET à différentes dates et différents lieux (dont Paris, Bordeaux et Lyon...)
- les données issues des recensements de l'INSEE,
- des données spatiales (superficie, centroïdes, surface urbanisée, espaces verts...) fournies par l'IGN* et Corine Land Cover*,
- des éléments relatifs à la position de la commune dans la hiérarchie urbaine (fonctions administratives, statut au sein de l'unité urbaine) issus du descriptif des unités urbaines 2010 de l'INSEE

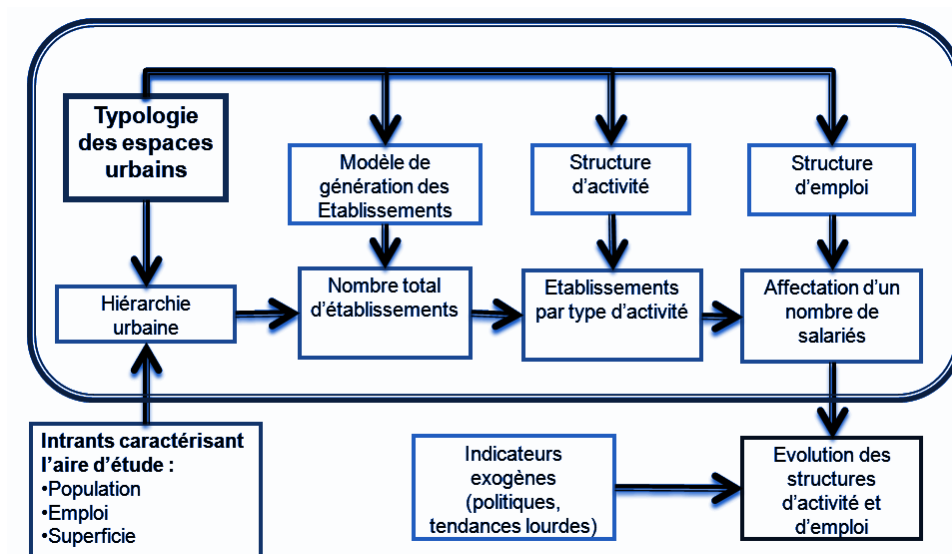
⁶ Gardrat et al., 2014

Simétab permet d'identifier des groupes de zones urbaines aux caractéristiques territoriales et économiques proches. A partir de cette typologie, Simétab modélise un nombre global d'établissements par zone qu'il affine ensuite en caractérisant ces établissements selon leur activité et leur taille. A noter que cette typologie est applicable tant à l'échelle communale qu'infra-communale pour une souplesse d'utilisation accrue du modèle SILOGUES.

La démarche Simétab s'organise ainsi en trois étapes :

- Construction de la typologie des espaces urbains à laquelle chaque zone est affectée ;
- Sur la base de cette typologie, génération d'un nombre d'établissements (définition d'une fonction spécifique pour chaque groupe de zones urbaines) ;
- Ventilation des établissements selon l'activité (en 45 groupes⁷) et la taille.

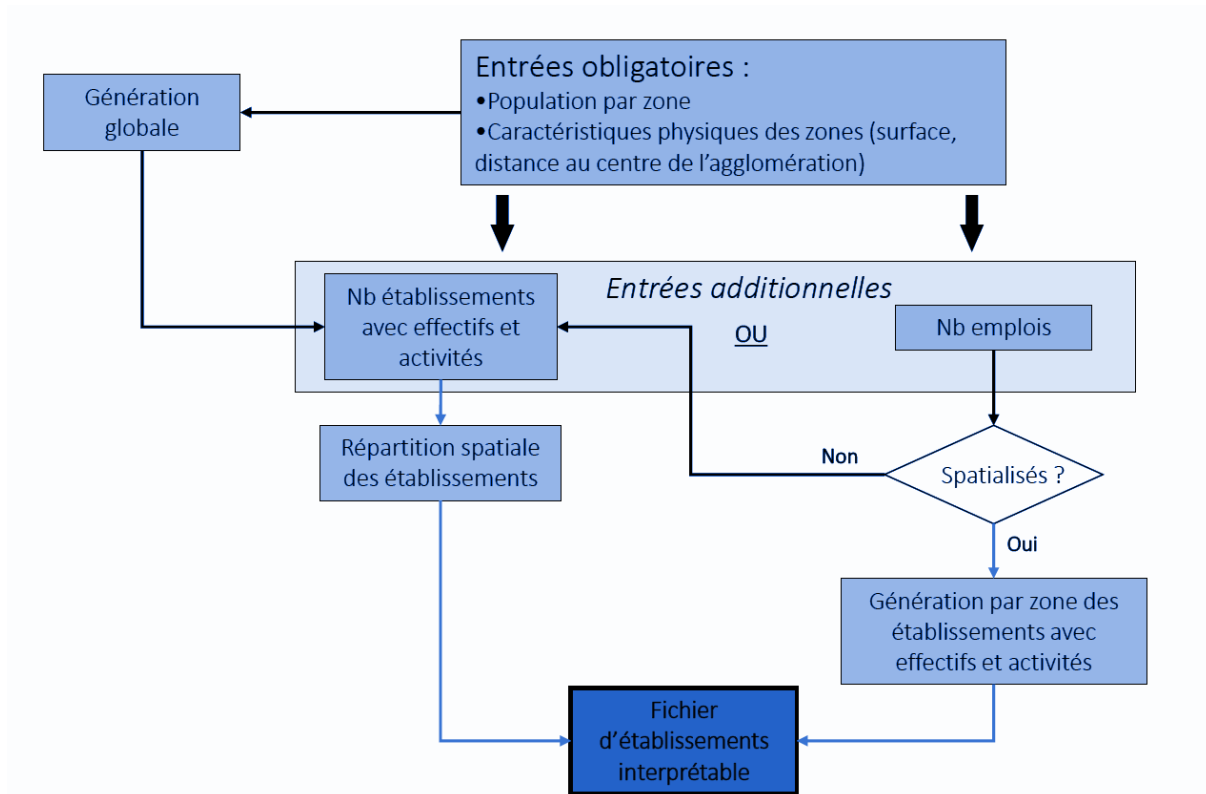
Figure 4 : L'architecture de Simétab (Gardrat et al., 2014)



Au sein de la plate-forme SILOGUES, Simétab fonctionne à partir de données d'entrée qui peuvent être plus ou moins précises selon le scénario testé : population et/ou emploi total et/ou emploi par type d'activité plus ou moins fin et/ou nombre d'établissements et/ou nombre de m² de plancher....

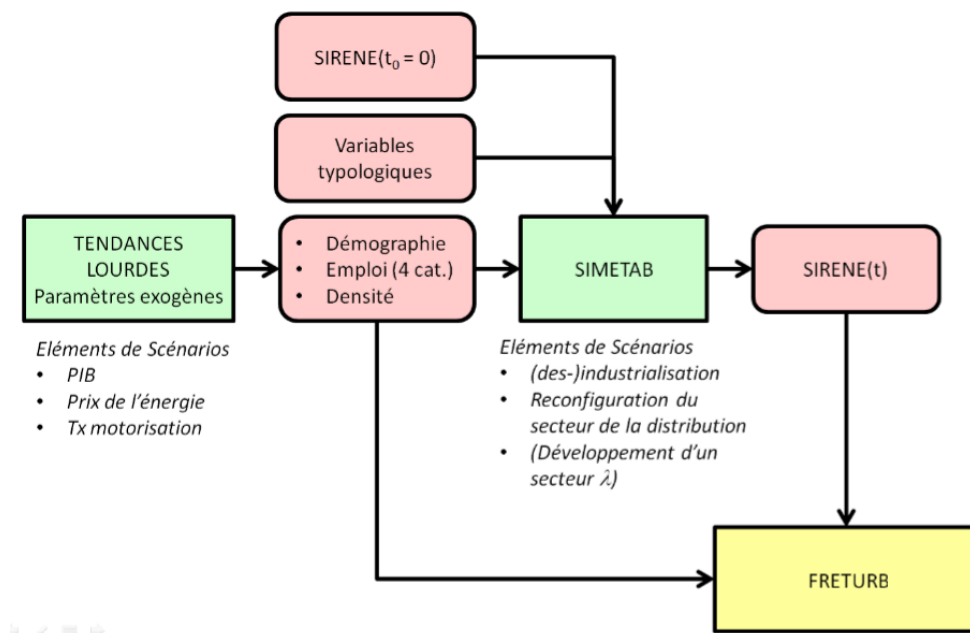
⁷ ST45 selon la typologie FRET_{urb}

Figure 5 : L'intégration de Simétab dans SILOGUES



En sortie de Simétab, on dispose donc d'un fichier d'établissements caractérisés par leur activité et leur taille et localisés sur un zonage donné. Ce fichier permet d'alimenter le modèle de génération des flux de marchandises pour simuler l'impact du scénario sur les indicateurs de sortie de SILOGUES.

Figure 6 : La place de SIMETAB dans l'architecture SILOGUES



Source : D'après Battaïa (2016)

Ainsi, en simulant les activités urbaines en $t+n$, le modèle Simétab permet-il d'estimer l'évolution du tissu économique, tant d'un point de vue spatial que structurel. Il peut ainsi

générer, sur un espace donné, des établissements en fonction de leur activité, de leur taille (en termes d'effectifs) et de leur localisation. Il s'agit bien ici de confronter la structure d'activité attendue avec la structure initiale, ce qui aboutit à créer les activités qui vont apparaître dans l'agglomération entre t et $t+n$ et symétriquement de détruire celles qui vont quitter l'agglomération. Signalons qu'à l'instar du modèle de génération et localisation des ménages utilisés dans SIMBAD, Simétab ne fait pas évoluer les établissements selon un cycle de vie prédéterminé. Si un établissement grandit, il est détruit puis recréé avec une taille supérieure⁸, tant qu'il reste dans la base de données, ses caractéristiques sont inchangées.

Si l'on reprend l'équation fondatrice de FRETurb $G = M.L$, estimer les variations des mouvements de marchandises suppose de connaître la façon dont le tissu économique d'un territoire va se structurer. A partir d'une situation initiale connue, et d'éléments aisément disponibles permettant d'affecter les zones qui composent l'agglomération à un type urbain, Simétab va créer / détruire les établissements afin de faire évoluer le fichier SIRENE utilisé pour l'état initial vers un fichier de type SIRENE qui pourra être utilisé par la plate-forme SILOGUES. Le modèle Simétab est par conséquent utilisé sur l'ensemble du déroulement de la simulation SILOGUES, soit de manière prospective simple pour le scénario de référence année $t+n$, soit lors d'un scénario construit par l'utilisateur où il permet d'agir sur les types d'établissements "impactés" par les politiques envisagées.

Signalons enfin que cette capacité à générer un fichier d'établissements utilisable par FRETurb présente en outre l'avantage de permettre d'utiliser SILOGUES sur des territoires où les fichiers SIRENE ne sont pas disponibles, à l'étranger par exemple.

3.2. Prise en compte de la saisonnalité : une approche par l'économie présentielle

Les territoires touristiques fournissent un exemple de particularités qui ne sont pas aujourd'hui prises en compte par FRETurb. En effet, en ne se fondant que sur les populations résidentielles, les lieux fortement touristiques ne sont pas bien appréhendés car ils occultent les consommations et activités potentielles des personnes effectuant des séjours courts sur le territoire. Certes, ces écarts sont réintégrés lors de la prise en compte des emplois par activités, mais le fichier SIRENE ne rend pas compte des variations importantes dans le nombre et la taille des établissements actifs au cours de l'année. De plus, les informations relatives au caractère "saisonnier" de l'activité sont souvent non ou mal renseignées dans SIRENE et quand bien même elles le seraient, elles peuvent occulter les activités qui entraînent un surcroît d'activités tout au long de l'année (tourisme culturel, tourisme d'affaire...).

Pour les besoins de SILOGUES, ce sont essentiellement les fluctuations sur l'année qui nous intéressent, car ces variations de la population et de l'emploi ont des conséquences importantes sur le niveau de congestion lié aux déplacements des particuliers et à l'occupation de la voirie par les véhicules de livraison en stationnement.

Il s'agit donc de prendre en compte la présence effective des populations sur un territoire et pas seulement celle de ses résidents permanents. Cette théorie de l'économie présentielle,

⁸ Ce n'est pas le cas des modèles utilisés dans MOBISIM qui appliquent une trajectoire de vie à la population synthétique créée pour la plate-forme.

développée par Laurent Davezies (2004) et Christophe Terrier et al. (2005) permet de rendre compte des consommations des résidents et des “séjournants”. Au sein de Simétab comme de FRETurb, la démographie, la densité de population, la typologie des activités... permettent d'estimer l'emploi. Or cette estimation est biaisée par la non-prise en compte des consommations liées au tourisme saisonnier, aux travailleurs consommant sur le territoire, aux étudiants ; ce qui ne rend pas correctement compte de l'attractivité d'un territoire. En résultent des sur ou sous-dimensionnements des équipements touristiques et d'accueil.

L'économie présentielle propose de prendre en compte les individus effectivement présents sur le territoire : leur consommation est alors estimée, ce qui impacte l'activité et l'emploi de certaines activités et donc leur approvisionnement en marchandises. D'autre part la prise en compte de l'économie présentielle permet de réviser les revenus moyens d'un territoire (et donc le panier moyen) qui ne seraient fondés que sur la présence des populations résidentes en permanence dans la zone d'étude.

L'exemple de l'Est-Var

A titre d'exemple, l'INSEE estime que chaque habitant de l'Est-Var reçoit en moyenne 31 jours de visites par an. Ce qui représente pour ce territoire de 112 000 habitants, plus de 3,4 millions de visiteurs par an. Soit pour une activité saisonnière comprise entre avril et septembre environ 500 000 visiteurs / mois.

En impactant la consommation, l'afflux touristique a des effets évidents sur les mouvements de marchandises d'un territoire. Cette intensité touristique n'est pas prise en compte dans les modèles existants. Or, les décisions d'aménagements logistiques, si elles occultent ce paramètre se trouvent sous-dimensionnées par rapport aux besoins. Voilà pourquoi les territoires à forte fréquentation touristique saisonnière nécessitent une approche différente d'une simple projection démographique linéaire.

La saisonnalité peut se mesurer au travers d'indicateurs structurels du territoire tels que :

- l'estimation du nombre de résidences hôtelières ou de campings avec une estimation des nuitées ;
- l'estimation du nombre de résidences secondaires.

Cette analyse peut également être complétée par une description fonctionnelle du territoire :

- l'estimation de la variation de la production des déchets ;
- l'estimation du nombre d'emplois saisonniers selon une typologie d'activités ;
- l'estimation du recours à l'intérim (données DADS*).

Données source INSEE, étude réalisée à la Maison de l'emploi Est-Var (2011), Diagnostic économique, <http://mde-estvar.fr/>

Sur la base d'un recensement des activités saisonnières identifiées au travers des statistiques des Déclarations Annuelles de Données Sociales (DADS), la saisonnalité est introduite au sein de SILOGUES par la réalisation de deux simulations successives :

- l'une pour la saison touristique : elle se base sur l'ensemble des établissements recensés dans SIRENE et sur la population moyenne totale du territoire (population résidente + touristes),
- l'autre pour la saison creuse : le fichier SIRENE est corrigé des activités touristiques et la population retenue est celle du recensement.

4. La prise en compte des résultats de la nouvelle vague d'ETMV

La plate-forme SILOGUES s'appuie sur la vague actuelle d'ETMV afin de quantifier les évolutions des matrices M et L :

- il s'agit tout d'abord de déterminer si les différents types d'activités économiques génèrent toujours le même nombre de mouvements de marchandises qu'au milieu des années 90, à taille d'établissements donnée (matrice M) ;
- sur la base du nombre de livraisons et enlèvements hebdomadaires, il s'agit de voir si les pratiques logistiques sont stables dans le temps (matrice L).

La comparaison entre les résultats des deux enquêtes ayant concerné l'agglomération de Bordeaux (en 1994 puis en 2013) laisse entendre que la matrice M n'a que peu évolué au cours des 20 dernières années (Tableau 2) tandis que la matrice L a connu des modifications qui s'illustrent notamment par une croissance de la part des véhicules utilitaires légers (Tableau 3) dans le nombre total de mouvements et par une professionnalisation du transport (Tableau 4) (Bonnaïfous et al., 2015). Dans SILOGUES, ce sont les ratios issus de la nouvelle vague d'enquête qui seront utilisés pour la construction des différents scénarios prospectifs et en particulier pour celui de référence année $t+n$.

Tableau 2: Nombre de mouvements par semaine et par emploi selon l'activité en 8 classes comparaison ETMV Bordeaux 1994 et Bordeaux 2013

Activité	1994	2013
Agriculture	0.6	0.5
Artisanat- services	1.1	1.2
Industrie	0.7	0.9
Commerce de gros	3.7	2.8
Grande distribution	0.8	0.7
Petit commerce	2.4	2.2
Tertiaire de bureaux	0.2	0.3
Entrepôts-Transport	6.3	3.8
Total	0.9	0.8

Source : LAET, ETMV Bordeaux 2013

Tableau 3 : Répartition des mouvements hebdomadaires selon le type de véhicule pour chaque type d'activité comparaison ETMV Bordeaux 1994 et Bordeaux 2013

Activité	1994			2013		
	% VUL	% Porteurs	% Articulés	% VUL	% Porteurs	% Articulés
Agriculture	43%	45%	11%	63%	11%	26%
Artisanat- services	69%	29%	2%	80%	17%	3%
Industrie	49%	34%	17%	56%	29%	15%
Commerce de gros	39%	50%	11%	60%	28%	12%
Grande distribution	22%	50%	28%	49%	32%	19%
Petit commerce	75%	23%	2%	77%	21%	2%
Tertiaire de bureaux	56%	40%	4%	77%	19%	4%
Entrepôts-Transport	8%	39%	53%	28%	23%	50%
Total	52%	36%	13%	69%	22%	9%

Source : LAET, ETMV Bordeaux 2013

Tableau 4 : Répartition des mouvements hebdomadaires selon le mode de gestion pour chaque type d'activité comparaison ETMV Bordeaux 1994 et Bordeaux 2013

Activité	1994		2013	
	% Compte d'autrui	% Compte propre	% Compte d'autrui	% Compte propre
Agriculture	42%	58%	40%	60%
Artisanat- services	26%	74%	44%	56%
Industrie	61%	39%	63%	37%
Commerce de gros	35%	65%	67%	33%
Grande distribution	58%	42%	85%	15%
Petit commerce	23%	77%	44%	56%
Tertiaire de bureaux	53%	47%	47%	53%
Entrepôts-Transport	44%	56%	77%	23%
Total	38%	62%	53%	47%

Source : LAET, ETMV Bordeaux 2013

5. Le suivi des innovations

Fort de sa connaissance des déterminants des mouvements de marchandises et de sa capacité à modéliser la logistique urbaine, le LAET a été amené à participer à divers contrats de recherche ayant pour objectif de simuler la mise en œuvre d'innovations, qu'elles soient matérielles ou organisationnelles, et d'en mesurer les conséquences. Dans un certain nombre de cas, ces innovations ont été expérimentées sur le terrain et ont pu donner lieu à une évaluation des changements de pratiques liés à l'innovation, ainsi que des gains et des freins liés à leur déploiement à plus grande échelle. Les leçons tirées de ces simulations et expérimentations pourront servir à alimenter les éléments de scénarios proposés par la plateforme SILOGUES. Les projets évoqués sont :

- LUMD : Logistique urbaine mutualisée durable,
- CityMove : City Multirole Optimized Vehicle,
- Freilot,
- ALF : Aire de livraison du futur,
- MODUM : Mutualisation et optimisation de la distribution urbaine des marchandises,
- VCV : Vert chez vous au fil de l'eau.

5.1. LUMD : Logistique urbaine mutualisée durable

LUMD est un projet FUI (2008-2011) qui a regroupé quatre laboratoires de recherche, ainsi que quatre sociétés de développement autour du Groupe Presstalis, le coordinateur du projet. Il propose d'identifier, d'assembler et de commercialiser les capacités résiduelles disponibles de différents transporteurs présents sur une ville, pour répondre à tout type de demande de livraison ou de stockage du marché. L'emploi des capacités résiduelles disponibles sur le marché à grande échelle permet d'optimiser et d'accroître la rentabilité des moyens logistiques existants dans un souci de maîtrise de l'impact sur l'environnement des livraisons en ville et de maintien du dynamisme économique du cœur des villes. L'optimisation se fait par la consolidation du fret urbain et la diversification de l'approche consommateur par le multi modal

(camionnette, vélo, triporteur, véhicule électrique, tram, bus...). Le LAET a fourni dans ce projet les batteries de données sur la demande de fret urbain et les caractéristiques de l'offre de transport pour le calibrage des modèles et les tests de la plateforme. LUMD est aussi une plate-forme d'intermédiation sur internet permettant, de créer une communauté d'acteurs offreurs et demandeurs de capacités, de suivre de bout en bout les opérations d'acheminement des marchandises, de rendre compte de la performance environnementale. Ce modèle s'appuie sur la mise en réseau de capacités résiduelles disponibles, réseau multi modal, à la carte, ouvert à tous les acteurs logistiques locaux. C'est donc un outil de massification et de mutualisation au niveau urbain. Il n'a pas abouti à une mise en œuvre opérationnelle mais plusieurs leviers méthodologiques ont été levés. SILOGUES peut intégrer les caractéristiques des données et des scénarios de mutualisation du dernier kilomètre qui sont définies dans LUMD.

5.2. CityMove : City Multirole Optimized Vehicle

Le projet CITYMOVE est un projet européen dont l'objectif est de développer une solution véhicule innovante, s'adaptant aux contraintes du transport de marchandises en ville. Cette approche prend en compte les contraintes de sécurité, flexibilité, fiabilité, propreté et d'efficacité énergétique que représentent les enjeux du transport de marchandises dans la ville durable.

Le LAET a dans ce projet contribué à la construction d'une plate-forme de micro-simulation à grande échelle dont l'objectif était d'évaluer le comportement du véhicule dans un environnement réaliste, tant par les conditions de circulations que par les comportements liés au transport de marchandises. Articulé autour d'un modèle de micro-simulation du trafic (développé sous VISSIM), un modèle de micro-simulation des réactions du couple véhicule-chauffeur (développé par Volvo sous Simulink), et un modèle de simulation des tournées (développé par le LAET) réalisé sur la base des enquêtes TMV et du modèle FRET *urb* (Augros et Gardrat, 2013). Initialement produits sur une portion de Lyon, les résultats ont été généralisés à l'ensemble de l'agglomération lyonnaise dans le cadre de scénarios prospectifs sur les usages de divers modes de scénarios prospectifs.

L'analyse des résultats produits par cette plate-forme a permis au LAET d'approfondir ses connaissances en termes de bilan environnemental et d'impact des nouvelles motorisations sur la qualité de l'air et le système de transport et de disposer de bases de données simulées extrêmement précises quant aux interactions véhicule-traffic dans la situation de la livraison urbaine de marchandises. Les développements relatifs au modèle construit dans le cadre du projet ont également permis de poser les bases méthodologiques et techniques d'un outil de micro-simulation de tournées de livraisons de marchandises et de générations des poids et volumes de marchandises. Ces éléments préfigurent les fonctionnalités les plus avancées de SILOGUES notamment en termes d'évaluation environnementale et de modification des organisations logistiques.

5.3. Freilot

Le projet européen Freilot se proposait de tester cinq technologies sur différents terrains urbains et périurbains afin d'estimer les effets qu'elles pourraient avoir sur le comportement de conduite, la consommation de carburant, le temps de conduite, les émissions de CO₂ et la pollution locale de l'air et du sol. Les cinq technologies testées ont été un système d'aide à

l'éco-conduite, un système de bridage d'accélération et de vitesse (testés dans des parcours régionaux, nationaux et même européens avec un focus en milieu urbain et périurbain), deux systèmes de contrôle des intersections (testés à Helmond, Lyon et Cracovie) et un système de réservation d'aires de livraison.

Le LAET, en charge de l'évaluation économique et environnementale du projet a développé pour cette occasion diverses méthodes de recueil de données et d'évaluation (Gonzalez-Feliu et al. 2013), mêlant capture de données GPS et enquêtes de terrain. Le gain d'expérience et de données a été substantiel dans les domaines suivants :

- Evaluation des interactions infrastructure-véhicules et ses effets sur la consommation des véhicules
- Effets des pratiques de livraisons sur le trafic (double-file vs. stationnement régulier)
- Influence des capacités d'accueil des véhicules sur la consommation de véhicules
- Evaluation économique (analyse coûts-avantages) des systèmes proposés
- Evaluation environnementale des systèmes proposés

Les données acquises sur Lyon, Helmond, Cracovie et Bilbao condensent des connaissances sur les profils de conduite des véhicules de transport de marchandises en milieux urbain et périurbain, ainsi que sur l'utilisation des aires de livraisons et les variables déterminantes de leurs conditions d'occupation. Ces éléments viennent enrichir les mécanismes d'évaluation environnementale du modèle SILOGUES, ainsi que les scénarios relatifs au stationnement (Aménagement et contrôle des aires de livraison).

5.4. ALF : Aire de livraison du futur

ALF est un projet soumis par un consortium constitué de quatre laboratoires de recherche et de quatre bureaux d'étude et groupes économiques dans le cadre du PREDIT 4. Son objectif est de proposer une gestion mutualisée (basée sur un système de réservation) et dynamique des aires de livraison de façon à réduire la congestion et la pollution liées aux livraisons, à optimiser les tournées des chauffeurs livreurs, à créer des emplois et à donner une image de la ville plus "vivable" (David et al., 2012). Les solutions envisagées dans ce projet ont consisté à concevoir un ensemble de propositions, des plus simples fondées sur la situation actuelle des aires de livraison, aux plus futuristes, en rupture avec la perception actuelles des aires.

Ainsi, les solutions proposées sont basées sur une gestion statique et informatisée des aires d'abord, puis sur une gestion dynamique, permettant notamment une adaptation en temps réel aux changements liés à la circulation, aux travaux, aux choix de restriction de circulations et des aléas (accidents, manifestations, ...) jusqu'à envisager l'implémentation de nouvelles aires de livraison auxquelles seraient greffés différents services novateurs et cohérents avec l'idée de ville durable.

Le LAET a notamment construit le scénario de référence du système de réservation des aires de livraison sur la Presqu'île de Lyon. La fiabilité de ce mode de référencement a été démontrée par le test de cet outil de réservation. Les retombées économique en termes de gains de productivité pour les professionnels du transport, de création d'emplois liés à la plateforme de réservation et de gestion des aires, l'amélioration des conditions de travail pour les chauffeurs-livreurs, la réduction de la congestion, de la pollution locale et d'émissions de gaz à effet de serre peut ainsi être estimée.

5.5. MODUM : Mutualisation et optimisation de la distribution urbaine des marchandises

Ce projet de recherche ANR s'est proposé d'étudier une nouvelle organisation de la logistique urbaine, combinant à la fois l'accès à l'entrée de la ville et la distribution du dernier kilomètre. Il associe une démarche à la fois de massification sur un anneau de distribution au plus près des lieux à livrer) et de distribution du dernier kilomètre (véhicules légers en libre-service pour les acheminements terminaux). Cette nouvelle organisation cherche à tenir compte de la multi-modalité des transports (route, ferroviaire, fluvial) dans la planification des flux. Elle s'appuie sur la rationalisation et la mutualisation du transport dans une optique de développement durable et d'optimisation des ressources, non seulement en termes économiques mais également environnementaux. Trois principes sous-tendent la conception de cette organisation : massification des flux ; interdiction de pénétration dans la zone urbaine pour les camions sous diverses contraintes (comme par exemple tonnage, volume, type de motorisation) ; souplesse d'utilisation pour les chargeurs. Le LAET a produit dans ce projet les bases de connaissance de la demande et de l'offre existante simulée sur une ville modèle. Il a également modélisé les flux de marchandises à l'intérieur de la ville, sur la base des données de mouvements modélisées par FRETurb.

5.6. VcV : Vert chez Vous au fil de l'Eau

Le projet VcV - au fil de l'Eau a fait l'objet d'un contrat d'aide du FUI en 2012-2015. Il avait pour objet de concevoir un prototype de bateau fluvial dédié à la livraison urbaine, couplé avec des véhicules propres de types cargo-cycles. Le LAET avait pour tâche d'en évaluer l'impact socio-économique et environnemental et d'en étudier la transférabilité à d'autres sites. Par la mise en œuvre d'une analyse avant-après, cette expérimentation a permis au LAET de démontrer l'utilité de la simulation notamment en ce qui concerne la mesure des impacts d'une forme innovante d'espace logistique urbain que représente l'usage d'une péniche comme « entrepôt mobile ». Par la mise en œuvre de FRETurb sur la région Ile de France, nous avons estimé les durées de stationnement et les distances parcourues entre deux positions de tournées générées par chacune des livraisons effectuées dans la situation ex-ante de l'expérimentation. Par ailleurs, l'utilisation de FRETurb sur chacun des sites sur lesquels nous avons testé la transférabilité de l'expérimentation a permis de calculer la demande potentielle en nombre de livraisons dans les territoires accessibles au système de livraison VcV-AFE, nous permettant ainsi de classer les sites en termes de potentiel économique. Ces travaux alimentent la méthodologie de comparaison entre le scénario de référence et certains éléments de scénario de SILOGUES, notamment dans la comparaison du scénario de référence et des scénarios de transfert modal (ici, route-voie d'eau).

Les sources de connaissance en termes de méthodes d'analyse des innovations et d'aide à la décision ne se réduisent évidemment pas aux seuls travaux auxquels le LAET a eu l'occasion de participer et qui sont résumés ci-dessus. Nous citerons notamment le projet de recherche PLUME (Ecole des Mines de Saint-Etienne et al., 2011), dont l'un des objectifs était de fournir des outils méthodologiques pour guider la mise en place des zones logistiques urbaines (ZLU). Il s'est intéressé particulièrement aux questions suivantes : en fonction d'un

niveau de demande prévisionnel et de contraintes environnementales, budgétaires, matérielles et organisationnelles, combien utiliser de ZLU, où les positionner, comment les dimensionner, les aménager et les équiper notamment en systèmes producteurs d'énergie (capteurs photovoltaïque, éoliennes, etc.), comment organiser le transport à partir de ces plates-formes ? Le but est d'arriver à un modèle innovant, durable et exemplaire : un outil d'aide à la décision pour d'autres agglomérations et d'autres acteurs en ce qui concerne l'intégration et l'acceptabilité des activités logistiques en milieu urbain.

III - La construction modulaire des scénarios

Cette partie décrit la manière dont sont construits les scénarios à travers la plate-forme SILOGUES. Elle s'organise autour de la situation de référence, qu'il s'agisse de l'état initial à l'instant t , de la référence année $t+n$, ou des états scénarisés par la combinaison de divers éléments de scénarios choisis parmi les 4 thématiques retenues jusqu'à présent (environnement économique et spatial, internalisation, réglementation, achats des ménages). Pour chaque scénario ou élément de scénario, cette description est suivie d'un tableau synthétique qui indique :

- Les principes de construction du scénario,
- Les objectifs du scénario,
- La méthode retenue pour élaborer le scénario,
- Les informations requises, qui sont celles qui doivent être fournies par l'utilisateur,
- Les variables impliquées dans le calcul,
- Les points de vigilance, qui décrivent les limites de la méthode de calcul sur la prédictibilité des résultats. Dans certains cas, l'utilisateur sera alors sollicité pour choisir lui-même les conditions dans lesquelles se réalise l'élément de scénario (par exemple, sur le mode de croissance urbaine projeté, l'utilisateur sera sollicité pour choisir entre étalement et densification).

1. La construction des deux scénarios de référence

1.1. L'état initial : année t

Sur la base du fichier SIRENE de l'année t , d'un fichier de zonage constitué par l'utilisateur et incluant des données de population pour l'année t , ainsi que d'un distancier zone à zone, le diagnostic de la situation initiale est construit automatiquement dans la plate-forme SILOGUES.

1.2. L'état de référence année $t+n$

L'état de référence année $t+n$ consiste à simuler l'évolution d'un territoire à facteurs constants ou *ceteris paribus*. Il prend en compte les grandes tendances relatives aux variables de population et d'emploi à l'horizon $t+n$, et permet ainsi de calculer la matrice **M** sur la base des évolutions simulées de la structure des activités économiques et des territoires.

Par ailleurs, cet état prolonge les tendances observées au niveau des pratiques logistiques (matrice **L** de l'équation) et des comportements d'achats, mais exonère l'aménageur de la prise en compte de variables exogènes pouvant influencer les modifications du territoire, en particulier l'effet de politiques spécifiques. Il fait également abstraction de toutes évolutions exogènes impulsées des flux migratoires non prévisibles par exemple. La construction de l'état de référence année $t+n$ n'a pas d'autre objectif que de permettre une comparaison aux situations scénarisées par SILOGUES pour en déterminer les effets.

On peut ainsi calculer la matrice $\mathbf{G}_{t+n} = \mathbf{M}_{t+n} \cdot \mathbf{L}_{t+n}$, ce qui permet d'avoir une simulation des mouvements de marchandises à l'horizon souhaité.

● **Le prolongement des tendances démographiques**

La simulation de la population de l'agglomération à l'horizon $t+n$ peut être soit fournie par l'utilisateur, soit réalisée par SILOGUES.

En effet, à l'aide de son modèle OMPHALE, Outil Méthodologique de Projection d'Habitants, d'Actifs, de Logements et d'Elèves, l'INSEE propose un service de projection de la population à l'échelle d'un territoire. Elle produit des simulations annuelles entre 2007 et 2060 à partir de « *la dernière population définitive connue, celle des estimations de population au 1^{er} janvier 2007, basées sur le recensement⁹* ». Cette estimation est construite en simulant sous hypothèses validées par un groupe d'experts et d'utilisateurs, l'évolution de la fécondité, de la mortalité et des migrations. L'agglomération qui souhaite faire de la prospective en matière de logistique urbaine peut ainsi commander à l'INSEE une projection de sa population à l'horizon de son scénario et l'introduire dans SILOGUES.

A défaut de disposer de cette projection, SILOGUES peut proposer sa propre estimation en prolongeant les tendances observées à travers les recensements de population, sur un horizon $t+n$ donné. Cette modélisation est construite à travers les étapes suivantes :

1. L'évolution moyenne annuelle entre 1962 et 2012 de la population du département auquel appartient l'agglomération d'étude est calculée à l'aide des données publiées par l'INSEE ;
2. La répartition communale de la population du département est calculée pour 2012 à partir des données du recensement ;
3. La population totale de l'agglomération d'étude à l'horizon $t+n$ est calculée en appliquant à la population de l'année t , le taux de croissance annuel moyen calculé à l'étape 1 ;
4. La population totale pour $t+n$ est répartie entre les communes de l'agglomération d'étude en appliquant la répartition observée en t (étape 2).

Cette procédure permet de répartir la population supplémentaire en conservant la distribution des densités. Les calculs portent sur les communes mais peuvent être également fournis à l'échelle de la zone (si celle-ci est inférieure à la commune) en conservant les rapports de densités d'une zone à l'autre.

● **La structure de l'emploi par commune**

On assimile l'emploi d'une commune à la population active occupée qui travaille dans cette commune. Tout comme pour la population, son évolution est estimée à partir des données des recensements de l'INSEE, et en suivant une procédure analogue. Sur la base de l'évolution de cet emploi global, une désagrégation selon le secteur d'activité (fournie selon au minimum 4 catégories : agriculture / industrie / BTP / tertiaire) est opérée. Une fois ce niveau d'emploi par grandes catégories et par commune défini, et sur la base de la population simulée par

⁹http://www.insee.fr/fr/publications-et-services/default.asp?page=dossiers_web/projections-population/projections-population.htm consulté en mai 2016

commune, on utilise Simétab pour construire le fichier des établissements de $t+n$. C'est à cette étape que sont alors définies les activités économiques dans une nomenclature plus fine utilisée par FRETurb.

Tableau 5 : Tableau récapitulatif de l'état de référence année $t+n$

Scénario	référence année $t+n$
Principes	Construire la situation de référence par rapport à laquelle seront évalués les scénarios construits par l'utilisateur.
Objectifs	Montrer les évolutions des mouvements de marchandises en l'absence de modifications d'aménagement, de réglementation et dans les organisations logistiques.
Méthode	Projection toutes choses égales par ailleurs de la population, de l'emploi et des activités à un horizon donné. Génération du fichier d'établissements caractérisés par leur activité fine (ST45-FRETurb) et par leur taille (classes d'effectif salarié) avec Simétab sur la base de sa typologie de communes. La construction de ce scénario passe par une estimation de l'emploi et des SHON pour chaque type d'activité.
Information requise	Emploi et population par zone en $t+n$ (optionnel)
Variables impliquées	Population, population active occupée, densité, activité, taille des établissements, typologie de communes, SHON par activité.
Points de vigilance	En ce qui concerne la croissance de la population, l'utilisateur aura à déterminer s'il privilégie une croissance avec étalement urbain ou bien par densification des centres.

2. La construction des scénarios par l'utilisateur

Cette partie décrit chacun de ces éléments de scénarios et s'attache à montrer quels vont être les mécanismes de mesure de leurs impacts sur les mouvements de marchandises.

A partir d'une toile de fond constituée du scénario de référence année $t+n$, il s'agit d'introduire et de combiner 13 éléments de scénarios, qu'il s'agisse de mesures réglementaires, de tendances, ou d'incitations diverses, portant sur les quatre thématiques de l'environnement économique et spatial, de la réglementation, de l'internalisation et des déplacements d'achats, afin de constituer un ou plusieurs scénarios distincts. Ces éléments de scénarios sont organisés de la manière suivante :

1. Environnement économique et spatial
 - a. Politiques d'aménagement,

- b. Soutien d'un secteur économique,
 - c. Evolution de la superficie des établissements,
 - d. Pratiques du showroom* / PAM.
2. Pratiques réglementaires
 - a. Restrictions sur les véhicules autorisés à circuler,
 - b. Règlementation des horaires,
 - c. Aménagement et contrôle des aires de livraison.
 3. Organisation de la logistique
 - a. Modification du système logistique,
 - b. Mutualisation (massification),
 - c. Centre de Distribution Urbaine (CDU*),
 - d. Changements de modes et de motorisations.
 4. Pratiques des consommateurs : livraisons à domicile ou à proximité

L'insertion des éléments de scénarios à l'intérieur des thématiques présentées ici peut être sujette à débat. En effet, la logistique urbaine devant être appréhendée de manière systémique, il n'est pas possible de fixer des limites étanches entre les thématiques. La mutualisation sur des espaces logistiques urbains est-elle le fait d'une stratégie propre aux chargeurs ou aux transporteurs, ou bien la conséquence de la mise en œuvre par la collectivité de mesures restrictives d'accès au centre pour les véhicules utilitaires, ou encore un effet de l'évolution du tissu urbain et du tissu économique ? Le plan adopté ici ne doit donc pas être considéré comme absolu, d'autant plus que la plate-forme SILOGUES n'est pas destinée à rester figée. Elle sera amenée à évoluer et à intégrer de nouvelles thématiques et de nouveaux éléments de scénarios en fonction des progrès accomplis dans la connaissance des déterminants des mouvements de marchandises, des pratiques logistiques, des technologies disponibles, etc. Les 13 éléments de scénarios identifiés ici constituent les évolutions concrètes qu'il est possible de simuler avec SILOGUES, compte tenu de l'état actuel de la connaissance et qui seront progressivement enrichies. Ils entrent dans la composition de la plupart des scénarios envisagés par les acteurs interrogés dans la phase préliminaire de la recherche.

Ces éléments de scénarios sont énumérés ci-dessous :

Capture SILOGUES 1 : Le choix par l'utilisateur des éléments de scénarios dans la plateforme SILOGUES

Gestion des scénarios

Position	Élément de scénario	Actif ?
1	Politique d'aménagement	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Tendances économiques	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Soutien d'un secteur économique	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Évolution de la taille des établissements	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Pratiques showroom / drive	<input checked="" type="checkbox"/>
6	ZAPA / LEZ	<input type="checkbox"/>
7	Horaires d'accès restreints	<input type="checkbox"/>
8	Livraison en horaires décalés	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Contrôle des aires de livraison	<input type="checkbox"/>
10	ELU (Espaces Logistiques Urbains)	<input type="checkbox"/>
11	Mutualisation (massification)	<input type="checkbox"/>
12	Changements modes et motorisations	<input type="checkbox"/>
13	Livraisons à domicile / à proximité	<input type="checkbox"/>

Monter

Descendre

Définir

Lancer la simulation

Cette interface permet à l'utilisateur de décider quels éléments il souhaite activer pour élaborer son scénario :

2.1. Thématique "environnement économique et spatial"

Cette thématique recouvre toutes les modifications du tissu économique d'un territoire. Elles peuvent avoir plusieurs origines qui émanent soit de choix d'urbanisme issus des documents de planification élaborés à un horizon de plus ou moins long terme (redynamisation des centres-villes, création des zones d'activités) ; soit de modifications dans la croissance urbaine telles que des évolutions dans la localisation des activités (desserrement / recentrage), soit encore d'évolutions dans la nature des activités présentes sur un territoire liées à des phénomènes économiques globaux (développement des franchises par exemple).

Quelles que soient les origines de la modification de la structure du tissu économique d'un territoire, SILOGUES a pour fonction de traduire ces changements en faisant évoluer le fichier des établissements sur les variables relatives au nombre, à l'activité, à la taille et à la localisation au sein de l'agglomération. Sur la base de ce nouveau fichier d'établissements et du fichier de zonage correspondant à l'horizon souhaité (qui intègre les évolutions projetées concernant la population et la densité de chacune des zones), il est possible de simuler les mouvements de marchandises pour ensuite les comparer avec les scénarios de référence (état initial et de référence année $t+n$).

Plusieurs types d'évolutions de l'environnement économique et spatial sont aujourd'hui proposés par SILOGUES :

- politique d'aménagement ciblée sur une zone déterminée : création de zone d'activité par exemple, développement d'un nouveau quartier sur une friche ;
- soutien d'un secteur économique en adéquation avec les potentialités naturelles ou structurelles d'un territoire : développement de l'économie verte par exemple ;
- évolution de la taille des établissements en fonction des disponibilités foncières et des pratiques managériales : prise en compte du resserrement des surfaces par emploi et/ou du travail à domicile par exemple ;
- évolution de la nature des surfaces commerciales en lien notamment avec le développement de e-commerce : les boutiques deviennent des showroom où l'on peut voir l'objet que l'on va ensuite commander sur internet, développement du drive* et des points relais.

● **Elément de scénario : Politiques d'aménagement**

Face à une volonté d'aménagement de l'espace urbain, il s'agit d'anticiper les flux de marchandises générés par ces restructurations. Cela passe par la création du fichier d'établissements à l'aide de Simétab.

Deux options sont possibles :

1. *Le programme d'aménagement est explicite en termes de localisation, de type d'activités ou de SHON construite* : la simulation consiste alors à les insérer dans SILOGUES en fonction des données de l'utilisateur. Néanmoins, la plate-forme ne se contentera pas de les traduire mais contrôlera les éventuelles "incohérences" en termes d'emplois et/ou de SHON projetées de manière à "avertir" l'utilisateur qui choisira soit de maintenir ses hypothèses, soit de prendre en compte les suggestions formulées ;
2. *La localisation des aménagements peut être décidée mais aucun programme n'est encore proposé* : en fonction des hypothèses démographiques fournies par SILOGUES, Simétab crée les établissements selon la structure d'activité propre au type de commune auquel appartient la zone concernée.

Tableau 6 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario « Politiques d'aménagement »

Elément de scénario	Politiques d'aménagement
Principes	Simuler les effets d'aménagements sur une zone donnée.
Objectifs	→ Donner des informations aux décideurs / aménageurs, sur les effets possibles des aménagements futurs ; → Aider à la décision entre divers choix d'aménagement
Méthode	Création d'un fichier d'établissements dans une zone donnée en fonction du type urbain et/ou des éléments de programmation connus.
Information requise	Superficie de la zone concernée, nombre de m ² construits,

	nombre d'emplois et de population attendus.
Variables impliquées	Nombre d'établissements, activité, taille, localisation, population, densité, typologie de communes, SHON par activité.
Points de vigilance	Cela suppose de quantifier les créations d'emplois suscitées par ces politiques.

● **Elément de scénario : Soutien d'un secteur économique**

Les motivations pour soutenir un secteur économique peuvent être variées : profiter de ressources naturelles présentes sur un territoire, participer au rayonnement et à l'attractivité locale, faire correspondre les activités économiques aux besoins de la population présente (soutien des activités de santé et/ou d'aides à la personne pour une population vieillissante par exemple), requalification des friches... Quelles que soient ces motivations il s'agit d'impulser une dynamique sur un secteur déterminé.

En fonction des informations fournies par l'utilisateur, la plate-forme SILOGUES va orienter les créations / transformations des activités économiques vers les secteurs à soutenir. C'est donc la structure du fichier d'établissements à l'état de référence année $t+n$ qui va se modifier et impacter les mouvements de marchandises. Il s'agit ici de fournir aux décideurs les moyens d'anticiper les conséquences du soutien à un secteur pour prévoir éventuellement les aménagements nécessaires pour les accompagner (aires de livraisons par exemple) et/ou pour inscrire dans les documents d'urbanisme les "contraintes" s'y rapportant (nécessité de prévoir des m² logistiques dans les nouvelles constructions par exemple).

La méthode consiste à estimer les modifications du tissu économique d'un territoire avec Simétab, en forçant la présence de certaines activités, c'est-à-dire, à niveau d'emploi donné par l'état de référence année $t+n$, à substituer des activités à d'autres.

Les variables d'entrée, fournies par l'utilisateur seront :

- Le secteur à soutenir, qu'il soit identifié à travers son code APE* (recommandé) ou sa ST45 (au minimum) ;
- La localisation : facultatif.

Tableau 7 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Soutien à un secteur économique

Elément de scénario	Soutien à un secteur économique
Principes	Encourager le développement d'un secteur économique particulier.
Objectifs	Augmenter la taille des établissements existants ou le nombre d'établissements de manière à accroître le nombre d'emplois dans cette activité.
Méthode	Création de nouveaux établissements dans le secteur économique choisit par l'utilisateur
Information requise	Secteur à soutenir (ST45 minimum, ou APET*700), zone(s) concernée(s)
Variables impliquées	Nombre d'établissements, activité et taille des établissements.
Points de vigilance	Nécessité de définir des clés de substitution entre les activités économiques $t+n - t$ Formuler des hypothèses sur le succès de la mesure

● **Elément de scénario : Evolution de la superficie des établissements**

Les projets d'aménagement affichent souvent un nombre de m² de plancher construits (SHON), un nombre d'emplois potentiellement accueillis ainsi que des activités pressenties pour occuper ces nouveaux espaces. Pour pouvoir estimer leur impact sur les mouvements de marchandises, il est nécessaire de convertir ces superficies, ces emplois et ces activités en établissements économiques. Or la taille moyenne des établissements (exprimée en nombre de m² par emploi) n'est pas uniforme sur l'espace urbain. Ainsi, pour une même activité, les surfaces par emploi sont plus contraintes dans les hypercentres que dans les couronnes périphériques : la densité de population et d'emplois impacte les superficies allouées.

Différentes raisons peuvent expliquer ces fluctuations dans les tailles moyennes des établissements selon leur localisation :

- la disponibilité et/ou la pression foncière,
- les documents de planification : loi ALUR par exemple qui incite au recentrage des activités pour limiter l'étalement et raccourcir les déplacements domicile / travail
- de nouvelles formes de consommation : e-commerce
- de nouvelles méthodes de travail : e-travail par exemple, co-working...
- de nouvelles formes d'internalisation des productions...

Tableau 8 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Evolution de la superficie des établissements

Élément de scénario	Évolution de la superficie des établissements
Principes	Il s'agit d'estimer les effets d'une modification de la distribution spatiale des activités économiques d'un territoire.
Objectifs	Estimer les effets d'une densification ou d'un étalement spatial des activités impulsés par des nouvelles stratégies d'aménagement ou d'organisation du travail. Mesurer à $t+n$ les effets des règles d'urbanisme issues des documents de planification instaurés à un instant t .
Méthode	Modifier les SHON par emploi selon l'activité et la localisation.
Information requise	Densités de population et d'emploi, activités concernées (minimum : ST45)
Variables impliquées	Emploi total par activité, Nombre d'établissements, Nombre de mouvements générés par ces établissements.
Points de vigilance	Attention à prendre en compte les éventuels changements dans les organisations logistiques selon l'espace disponible : par exemple une activité trop contrainte en termes de superficie peut opter pour un stockage déporté.

● **Élément de scénario : Développement des pratiques du showroom / PAM**

Avec la croissance des pratiques d'achat en ligne, l'activité des établissements commerciaux tend à se transformer. A côté de la fonction traditionnelle de lieu de vente qui donne lieu à la réception de marchandises en provenance des producteurs, grossistes, ou plates-formes de distribution, puis à leur vente dans le magasin à des clients qui peuvent soit réaliser eux-mêmes leurs enlèvements, soit utiliser un service de livraison à domicile ; de nouvelles fonctions apparaissent et se développent :

- une fonction logistique : les magasins peuvent également faire office "d'entrepôt logistique" en accueillant une activité de point d'accueil marchandise (PAM) soit pour des achats réalisés par internet sur le site de la boutique (livraison en magasin ou sur un entrepôt de drive), soit comme point relais pour d'autres commerces ;
- une fonction showroaming : l'activité économique n'est plus qu'une vitrine où les flux de distribution de marchandises sont faibles puisque les achats se font via internet avec livraison à domicile ou en PAM.

Outre une modification dans les caractéristiques des établissements (superficie, nombre d'emplois), ces nouvelles fonctions viennent fortement impacter les mouvements de marchandises générés par ces établissements commerciaux, que ce soit en nombre mais

aussi en termes d'organisations logistiques impliquées (véhicules, modes de gestion et d'organisation) et en termes d'origines-destinations de ces mouvements.

Cet élément de scénario est indissociable de ceux qui sont développés dans la thématique « Pratiques des consommateurs », mais il s'en distingue par le fait qu'il est lu du côté des établissements et de leur poids dans la génération des mouvements de marchandises inter-établissements, tandis que les éléments de scénario liés aux nouvelles pratiques d'achat sont lues du côté des déplacements d'achats des ménages et donc que les mouvements concernés sont ceux qui sont réalisés soit par les ménages eux-mêmes, soit par des professionnels qui vont les livrer.

Tableau 9 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Pratiques du showroom / PAM

Élément de scénario	Développement des pratiques du showroom / PAM
Principes	Estimer les effets des nouvelles pratiques d'achat vues du côté des établissements économiques.
Objectifs	Limiter / optimiser l'approvisionnement des établissements
Méthode	Mutation des espaces de vente. Report d'une partie des flux d'approvisionnement des ménages vers des entrepôts périphériques et certains commerces. Evolution des flux de TMV : substitution de mouvements inter-établissements aux déplacements d'achats des ménages. Evolution des distances parcourues.
Information requise	Types d'activités concernés par ces nouvelles pratiques.
Variables impliquées	Nature des établissements, SHON, emploi. Modes de gestion et d'organisation. Taille des tournées et distances associées. Types de véhicules. Rythmes horaires.
Points de vigilance	L'évolution de cette pratique commerciale est difficile à prévoir. L'utilisateur devra introduire lui-même les taux d'évolution dont il souhaite évaluer les impacts

2.2. Thématique "pratiques réglementaires"

Le code général des collectivités permet au Maire, à travers son pouvoir de police, de mettre en place des réglementations de circulation et de stationnement pour les véhicules effectuant des livraisons afin d'optimiser le partage de la voirie entre les différentes fonctions urbaines. Les documents d'urbanisme peuvent également inclure des mesures visant à favoriser une logistique urbaine plus durable. Qu'il s'agisse de circulation ou d'urbanisme, ces politiques locales peuvent s'inscrire dans le cadre réglementaire plus large des lois et directives nationales ou européennes.

Les motivations à l'origine de la mise en œuvre de ces réglementations peuvent reposer sur :

- l'amélioration du cadre de vie en général : amélioration de la sécurité ou diminution des nuisances... ;
- la prise en compte de la capacité physique de la voirie afin d'y adapter le trafic de véhicules en circulation ou en stationnement,
- le partage des espaces, afin de répartir dans le temps les différents usages de la voirie.

En fonction de l'objectif poursuivi, les moyens à mettre en œuvre diffèrent et peuvent consister à :

- faire évoluer le parc circulant en faveur de certains types de véhicules ou de certains modes de transport ;
- agir sur les pratiques de stationnement, éventuellement à travers la mise en place d'une offre d'aires de livraisons ;
- organiser les livraisons dans des tranches horaires définies.

Sur cette base les éléments de scénarios qui sont pour l'heure proposés dans le cadre de cette thématique visent à simuler les conséquences de la mise en place d'un cadre réglementaire sur les conditions d'approvisionnement des centres urbains que cette réglementation porte :

- Sur les véhicules autorisés à circuler que ce soit en fonction de leur gabarit ou de leur impact environnemental (cas des Low Emission Zone) ;
- Sur les horaires des livraisons : distribution de "droits" de passage en fonction des contraintes spatiales et/ou mise en œuvre de plages horaires décalées pour certains types de véhicules ;
- Sur l'utilisation des aires de livraisons, soit à travers la mise en place de systèmes de réservations, soit par un contrôle de leur respect.

Tout comme pour les éléments de scénarios portant sur l'environnement économique et spatial, il est difficile d'opérer une distinction franche entre chacun de ces éléments puisqu'une même réglementation peut mixer à la fois des restrictions sur les heures et les types de véhicules tout en mettant en œuvre des mesures de contrôle de son respect. L'objectif est alors ici de fournir à l'utilisateur une palette d'issues possibles pour la mise en place d'une réglementation.

Il s'agit donc de mesurer les reports entre les différentes organisations logistiques pour acheminer les marchandises.

● **Élément de scénario : Restrictions concernant les véhicules autorisés à circuler**

Les restrictions portant sur les véhicules autorisés à circuler sur le territoire communal sont précisées par le code général des collectivités territoriales.

Article L2213-2 : *Le maire peut, par arrêté motivé, eu égard aux nécessités de la circulation et de la protection de l'environnement :*

1° Interdire à certaines heures l'accès de certaines voies de l'agglomération ou de certaines portions de voie ou réserver cet accès, à certaines heures, à diverses catégories d'usagers ou de véhicules ;(...)

En 1996, la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie ajoute l'article suivant :

Article L2213-4 : *Le maire peut, par arrêté motivé, interdire l'accès de certaines voies ou de certaines portions de voies ou de certains secteurs de la commune aux véhicules dont la circulation sur ces voies ou dans ces secteurs est de nature à compromettre soit la tranquillité publique, soit la qualité de l'air, (...).*

Depuis 2015 et la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, il est également possible de définir des zones à circulation restreinte (ZCR), qui sont assimilables aux Low Emission Zone mises en place dans certaines villes d'Europe :

Article L2213-4-1 : *I.- Pour lutter contre la pollution atmosphérique, des zones à circulation restreinte peuvent être créées dans les agglomérations et les zones pour lesquelles un plan de protection de l'atmosphère est adopté, en cours d'élaboration ou en cours de révision en application de l' article L. 222-4 du code de l'environnement , par le maire ou par le président d'un établissement public de coopération intercommunale à fiscalité propre lorsque celui-ci dispose du pouvoir de police de la circulation, sur tout ou partie du territoire de la commune ou de l'établissement public de coopération intercommunale.*

II.- Les zones à circulation restreinte sont délimitées par un arrêté qui fixe les mesures de restriction de circulation applicables et détermine les catégories de véhicules concernés (...)

Chaque commune a ainsi le pouvoir de définir quels types de véhicules sont autorisés à circuler ou stationner sur son territoire et à quelles heures. Pour faciliter le contrôle du respect de cette réglementation, ces types de véhicules doivent pouvoir être identifiés de manière simple : PTAC*, dimensions, pastille distinctive...

La mise en place de ces réglementations et d'un contrôle de leur respect doit susciter un changement dans les pratiques logistiques des établissements : en premier lieu une modification du parc utilisé voire un changement de mode de gestion si l'investissement dans un véhicule autorisé est trop coûteux pour les mouvements réalisés en compte propre. Il s'agit alors d'identifier les types de véhicules et les modes de gestion utilisés par les différentes activités et de simuler des évolutions dans les pratiques.

Mais ces réglementations peuvent être contre-productives lorsqu'elles conduisent à remplacer des camions porteurs par des petits utilitaires dont le nombre est nécessairement plus important pour des volumes transportés identiques, ou lorsqu'elles conduisent les établissements à se délocaliser vers des zones plus favorables à leur activité. Il est donc nécessaire d'identifier les activités les plus fragiles.

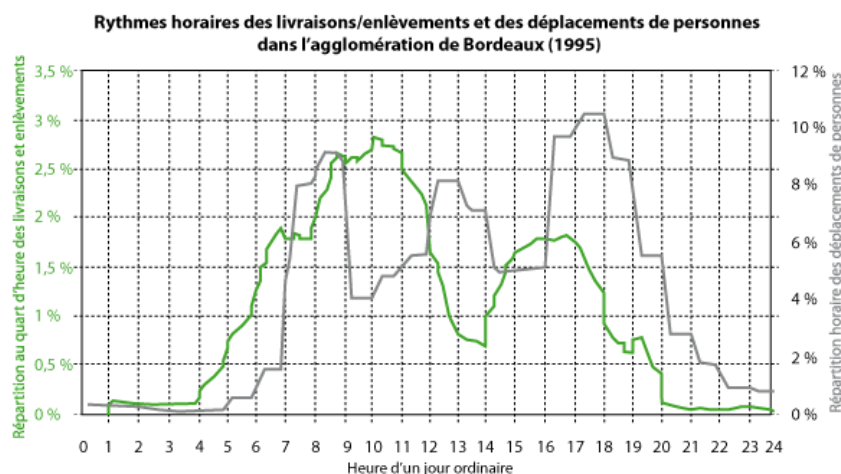
Tableau 10 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Restrictions des véhicules autorisés à circuler

Elément de scénario	Restriction des véhicules autorisés à circuler
Principes	Simuler les effets des changements de types de véhicules sur le nombre et les caractéristiques des mouvements de marchandises
Objectifs	Améliorer le cadre de vie en limitant la congestion et les nuisances sonores ou environnementales liées à la circulation des véhicules utilitaires
Méthode	Définition de fonctions d'équivalence entre les différents types de véhicules selon leur PTAC ou leur motorisation. Ces fonctions d'équivalence sont relatives soit aux tonnages transportés, soit aux distances parcourues. Prise en compte des changements éventuels de comportements liés à ces nouvelles réglementations (mode de gestion, taille des tournées).
Information requise	Catégories de véhicules impactés par la réglementation. Périmètre concerné.
Variables impliquées	Types de véhicules. Rythmes horaires. Modes de gestion et d'organisation. Taille des tournées et distances associées. Durées de stationnement.
Points de vigilance	Identifier les activités les plus fragiles vis-à-vis de ces restrictions.

● **Elément de scénario : Réglementation des horaires de livraisons**

On mobilise ici les mêmes textes que pour la réglementation sur les types de véhicules, mais cette fois sur le volet « heures autorisées à la circulation et au stationnement », indépendamment du type de véhicule utilisé. Outre les réglementations horaires classiques, on traitera ici aussi des possibilités de livrer en horaires décalés, c'est-à-dire en dehors de l'heure de pointe des voyageurs, de manière à réduire le niveau de congestion globale.

Figure 7 : Répartition horaire des déplacements de voyageurs et des mouvements de marchandises dans l'agglomération Bordelaise (1995)

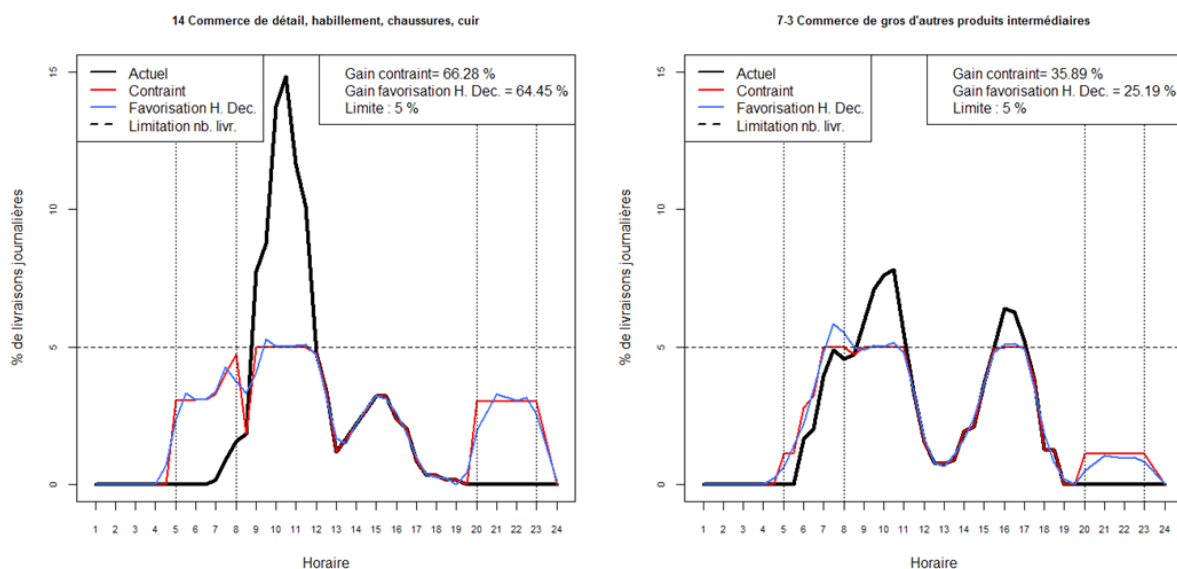


Source : Gerardin et al. (2000), *Diagnostic du transport de marchandises dans une agglomération*

Ces livraisons en horaires décalés peuvent être autorisées avant 7 h ou après 19 h. Elles ont été expérimentées dans de nombreuses villes et notamment à Paris et Lyon pour la France, mais n'ont pour l'heure encore jamais été généralisées.

Les ETMV ont montré que les rythmes horaires sont très liés à l'activité exercée par l'établissement. Ainsi, un commerce de détail se fait-il souvent livrer en matinée, à l'ouverture du magasin ou juste avant, c'est-à-dire entre 9 et 11 h et car c'est un moment où la clientèle est encore peu nombreuse dans le magasin. A l'inverse, un grossiste démarrera ses expéditions / réceptions beaucoup plus tôt le matin afin que les artisans et commerçants qui s'y approvisionnent puissent le faire avant de commencer leur journée de travail. La distribution des mouvements sur la journée est d'ailleurs beaucoup plus étalée sur la journée que pour un détaillant puisqu'il y en a le matin : principalement des enlèvements et l'après-midi : des réceptions.

Capture SILOGUES 2 : Répartition horaire des mouvements de marchandises dans deux types d'activités (ST14 et ST7-3)



Source : LAET à partir du traitement des ETMV de la première vague (Bordeaux 1994, Marseille et Dijon 1997)

Sur la base des fonctions de répartition horaire des mouvements pour chaque activité (ST45), des horaires d'ouverture des établissements et de l'équipement en sas, identifiés grâce aux ETMV, il s'agit à travers cet élément de scénario de voir comment il est possible de déformer les heures de livraisons pour les adapter aux réglementations horaires envisagées. A travers l'analyse tirée des expérimentations de livraisons en horaires décalés, on pourra également identifier les activités les plus propices à l'instauration de ces nouvelles organisations.

Le volet « horaires décalés » de cet élément de scénario est indissociable de l'élément de scénario précédent relatif aux réglementations sur les types de véhicules, car la livraison tôt le matin ou en soirée doit respecter un certain nombre d'impératifs pour ne pas nuire à la qualité de vie des populations (véhicules et matériel de manutention silencieux et propres de manière à rendre ces pratiques socialement acceptables).

Tableau 11 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Règlementation des horaires de livraisons

Elément de scénario	Règlementation des horaires de livraisons
Principes	Simuler les effets des changements des heures de livraisons sur la distribution quotidienne des mouvements de marchandises
Objectifs	Encadrer / organiser le partage de la voirie dans l'espace et dans le temps. Limiter la congestion et les nuisances sonores ou environnementales en heure de pointe (horaires décalés).
Méthode	Déformation des fonctions de répartition des mouvements en fonction de l'activité, du mode de gestion, des véhicules impliqués. Prise en compte des changements éventuels de comportements liés à ces nouvelles réglementations (mode de gestion, taille des tournées).
Information requise	Heures envisagées et périmètre touché par la réglementation
Variables impliquées	Types de véhicules. Rythmes horaires. Modes de gestion et d'organisation. Taille des tournées et distances associées. Durées de stationnement.
Points de vigilance	Contraintes liées à la nature des marchandises : certaines nécessitent une organisation logistique particulière (denrées périssables, biens à haute valeur ajoutée...)

● **Elément de scénario : Aménagement et contrôle des aires de livraison**

Les récentes ETMV menées en Ile-de France et dans l'agglomération Bordelaise le réaffirment : dans les centres urbains, la majorité des mouvements de marchandises se font en stationnement gênant (double-file, trottoir, couloir de bus, emplacement interdit...). Cette part est ainsi de 50% dans la ville de Bordeaux (tandis que le stationnement autorisé s'élève à 22% et le stationnement privé à 27%), et de 64% à Paris (respectivement 33% et 3%). Ce stationnement gênant impacte fortement les conditions de circulation des autres véhicules dans la mesure où il nécessite des manœuvres d'évitement. Pour lutter contre ces pratiques de stationnement il convient de proposer des emplacements dédiés aux livraisons et de garantir leur disponibilité. En outre, les chauffeurs privilégiant un arrêt à proximité de leur lieu de livraison ou d'enlèvement pour réduire la pénibilité des derniers mètres, il convient de les disposer judicieusement compte tenu de la localisation des principaux générateurs de mouvements.

Cet élément de scénario vise donc à simuler l'impact de l'aménagement d'emplacements dédiés aux livraisons, qu'il s'agisse d'aires de livraisons ou de PAM (Point d'Accueil des Marchandises) sur un territoire. La plate-forme SILOGUES propose d'identifier les zones d'implantation les plus pertinentes pour ces emplacements et d'en dessiner le dimensionnement sur la base des préconisations en vigueur (CERTU, 2009) et en fonction des types de véhicules impliqués dans les mouvements. L'objectif étant de mesurer les variations de la durée d'occupation de la voirie ou de l'efficacité des livraisons (nombre de points touchés à l'occasion d'un même arrêt).

Il se décline en deux alternatives :

- l'utilisateur n'a aucune idée de la localisation des aires de livraison : Dans un premier temps la plate-forme propose donc un périmètre spatial pour leur implantation "optimisée" en fonction des mouvements générés par les établissements présents. L'utilisateur peut alors valider une ou plusieurs propositions d'implantation que SILOGUES simulera (définition du nombre et du dimensionnement) et évaluera selon différents indicateurs ;
- l'utilisateur a décidé la création d'aires ou de PAM et souhaite tester différentes options de localisation pour en mesurer les effets. SILOGUES évalue alors les effets de ce scénario et peut suggérer des emplacements alternatifs susceptibles d'être plus performants.

La mise en œuvre de ce scénario sera d'autant plus pertinente si l'utilisateur est à même de fournir un fichier des établissements géolocalisés. A défaut, les données seront proposées à la zone (échelle géographique la plus fine fournie par les fichiers d'entrée).

Tableau 12 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Aménagement et contrôle des aires de livraisons

Élément de scénario	Aménagement et contrôle des aires de livraison
Principes	Simuler la mise à disposition d'emplacements dédiés aux livraisons sur une zone déterminée
Objectifs	Réduire la durée de livraisons, améliorer la fluidité du trafic et l'efficacité des arrêts pour livraison
Méthode	Calcul du nombre d'aires de livraisons nécessaires et de leur emplacement compte tenu de la génération des mouvements et des heures stationnées à l'horizon $t+n$
Information requise	Fichier géolocalisé des établissements (facultatif), projets d'installation d'emplacements (facultatif)
Variables impliquées	Génération des mouvements par les établissements. Types de véhicules impliqués. Durées de stationnement. Répartition des types de stationnement. Taille des tournées (nombre de points touchés). Distances parcourues.
Points de vigilance	La réussite de cet élément de scénario est conditionnée par les moyens de contrôle mis en place pour garantir la disponibilité des emplacements. Le dimensionnement et l'accessibilité des emplacements doivent être satisfaisants.

2.3. Thématique "organisation de la logistique"

Les gisements d'économies et de productivité par l'amélioration des organisations logistiques sont divers. Nous en avons retenu quatre qui sont complémentaires :

- le premier prend en compte des changements en termes d'externalisation du transport des chargeurs vers les professionnels du transport, qui correspond à une modification significative du système logistique des entreprises ;
- le second vise à mettre en œuvre la massification des flux visant à optimiser les chargements, les tailles et les fréquences des tournées, les types de véhicules, favorisé par un développement de la consolidation dans des entrepôts bien localisés et bien dimensionnés ;
- le troisième vise à interfacier l'expédition et la réception des marchandises dans un centre de distribution mutualisé dédié à la desserte du dernier kilomètre afin d'en garantir la consolidation des flux ;

- Enfin, les changements de mode (véhicules urbains de faible dimension mais aussi modes alternatifs à la route – voie d'eau ou ferroviaire) ou de motorisation (véhicules « propres »), qui impactent les stratégies logistiques des entreprises de transport.

Ces quatre formes de modification d'organisation logistique, traditionnelles ou innovantes, sont intégrées dans la plate-forme sous la forme de quatre éléments de scénarios :

● ***Elément de scénario : Modification du système logistique***

Il est communément admis que, dans le parcours* de la marchandise entre son lieu de production et son lieu de consommation, le coût du dernier km est proportionnellement le plus élevé. Les contraintes économiques qui pèsent sur les activités dans un contexte de concurrence accrue sur les prix amène les acteurs privés à revoir leurs pratiques d'approvisionnement de manière à en réduire le coût ou à en améliorer l'efficacité (mesurée à travers la productivité).

Cette recherche d'optimisation économique ou de rationalisation, ainsi que la densification des centres qui rend la desserte difficile, conduisent le système logistique à se professionnaliser. C'est ainsi qu'en comparant les deux ETMV bordelaises, nous avons pu observer une croissance du compte d'autrui (de 38 à 53% du nombre de mouvements), essentiellement au détriment du compte propre destinataire (passé de 23 à 15%) dont on sait qu'il met en œuvre les organisations les moins efficaces (traces directes sans recherche d'optimisation du taux de remplissage). La croissance du compte d'autrui modifie l'ossature des livraisons en favorisant une croissance de la taille des tournées et une amélioration du taux de remplissage des véhicules encore accrue par le développement des prestations de logistique inverse jusqu'alors peu prises en compte.

Le recentrage des établissements sur leur activité principale peut également passer par l'utilisation de services de stockage déporté afin de mieux rentabiliser l'usage des m² dont ils disposent. Dès lors cela modifie les conditions d'approvisionnement puisque les livraisons ne se font plus périodiquement avec de gros volumes mais à la demande avec des quantités beaucoup plus réduites, ce qui impacte les types de véhicules impliqués (taille et motorisation) et la fréquence des mouvements.

Tableau 23 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Modifications du système logistique

Élément de scénario	Modification du système logistique
Principes	Recentrage des activités sur leur cœur de métier et gestion plus efficace de l'approvisionnement.
Objectifs	Réduire les coûts logistiques. Développer la professionnalisation.
Méthode	Modification des modes de gestion par activité. Modification de la taille et du nombre d'établissements ayant une activité de transport et de logistique.
Information requise	Part d'externalisation du transport en compte propre ; seuils de surcoût acceptable pour le chargeur
Variables impliquées	Modes de gestion, modes d'organisation et taille des tournées, distances parcourues, véhicules utilisés, types d'établissements.
Points de vigilance	Développement du transport dédié ou spécialisé qui, bien que professionnalisé, est soumis aux contraintes du compte propre.

● **Élément de scénario : Massification des flux**

Le principe de la massification consiste à optimiser le taux de chargement des véhicules effectuant les livraisons. L'objectif est de rationaliser l'ensemble des moyens mis en œuvre pour effectuer une tournée optimisée des livraisons sur un territoire donné. Au-delà des impacts économiques impulsés par les économies d'échelle, les gains attendus sont environnementaux. En effet, cette massification conduit à réduire le nombre de véhicules et/ou le nombre de tournées de livraisons, éventuellement par transfert modal.

La plate-forme SILOGUES permet de déceler les activités d'un territoire susceptibles de mutualiser leurs mouvements de marchandises grâce aux caractéristiques de localisation des établissements, de types d'activités, de mode d'organisation et de mode de gestion. Sur cette base la plate-forme est apte à identifier parmi les mouvements générés par ces activités, ceux qu'il serait possible de transférer vers des organisations massifiées. L'utilisateur peut également proposer le type d'activité qu'il souhaite éventuellement massifier.

Cette rationalisation des flux à travers la mise en commun des ressources de tout ou partie de la chaîne logistique entre différents partenaires transforme les flux, essentiellement par un changement de mode de gestion du compte propre vers le compte d'autrui. Cet élément de scénario est donc lié au précédent.

La plate-forme SILOGUES ne traite pas des moyens à mettre en œuvre pour aboutir à ces accords de fonctionnement entre les différents acteurs (élus, techniciens, logisticiens,

commerçants...). Dans la plate-forme, le principe de collaboration est supposé acquis et cette question vient en amont du traitement opéré par SILOGUES.

Tableau 34 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Massification des flux

Élément de scénario	Massification des flux
Principes /	Optimiser le taux de chargement des véhicules et rationaliser les tournées à travers une consolidation des mouvements.
Objectifs	Réduire le nombre de véhicules en circulation et les kilomètres parcourus par une collaboration entre les différents acteurs et la mise en commun d'un certain nombre de moyens (information, commandes...) dans la perspective d'une logistique urbaine plus efficace et plus vertueuse
Méthode	Modification de la taille et du nombre d'établissements ayant une activité de transport et de logistique, ce qui modifie le parc possédé et le mode d'organisation. Modification des modes de gestion par activité.
Information requise	Périmètre géographique et/ou types d'activités sur lequel on souhaite voir se mettre en place la massification
Variables impliquées	Modes de gestion, modes d'organisation et taille des tournées, distances parcourues, véhicules utilisés, types d'établissements.
Points de vigilance	Distinction entre la distribution en aval (souvent en trace directe) et la distribution en amont. Changement de types de véhicules, intégration de la logistique inverse.

● **Élément de scénario : CDU**

Implanté à l'entrée de la ville centre ou dans la première couronne urbaine, le Centre de Distribution Urbaine introduit une rupture de charge dans la chaîne logistique afin d'y optimiser les tournées grâce à une consolidation des flux amont et une rationalisation des itinéraires.

Au sein de SILOGUES, différents types de CDU peuvent être simulés en fonction de leurs caractéristiques structurelles, de leur distance au centre et de leur couverture spatiale et fonctionnelle. Ainsi, selon l'échelle territoriale visée et la zone de chalandise pertinente, il s'agira de définir des lieux, des périmètres, permettant cette recombinaison des flux urbains puis d'en estimer le fonctionnement. Pour cela, la plate-forme SILOGUES identifiera les activités susceptibles de bénéficier du CDU. En effet, tous les mouvements de marchandises ne sont pas transférables, en particulier les lots complets ou les produits incompatibles car à forte valeur ajoutée ou nécessitant le respect d'une température dirigée par exemple. Sur la base de la typologie des activités (ST45) et de leurs pratiques logistiques SILOGUES estimera

le taux de mouvements transférables vers cette nouvelle forme d'organisation puis mesurera les incidences en termes de mouvements d'une telle rupture dans la chaîne logistique.

Deux paramètres sont à considérer pour estimer la zone de pertinence du CDU (c'est-à-dire le périmètre de la zone de chalandise) :

- la localisation du CDU par rapport aux établissements concernés par le CDU sous la contrainte de la morphologie des zones et de la présence d'espaces pouvant accueillir le CDU ;
- le type de véhicule choisi pour "le dernier kilomètre" compte tenu de ses capacités techniques.

Tableau 15 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario CDU

Élément de scénario	CDU
Principes	Mise en place d'un processus d'interfaçage entre l'expédition et la réception des marchandises avec consolidation des flux, dans un centre de distribution dédié à la desserte du dernier kilomètre.
Objectifs	Désengorger les centres-urbains denses des véhicules et rationaliser les tournées en modifiant éventuellement les modes de transport.
Méthode	Détermination d'une aire de chalandise économique et spatiale pertinente en fonction de la localisation des activités économiques et du transfert modal sur le dernier kilomètre.
Information requise	Localisation envisagée pour le CDU (facultatif). Types de véhicules envisagés pour la desserte aval (facultatif).
Variables impliquées	Modes de gestion, modes d'organisation et taille des tournées, distances parcourues, véhicules utilisés, durée de livraison, horaires. Emploi global.
Points de vigilance	Seuil de rentabilité du CDU hypothétique, fortement conditionné par le nombre de déposants. Evolutions potentielles dans la chaîne d'approvisionnement en amont du CDU.

● ***Élément de scénario : Changements de modes et/ou de motorisations***

Cet élément de scénario est indissociable de ceux relatifs aux pratiques réglementaires puisque le changement de motorisation, voire de mode est très sensible aux mesures de lutte contre la pollution atmosphérique édictées à l'échelon européen et à leur déclinaison au travers des restrictions de circulation prises par les arrêtés municipaux. Pour autant, ce

changement de mode ou de motorisation peut aussi être la conséquence de choix propres aux transporteurs afin d'améliorer leurs conditions de circulation en milieu dense, de développer une image « écolo » ou moderne apte à leur attirer de nouveaux marchés. Si ces pratiques demeurent à l'heure actuelle encore confidentielles en termes de nombre de mouvements concernés, elles se développent et se diversifient sous l'effet des innovations dans les matériels et les organisations.

Il est ainsi possible d'envisager des modes alternatifs au transport routier motorisé et/ou au tout diesel pour effectuer les livraisons de marchandises en ville. En fonction des spécificités locales et notamment des infrastructures disponibles, les modes de transport peuvent s'enrichir pour couvrir tout ou partie de l'offre :

- mode routier : à pied, en deux ou trois roues, en VUL, en porteurs ou en articulés...
- mode ferroviaire : tramway, métro, ...
- mode fluvial ou maritime : bateau, péniches, ...
- mode aérien : drones, ...

Ce transfert modal s'accompagne de changements dans les capacités des véhicules et donc dans les volumes et poids de marchandises transportés, ce qui nécessite des changements dans les tailles des tournées et les distances parcourues.

Le changement dans les motorisations a quant à lui principalement pour effet de modifier les émissions polluantes liées au transport. Pour autant, compte tenu des contraintes d'autonomie des véhicules ou de disponibilité de stations d'avitaillement, il peut aussi susciter des évolutions dans les tailles de tournées, la fréquence d'approvisionnement, les types de stationnement, etc.

Tableau 16 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario *Changement de modes et/ou de motorisations*

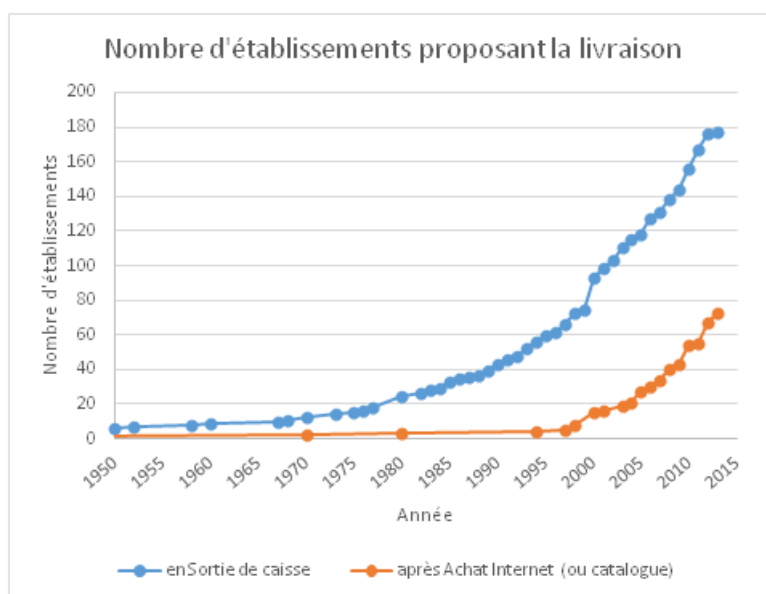
Elément de scénario	Changement de modes et/ou de motorisations
Principes	Remplacement d'un mode de transport par un ou plusieurs autres et réciproquement, changement des énergies utilisées.
Objectifs	S'affranchir des difficultés de circulation en ville. Adapter le dimensionnement des véhicules de livraisons au territoire Rationaliser les tournées de livraisons. Réduire les émissions de polluants
Méthode	Identifier les mouvements transférables d'un mode à un autre en fonction des caractéristiques des tournées. Estimer les effets liés au changement de mode ou de motorisation sur les organisations déployées.
Information requise	Mode et/ou motorisations envisagées, périmètre concerné.
Variables impliquées	Nombre de mouvements, taille des tournées, durées de stationnement, distances parcourues, modes de gestion.
Points de vigilance	Capacité économique des opérateurs à changer leur flotte.

Cet élément de scénario est également très lié à ceux relatifs à la massification ou au CDU.

2.4. Thématique "pratiques des consommateurs : Livraisons à domicile / à proximité"

Les achats en ligne connaissent depuis plusieurs années une croissance forte stimulée par la démocratisation de l'accès aux TIC, le développement du nomadisme, la mise en œuvre de nouveaux services de la part des e-commerçants, etc. Au-delà de ces pratiques d'achat électronique, on observe que de plus en plus de magasins proposent la livraison à domicile en sortie de caisse. A Bordeaux par exemple, parmi les 1 272 établissements enquêtés, 227 établissements proposent la livraison à domicile suite à achat en magasin ou via internet, dont environ 1/3 depuis moins de 10 ans :

Figure 8 : Nombre d'établissements enquêtés offrant un service de livraison (selon la date de mise en service)



Source : LET 2015, ETMV Bordeaux 2013, données brutes

Cette tendance est vraisemblablement amenée à se développer, pour s'adapter aux besoins des consommateurs des centres villes, moins motorisés que les autres, et concernés par le vieillissement global de la population française.

Or ces déplacements d'achats des ménages représentent la moitié des mouvements de marchandises (UVP) réalisés sur un territoire urbain et constituent donc un segment sur lequel les évolutions dans les organisations peuvent produire d'importants effets sur les trafics et par voie de conséquence, sur les émissions polluantes.

Les sources statistiques existantes peinent à rendre compte des effets de ces nouveaux comportements d'achats sur la mobilité des marchandises. Qu'il s'agisse des Enquêtes Ménages Déplacements, des Enquêtes auprès des e-commerçants ou des enquêtes CCI, aucune ne permet de savoir qui achète ? quel type de bien ? avec quelle fréquence ? quel mode de livraison (domicile, Point d'Accueil Marchandise ou autre lieu) ? quelle mobilité associée (modes utilisés, distances parcourues...) ? Pour pallier ce défaut de connaissance, le Grand Lyon a confié au LAET la responsabilité scientifique d'une enquête « Achats découplés » (Gardrat et al. 2016) en ce sens qu'elle étudie les achats pour lesquels la disposition du bien n'est pas réalisée simultanément à l'acte d'achat¹⁰. Son objectif est de répondre à ces différentes questions et d'alimenter la construction d'un modèle apte à simuler les pratiques d'achat des ménages en fonction de leurs caractéristiques.

A terme, les résultats de cette enquête viendront alimenter la plate-forme SILOGUES. En attendant les éléments de scénarios relatifs aux nouvelles pratiques d'achats des ménages seront formalisés sur la base d'hypothèses.

Cet élément de scénario sera décliné selon plusieurs cas de figure :

¹⁰ Ces pratiques incluent donc les achats de marchandises via le e-commerce, ainsi que les autres formes d'achats sortant du cadre traditionnel d'achats en magasin.

- Livraison à domicile : la livraison à domicile ne nécessite pas de déplacement de la part du destinataire de la marchandise, en revanche le risque d'échec de la livraison existe, si la personne n'est pas chez elle au moment de la présentation. La livraison peut être réalisée par le commerçant lui-même ou sous-traitée à un transporteur ;
- Livraison en Point d'Accueil des Marchandises ou en Boite Logistique Urbaine : il s'agit ici de garantir le succès de la livraison en déposant la marchandise dans un établissement partenaire ou dans une consigne. A la différence de la livraison à domicile, ce mode de remise du colis nécessite un déplacement de la part du destinataire, déplacement qui peut s'organiser dans le cadre de ses schémas d'activités quotidiens, c'est-à-dire sans modifier sa mobilité. Cette activité de PAM modifie la fréquence d'approvisionnement des établissements concernés puisqu'aux mouvements de marchandises liés à l'activité propre du magasin, s'ajoutent ceux destinés aux particuliers ainsi que toute la gestion des retours ;
- Drive : la marchandise est livrée dans un entrepôt (accolé à un magasin ou implanté en périphérie) et nécessite un déplacement motorisé de la part du destinataire. L'entrepôt est livré comme un magasin de la chaîne concernée.

Tableau 17 : Tableau récapitulatif de l'élément de scénario Livraisons à domicile / à proximité

Elément de scénario	Livraisons à domicile / à proximité
Principes	Découplage spatial et temporel entre l'achat et la disposition du bien.
Objectifs	Mesurer l'impact des changements de comportements d'achats sur le tissu économique de la ville et sur le niveau de trafic.
Méthode	Calcul de la substitution entre déplacements d'achats traditionnels et nouvelles pratiques en termes de déplacements et d'organisation logistique.
Information requise	
Variables impliquées	Nombre de mouvements par activités, types de véhicules, taille des tournées, distances parcourues, Emplois
Points de vigilance	Apparition de nouveaux métiers (et de nouveaux emplois). Modification de la mobilité des ménages (lèche vitrine, déplacements en voiture pour le <i>drive</i> ...). Faire la part entre la baisse de la mobilité liée à la LàD et la hausse induite par la croissance de la mobilité en voiture liée aux <i>drive</i> .

*

* *

Cette 3^{ème} partie a présenté les éléments susceptibles d'être assemblés par l'utilisateur pour construire le scénario qu'il souhaite évaluer. Les relations mises en œuvre dans la plate-forme SILOGUES étant fondées sur les résultats des recherches les plus récentes en logistique urbaine, elles seront amenées à s'enrichir des travaux à venir. La liste indiquée dans ce rapport n'est donc ni exhaustive, ni définitive de même que les fonctions actuellement utilisées ou pressenties pour simuler les comportements logistiques de demain pourront évoluer ou être précisées si des éléments de connaissance supplémentaires le rendent nécessaire. Nous avons dressé ici l'esquisse de la plate-forme, le tableau final s'élabore touche après touche.

Même si la plate-forme est amenée à évoluer, il faut néanmoins retenir que nous avons souhaité la construire sans introduire de restrictions quant aux scénarios à tester, restrictions qui seraient liées à des problèmes d'acceptabilité de certaines mesures. Il ne s'agit pas ici de juger de la faisabilité (économique, technologique, sociale...) ou de l'opportunité d'un scénario, mais de le simuler pour en montrer les impacts et les limites. A la manière du projet EVAL (Henriot et al., 2008), la partie qualitative du diagnostic SILOGUES, les points de vigilance qui seront soulignés auprès de l'utilisateur pour chacun des scénarios construits, pourront attirer l'attention de l'utilisateur sur les conditions à réunir pour mettre en place efficacement telle ou telle mesure, ou sur les freins à prendre en considération, mais aucun scénario ne sera interdit.

IV - Le démonstrateur fonctionnel de la plate-forme SILOGUES

Afin de concrétiser le travail de recherche entrepris dans le cadre du projet SILOGUES, un démonstrateur a été élaboré afin de fournir un premier test de l'ergonomie de la plate-forme informatique, incluant les principaux éléments de scénarios. Celui-ci servira de base pour l'élaboration d'une plate-forme opérationnelle destinée aux utilisateurs potentiels. A travers ce démonstrateur, il s'agit de tester :

- la pertinence de l'architecture proposée,
- la cohérence d'éléments de scénarios mis en œuvre simultanément,
- la sensibilité des différents modules.

Outre la préfiguration de la plateforme finale, ce démonstrateur est à la fois un outil de recherche et un outil pédagogique pour les utilisateurs. Un outil de recherche pour le développement de la plateforme et un outil pédagogique destiné au club d'utilisateurs pressentis pour tester cet outil.

1. Guide fonctionnel et organigramme global

Le démonstrateur SILOGUES intègre les modules suivants :

- diagnostic du transport de marchandises en ville (FRET*urb*) à partir d'un fichier SIRENE, d'un zonage et d'un distancier si l'on souhaite obtenir la matrice des flux ;
- outils cartographiques permettant une présentation des résultats dans une carte dynamique ;
- génération des établissements (Simétab) selon des données prospectives telles que la population, l'activité et l'emploi.

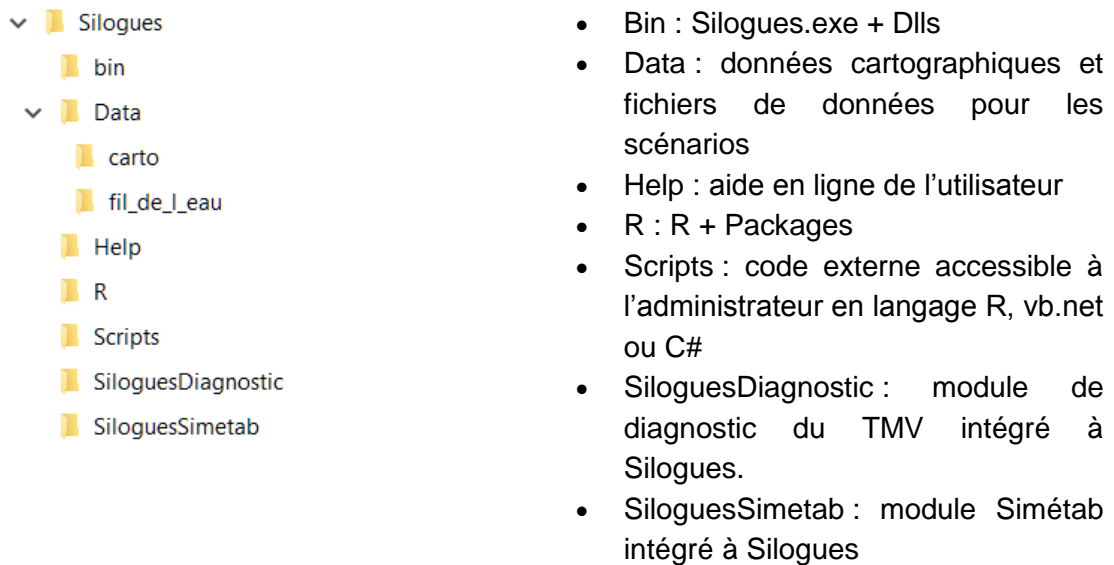
Ces modules sont propres au LAET. Pour leur permettre de dialoguer entre eux et pour enrichir la représentation des résultats, ils sont enrichis par les modules suivants :

- Le langage de développement principal en DOT NET* (VB.NET* et C#) avec le Framework* 4.0.
- Intégration de modules complémentaires :
 - Fonds cartographiques libres OSM (OpenStreetMap), Bing,
 - Graphiques : Microsoft Chart Controls DataVisualization,
 - Scripts externes pour le développement des sous-programmes ouverts permettant l'appel des modules constituant de la plate-forme avec VB.NET, C# ou R*.
 - SiloguesControls, composants génériques (graphiques, cartographie),
 - SiloguesSQLite*, interface vers SLQLite,

- SiloguesUtils, comporte ensemble de fonctions utilitaires Base de données, traces, accès à la configuration.

L'ensemble est piloté par le programme Silogues.exe. L'architecture informatique se présente ainsi :

Figure 9 : Architecture informatique de SILOGUES



Cette architecture offre la possibilité de faire évoluer de manière souple la programmation de la plate-forme et d'utiliser des modules programmés avec des langages différents.

1.1. Lancement de SILOGUES

Le lancement du démonstrateur SILOGUES s'effectue en double-cliquant sur l'exécutable Silogues.exe, l'écran principal suivant s'affiche :

Capture SILOGUES 3 : L'écran d'accueil de SILOGUES



1.2. Déroulement d'une séquence SILOGUES

La fenêtre suivante propose les trois alternatives suivantes :

- Initialiser l'état de référence à l'année t . Cette étape est facultative, si un fichier résultat de FRET_{urb} est déjà disponible à l'année t .

- Simuler l'état de référence à $t+n$. Ceci nécessite de choisir un fichier de résultats à l'année t .
- Simuler un état scénarisé en $t+n$. Cette étape est réalisée sur la base d'un fichier produit à l'issue de l'étape 2 (référence $t+n$) ou à l'étape 3 (état scénarisé précédemment).

Dans la mesure où les scénarios se construisent de manière itérative, par ajout/remplacement progressif d'éléments, l'environnement de travail précédent est par défaut automatiquement sélectionné car mémorisé lors de la sortie de SILOGUES sous l'acronyme : nom de l'application du diagnostic TMV, nom de la simulation et année cible.

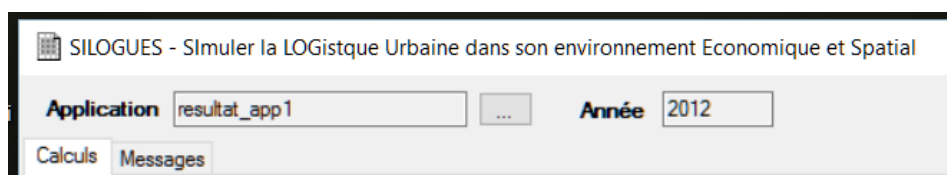
● Créer un état de référence année t

La création de l'état de référence à l'année t est réalisée à partir de l'import du fichier SIRENE et du fichier zonage dans SILOGUES qui exécute les modules du modèle FRETurb.

● Créer un état de référence année $t+n$

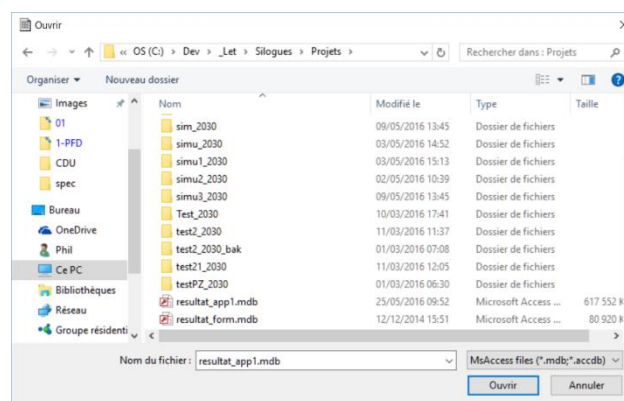
Naturellement, il est possible de modifier cet environnement de travail en en choisissant un autre à travers le menu « Application ».

Capture SILOGUES 4 : Le choix de l'application



Pour cela cliquer sur le bouton "..."; une boîte de dialogue s'ouvre et permet de choisir la base de données :

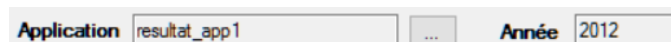
Capture SILOGUES 5 : La boîte de dialogue de sélection de l'application



Une fois la base de données choisie :

- Le champ "Application" affiche le nom de l'application,
- Le champ "Année" affiche l'année du fichier SIRENE qui a été choisi dans le module de diagnostic.

Capture SILOGUES 6 : L'année de SIRENE est remplie automatiquement



Application resultat_app1 ... Année 2012

Les informations relatives à la simulation existante sont automatiquement sélectionnées.

● **Créer un état scénarisé année $t+n$**

Il est également possible de démarrer avec un nouvel environnement. Pour cela il suffit de renseigner les champs “Nom du scénario” et “Année cible”. Le bouton créer est alors disponible :

Capture SILOGUES 7 : Créer un état scénarisé année $t+n$



Nom du scénario : simu1 Année cible: 2030 Créer

Il suffit ensuite de cliquer sur le bouton “Créer” pour initialiser une nouvelle simulation.

2. Ergonomie des éléments de scénarios

Dans cette partie nous décrivons les interfaces relatives au scénario de de référence $t+n$ ainsi qu'à deux éléments de scénarios disponibles dans le démonstrateur à titre d'exemple : la réglementation des horaires et la mise en œuvre d'un CDU.

- la référence année $t+n$ permet de construire la simulation à l'horizon $t+n$, en l'absence de toute intervention de la collectivité sur le territoire ;
- l'élément de scénario « Réglementation des horaires de livraisons » permet de simuler le report d'une partie des livraisons réalisées dans une période horaire donnée et dans un espace choisi par l'utilisateur ;
- l'élément de scénario CDU permet de mutualiser au sein d'un CDU une partie des livraisons d'un espace donné.

2.1. Etat de référence $t+n$

L'état de référence $t+n$ lorsque l'on opte pour la création d'une nouvelle simulation, l'écran suivant s'affiche :

Capture SILOGUES 8 : Construction de l'état de référence t+n

The screenshot displays the SILOGUES software interface. At the top, the title bar reads "SILOGUES - Simuler la LOGistique Urbaine dans son environnement Economique et Spatial". Below this, there are input fields for "Application" (resultat_app1), "Année" (2012), "Nom du scénario" (simu1), and "Année cible" (2030), along with "Créer" and "Aide" buttons.

The main interface is divided into two main sections. On the left, there is a table titled "Etapas" (Steps) with columns for "Etape", "Description", "Lancer?", and "Statut".

Etape	Description	Lancer?	Statut
0	Début	<input type="checkbox"/>	
1	Chargement de l'état de référence t	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Choix du type de projection	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Création du fichier établissement en t+n avec Simétab	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Exécution de la simulation t+n	<input checked="" type="checkbox"/>	
*		<input type="checkbox"/>	

Below the table are buttons for "Exécuter" and "Indicateurs ...". A "Messages progression:" section is also present.

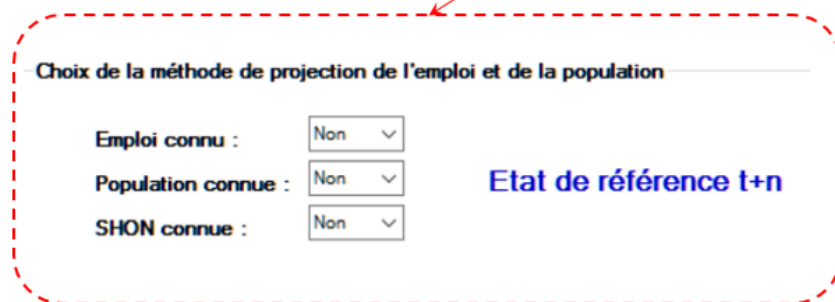
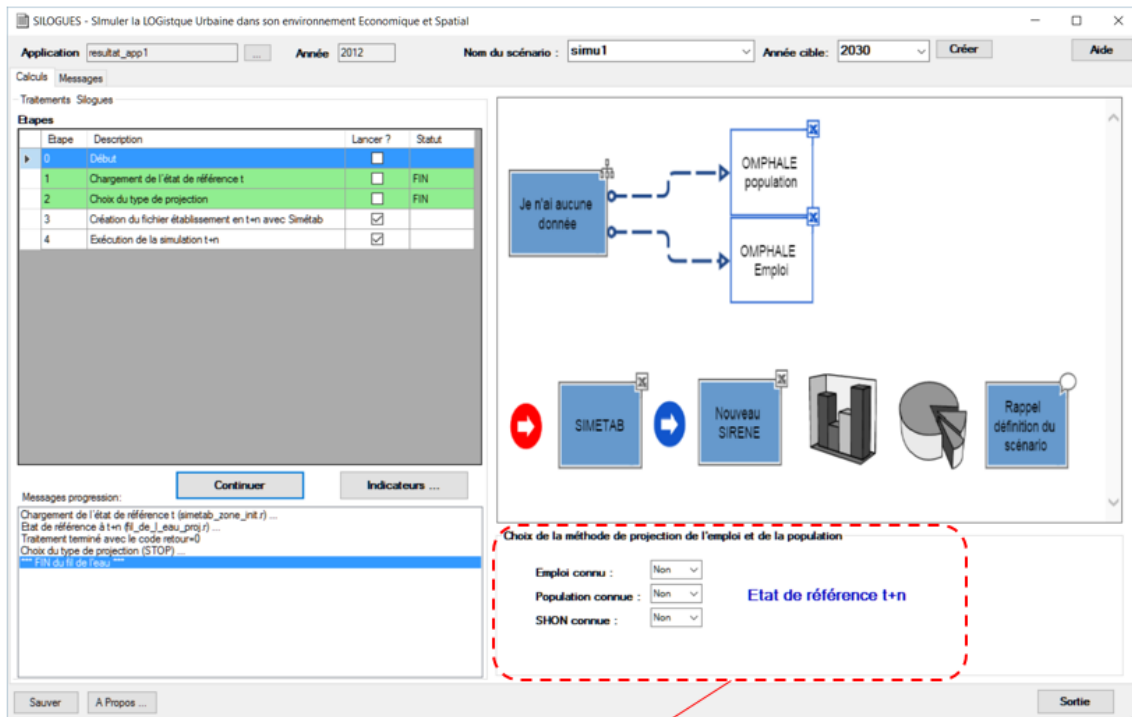
The right section features a large graphic titled "SILOGUES : Plateforme d'aide à la décision sur les Marchandises en ville". The graphic includes a central diagram with "SILOGUES" in the center, surrounded by "SCÉNARIOS" and "LOGISTIQUES". Below the graphic, there is a section titled "Choix de la méthode de projection de l'emploi et de la population" with three dropdown menus: "Emploi connu", "Population connue", and "SHON connue".

At the bottom of the window, there are buttons for "Sauver", "A Propos ...", and "Sortie".

La fenêtre est divisée en 2 parties. Celle située à gauche permet à l'utilisateur de définir son projet de scénario aux différentes étapes de la simulation tandis que la partie droite traduit les choix de l'utilisateur dans la plate-forme soit sous la forme d'affichage de cartes, schémas ou tableaux... Des sous-fenêtres peuvent également apparaître pour effectuer d'autres tâches telles que la sélection de certaines zones par exemple.

A l'étape « choix de la méthode de projection », l'écran suivant s'affiche après quelques secondes et permet de choisir la méthode de calcul du tendanciel à l'aide des champs situés dans la zone **«Choix de la méthode de projection de l'emploi et de la population»**:

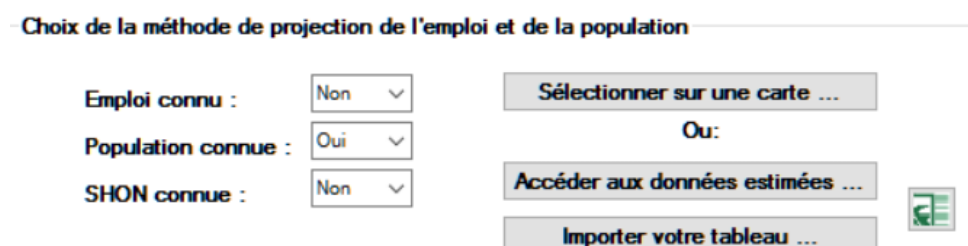
Capture SILOGUES 9 : Sélection des données disponibles pour la construction de l'état de référence $t+n$



A cette étape, l'utilisateur décide quelle méthode de projection sera adoptée en fonction des éléments dont il dispose pour simuler l'avenir à partir des variables : Emploi, Population, SHON. Pour chacune d'entre elles, il peut ou non disposer d'une estimation à l'horizon $t+n$. Selon le projet qu'il souhaite simuler, il peut ainsi connaître les objectifs pour chacune de ces variables, pour seulement une ou deux, voire même pour aucune. Il en informe SILOGUES en sélectionnant "Oui" / "Non" pour chacune de ces variables.

Dès qu'il indique qu'une donnée est disponible, l'interface s'adapte afin de permettre à l'utilisateur d'actualiser SILOGUES selon la méthode la plus pratique compte tenu des éléments dont il dispose :

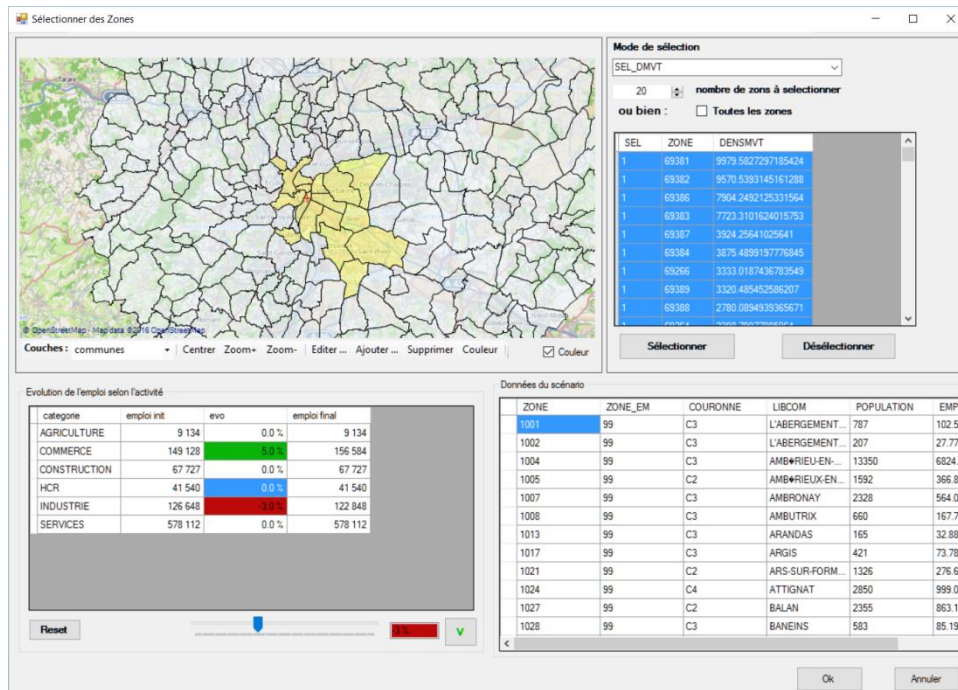
Capture SILOGUES 20 : Les différents modes d'alimentation de SILOGUES



Il est ainsi possible :

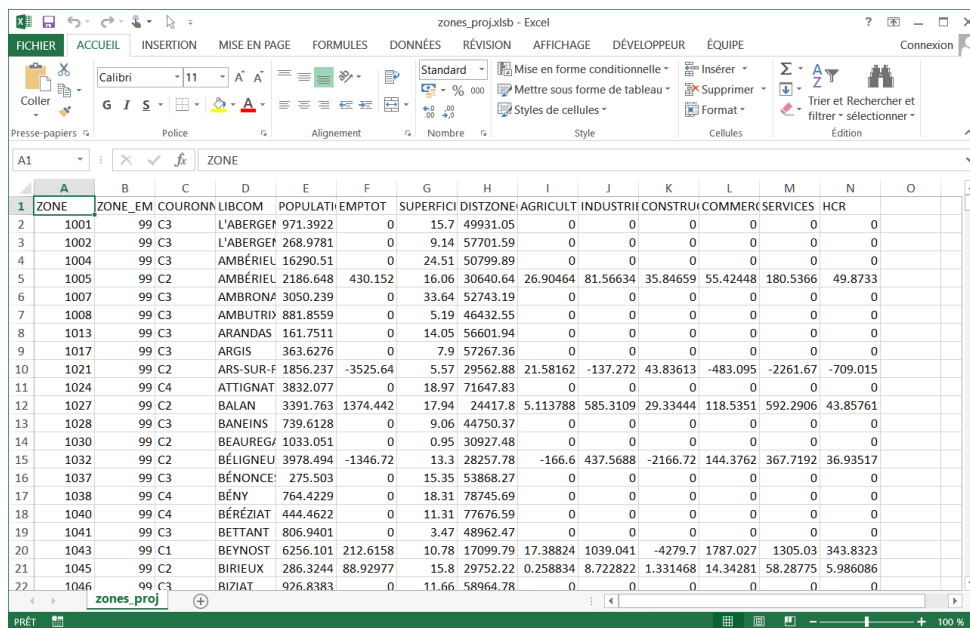
- de mettre à jour la table de données directement dans SILOGUES à l'aide de la commande **“Sélectionner sur une carte”**

Capture SILOGUES 11 : L'alimentation de SILOGUES à partir d'une représentation cartographique des zones



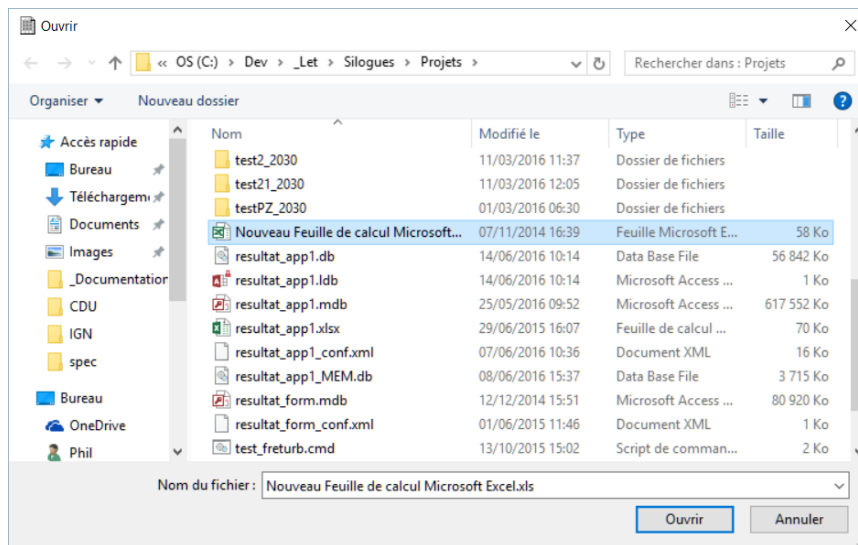
- d'Accéder aux données estimées ...”

Capture SILOGUES 12 : L'alimentation de SILOGUES à travers l'intervention sur les tableaux de données



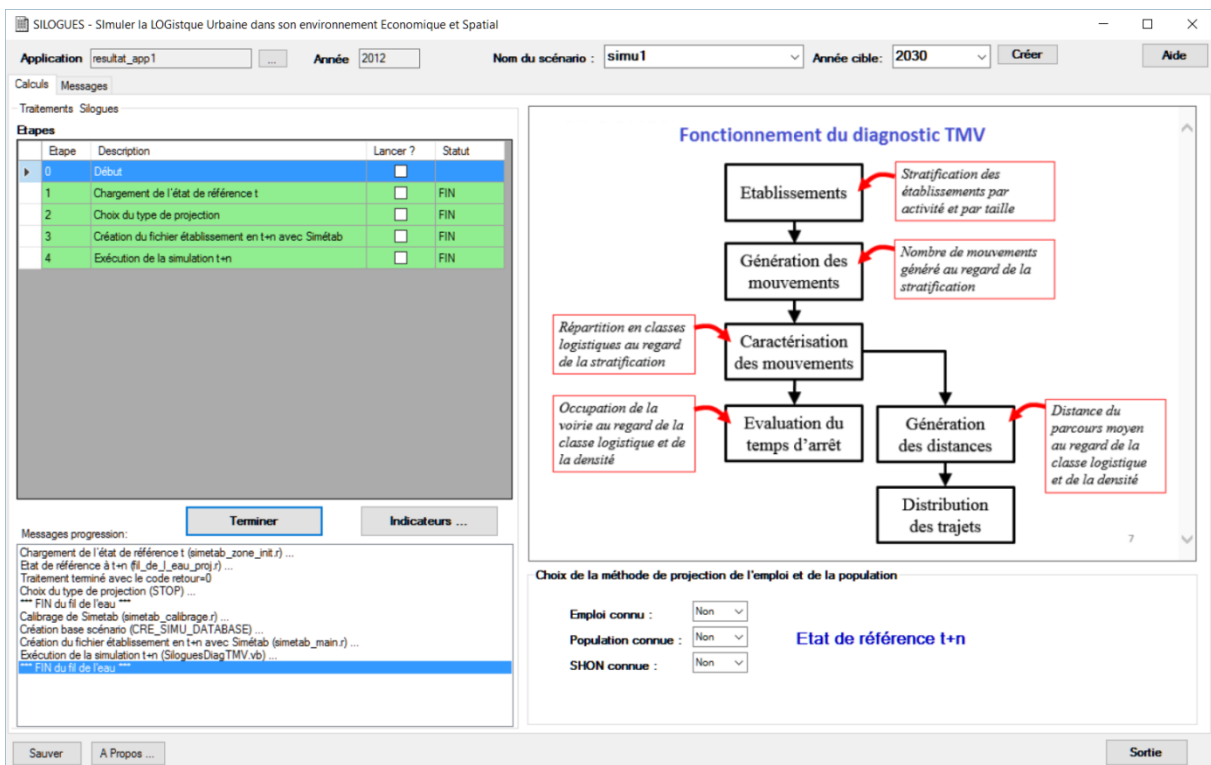
- d'importer la donnée depuis un fichier externe à l'aide de la commande **“Importer votre tableau ...”**, qui ouvre une boîte de dialogue qui permet de choisir le fichier :

Capture SILOGUES 13 : La boîte de dialogue permettant de choisir son fichier d'objectifs pour l'état de référence t+n














Une fois le choix de la méthode de projection effectué, il suffit de cliquer sur le bouton **“Continuer”**, au fur et à mesure de l’avancement des calculs les étapes passent en couleur de fond vert et l’écran suivant s’affiche à la fin des calculs :

Capture SILOGUES 34 : L’exécution du scénario de l’état de référence t+n



Les fichiers suivants sont créés dans le répertoire de données associé à la simulation:

Capture SILOGUES 45 : Les fichiers des données issus du scénario de l'état de référence $t+n$

Nom	Modifié le	Type	Taille
 fil_de_l'eau_init.RData	02/05/2016 09:20	R Workspace	66 Ko
 fil_de_l'eau_proj.RData	02/05/2016 09:20	R Workspace	48 Ko
 listeffact.Rdata	02/05/2016 09:35	R Workspace	18 Ko
 liststruct.Rdata	02/05/2016 09:35	R Workspace	11 Ko
 matetab.Rdata	02/05/2016 09:35	R Workspace	19 Ko
 matricerepart.Rdata	02/05/2016 09:35	R Workspace	10 Ko
 resultat_app1simu1_2030.mdb	02/05/2016 09:38	Microsoft Access ...	628 448 Ko
 zones_init.csv	02/05/2016 09:20	Fichier CSV Micros...	111 Ko
 zones_init.xlsb	02/05/2016 09:12	Feuille binaire Mic...	68 Ko
 zones_proj.csv	02/05/2016 09:20	Fichier CSV Micros...	114 Ko
 zones_proj.xlsb	02/05/2016 09:12	Feuille binaire Mic...	77 Ko

Les principaux fichiers générés sont le fichier **mdb*** qui est le résultat de diagnostic TMV pour l'année cible, le fichier **zone_ini** définit la structure d'activité et de population à l'année de référence, et le fichier **zone_proj** la structure d'activité et de population pour l'année cible.

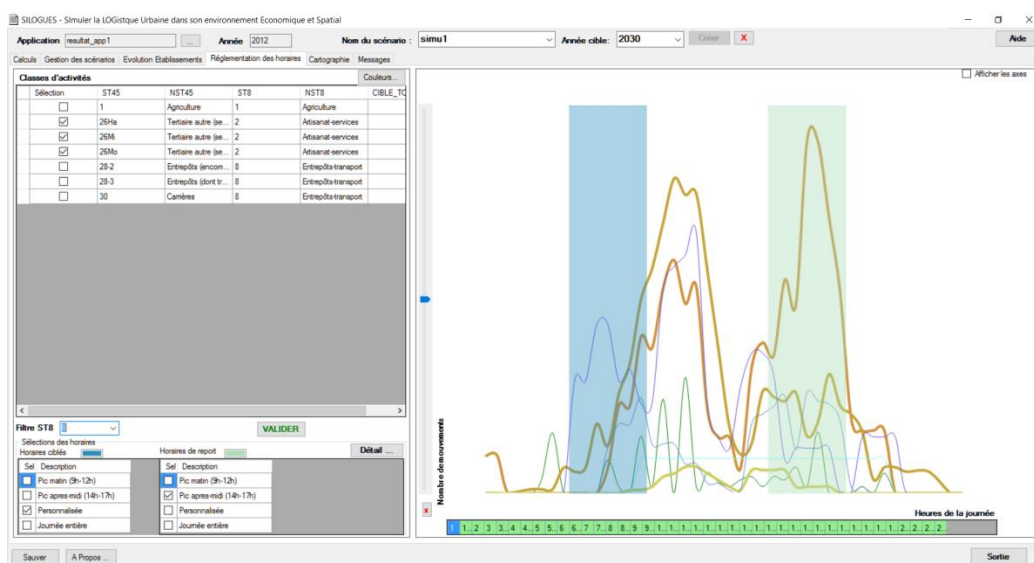
2.2. Élément de scénario : Réglementation des horaires de livraisons

Le paramétrage de l'élément de scénario Réglementation des horaires est réalisé en plusieurs étapes :

1. Sélection des zones et des activités (périmètre économique et spatial)
2. Sélection des horaires cibles pour lesquels on cherche à réduire le nombre de mouvements observés.
3. Sélection des horaires de report.
4. Paramétrage du taux de report.

Les informations permettant à l'utilisateur d'agir sur les horaires sont disponibles dans l'écran suivant :

Capture SILOGUES 16 : Le tableau de bord de l'élément de scénario : Réglementation des horaires de livraisons



Les courbes qui s'affichent dans la partie droite de l'écran présentent pour chaque catégorie d'activité ST8 ou ST45, la répartition des mouvements sur la journée en l'absence de

réglementation particulière. La bande bleue indique la plage horaire qui est visée par les restrictions envisagées (plage horaire cible), la bande verte celle qui est proposée par l'utilisateur pour reporter les mouvements (plage horaire de report).

A partir de ce tableau de bord, il est possible d'effectuer les actions suivantes :

- Sélectionner les activités concernées par la réglementation,
- sélectionner la(les) plage(s) horaire(s) cible(s),
- sélectionner la(les) plage(s) horaire(s) de report,
- appliquer le taux de report.

Les activités sont affichées selon leur appartenance à la typologie d'activités ST45 / ST8.

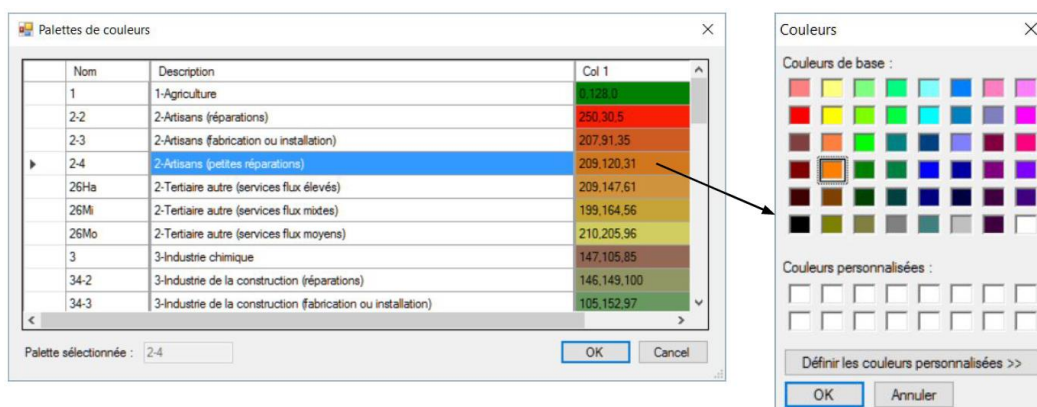
Capture SILOGUES 17 : La sélection des activités concernées par la mesure de réglementation des horaires de livraisons

Classes d'activités					Couleurs...
Sélection	ST45	NST45	ST8	NST8	
<input type="checkbox"/>	1	Agriculture	1	Agriculture	
<input checked="" type="checkbox"/>	26Ha	Tertiaire autre (services flux élevés)	2	Artisanat-services	
<input checked="" type="checkbox"/>	26Mi	Tertiaire autre (services flux mixtes)	2	Artisanat-services	
<input checked="" type="checkbox"/>	26Mo	Tertiaire autre (services flux moyens)	2	Artisanat-services	
<input type="checkbox"/>	25	Tertiaire pur (bureaux)	7	Tertiaire de bureau	
<input type="checkbox"/>	26Fa	Tertiaire autre (services flux faibles)	7	Tertiaire de bureau	
<input type="checkbox"/>	27-2	Bureaux non tertiaires (agriculture,...	7	Tertiaire de bureau	
<input type="checkbox"/>	27-3	Bureaux non tertiaires (com. détail,...	7	Tertiaire de bureau	
<input type="checkbox"/>	6	Transport (hors entreposage)	7	Tertiaire de bureau	

Les cases à cocher de la colonne "Sélection" permettent de sélectionner les activités lorsqu'elles sont cochées.

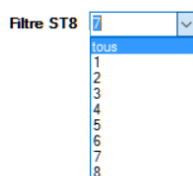
Le bouton "Détail.." permet d'associer une couleur à chaque ST45 :

Capture SILOGUES 18 : La personnalisation de l'affichage



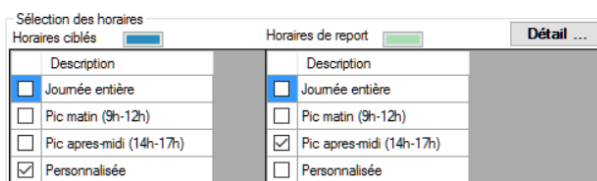
La liste déroulante "Filtre ST8" permet d'afficher tous les groupes d'activité ST45 si le choix "tous" est effectué sinon seules les activités ST45 du groupe ST8 (valeur 1 à 8) choisi s'affichent ainsi que les activités ST45 déjà sélectionnées.

Capture SILOGUES 19 : Le filtrage des ST8



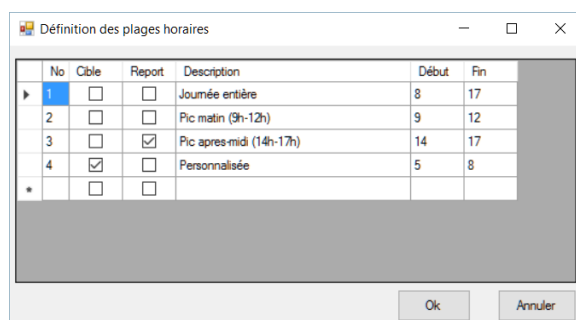
Une autre table permet d'effectuer le choix des plages horaires cibles ou de report :

Capture SILOGUES 20 : Le choix des plages horaires



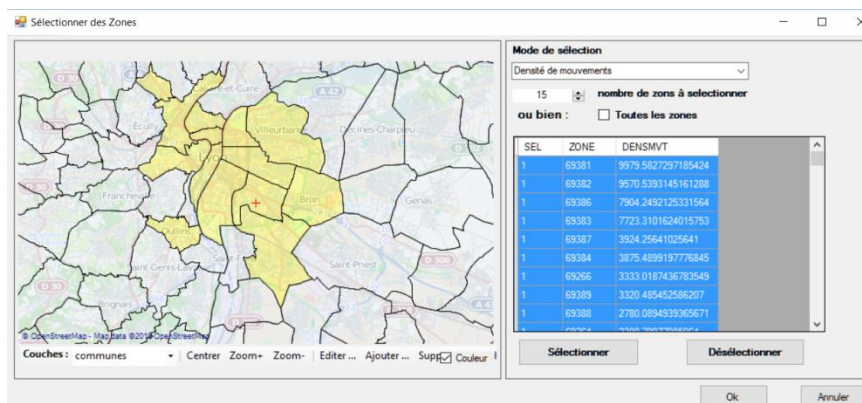
Le bouton "Détail" affiche un formulaire permettant d'éditer les plages horaires et d'en ajouter si nécessaire :

Capture SILOGUES 21 : La personnalisation des plages horaires



Le bouton "Choix des zones" permet de sélectionner les zones pour lesquelles s'applique l'élément de scénario. Son interface est la suivante :

Capture SILOGUES 22 : La sélection des zones concernées par la mesure

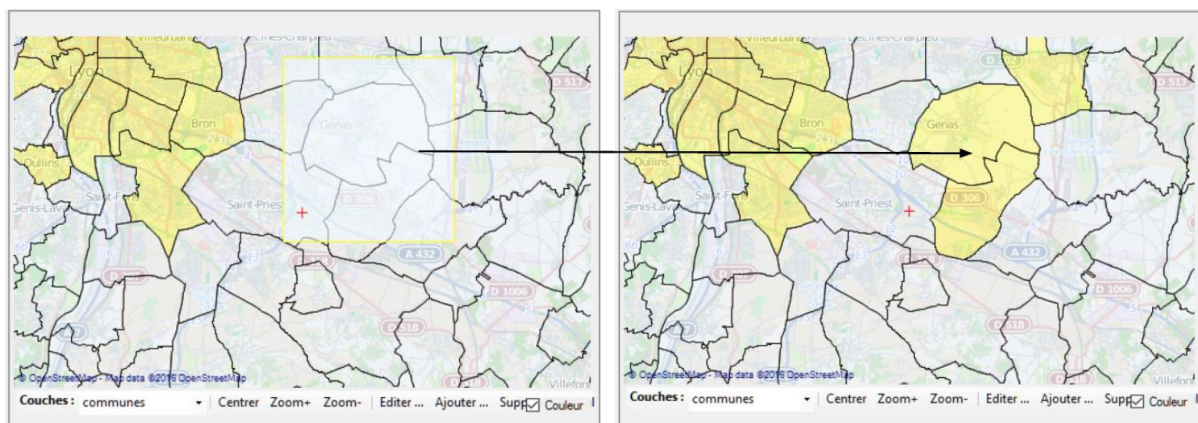


Par défaut, l'utilisateur dispose d'un curseur **nombre de zons à sélectionner** pour effectuer une présélection des zones présentant les plus fortes densités de mouvements. Quand le curseur est positionné sur une valeur (pas de 5 en 5), les zones sont sélectionnées dans le tableau situé en dessous et l'utilisateur valide la sélection à l'aide du bouton "Sélectionner". Les zones sélectionnées sont alors affichées en couleur jaune sur la carte.

Lorsque l'utilisateur clique sur une zone de la carte non sélectionnée, celle-ci s'ajoute à la sélection et passe en jaune. Inversement, si l'utilisateur clique sur une zone qui faisait déjà partie de la sélection, celle-ci est alors désélectionnée et s'affiche de manière neutre.

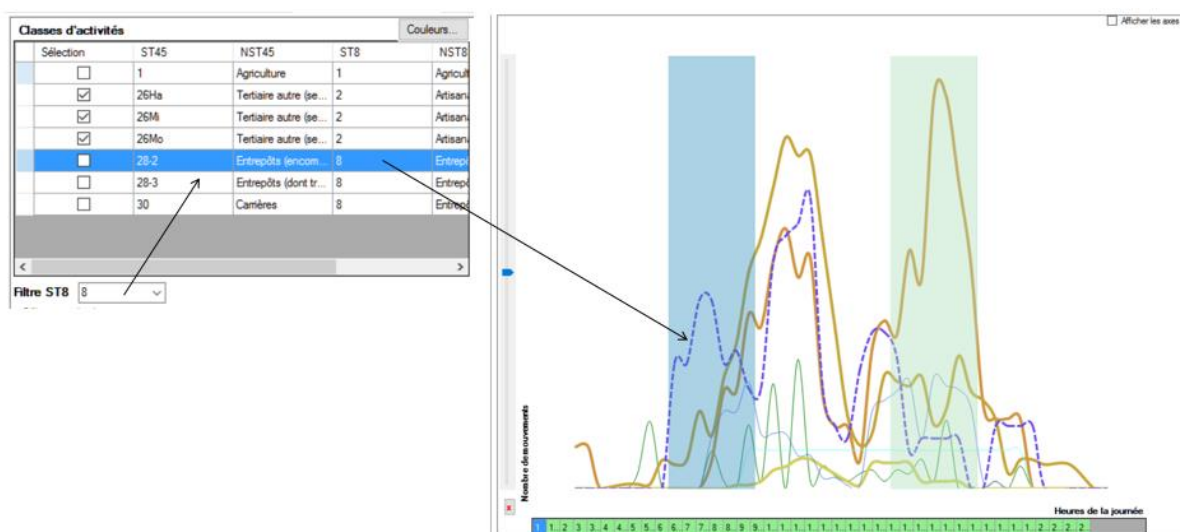
L'utilisateur peut également sélectionner un ensemble de zones en faisant un cadre avec la souris. Ces zones sélectionnées s'affichent en jaune.

Capture SILOGUES 23 : L'ajout ou la suppression de zones



Un graphique affiche une courbe de la répartition horaire journalière des mouvements pour chaque activité ST45 présente dans le tableau décrit précédemment :

Capture SILOGUES 24 : La mise en évidence d'une classe d'activité



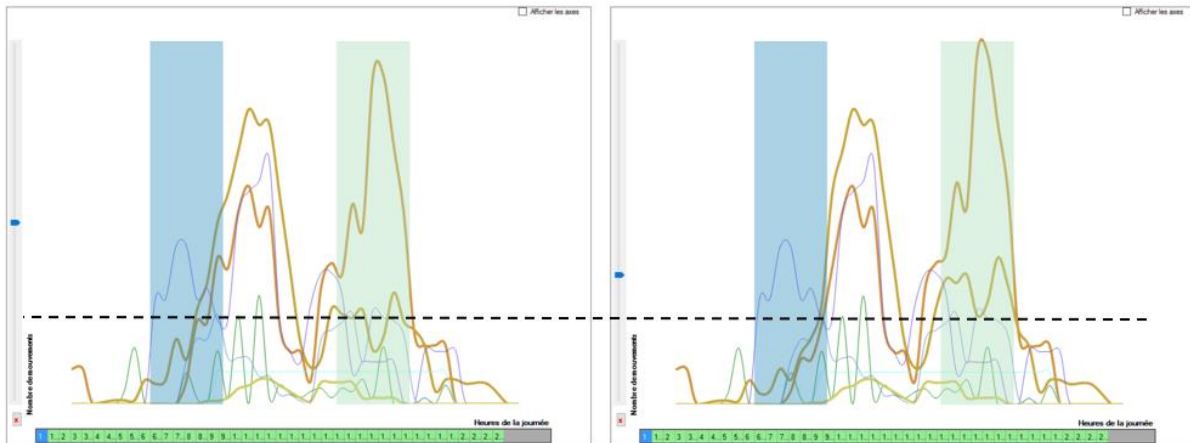
Les styles suivants sont appliqués aux courbes dessinées dans le graphique :

- trait épais lorsque l'activité ST45 est sélectionnée (case à cocher correspondante enfoncée),
- trait pointillé lorsque la ligne du tableau est sélectionnée alors que la case à cocher n'est pas enfoncée, ce qui permet de repérer la courbe de l'activité ;
- trait d'épaisseur standard lorsque la ST45 n'est pas sélectionnée.

L'axe horizontal qui s'affiche en bas du graphique indique les heures de la journée, les heures dites de pointe sont en couleur orange tandis que les autres sont en couleur verte.

L'axe vertical permet d'agir dynamiquement sur le taux de report et de l'appliquer pour les activités ST45 sélectionnées :

Capture SILOGUES 25 : La définition des taux de report de la plage horaire cible vers la plage horaire de report



Les rectangles (en bleu  et vert clair ) représentent les plages horaires cible et de report.

Le bouton “Valider” permet d’appliquer le taux de report à l’ensemble des activités ST45 sélectionnées et de conserver les résultats en vue d’autres applications.

Pour chacune des activités de la ST45 nous avons donc deux répartitions horaires normalisés :

- La répartition standard,
- La répartition relative au scénario de réglementation des horaires de livraisons.

Cette dernière s’applique dans les zones qui ont été sélectionnées.

Par ailleurs, nous disposons également des taux de report α (pré-calculés par SILOGUES et/ou modifiés par l’utilisateur) pour chacune des strates.

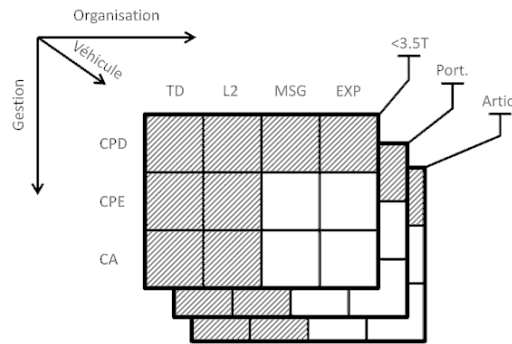
La distribution horaire liée à la réglementation envisagée se calcule en multipliant le nombre de mouvements générés sur chaque créneau horaire cible par $(1-\alpha)$ et en reportant le nombre total de mouvements déplacés sur les créneaux horaires de report. Dans un premier temps, on les répartira de façon homogène sur les différents créneaux avant de les différencier.

Nota : Nous utiliserons une répartition selon des tranches de trente minutes.

2.3. Élément de scénario : CDU

Tous les flux ne sont pas éligibles au passage par un CDU, il s’agit donc dans un premier temps d’identifier les mouvements de marchandises susceptibles d’être transférés à une organisation de type CDU, ainsi que ceux qui ne peuvent pas l’être en utilisant les caractéristiques de mode de gestion, mode d’organisation de la tournée, type de véhicule, activité.

Figure 10 : Sélection des mouvements pouvant transiter par le CDU



Dans l'interface plusieurs boites contenant des cases à cocher permettent de filtrer sur ces critères et de calculer la densité de mouvements par zone afin d'identifier les zones les aptes à bénéficier du CDU.

Figure 11 : Le choix des critères de sélection

Type de véhicule : <input checked="" type="checkbox"/> Moins de 3.5 T <input checked="" type="checkbox"/> Porteur <input checked="" type="checkbox"/> Articulé	Mode de gestion : <input checked="" type="checkbox"/> Compte d'autrui <input checked="" type="checkbox"/> Compte propre expéditeur <input type="checkbox"/> Compte propre destinataire	Type de tournée : <input type="checkbox"/> Trace directe <input type="checkbox"/> Principales <input type="checkbox"/> Tournée courte ($N_{stop}/Tour < 10$) <input checked="" type="checkbox"/> Messagerie ($10 < N_{stop}/Tour < 30$) <input checked="" type="checkbox"/> Express ($N_{stop}/Tour > 30$)
---	---	---

Part des mouvements susceptibles de passer par le CDU :

Le mode d'organisation est ventilé selon 4 catégories : la trace directe, la tournée courte (moins de 10 arrêts), la tournée de messagerie (de 10 à 30 arrêts), la messagerie express (plus de 30 arrêts). Une table de coefficients de corrections $a_{eff\ TD}$, $a_{eff\ Messagerie}$, $a_{eff\ Express}$ indique la part des mouvements susceptibles de transiter par le CDU selon le mode d'organisation.

En fonction des critères retenus par l'utilisateur, la plate-forme écrit le filtre qui sera appliqué aux données. Dans l'exemple ci-dessus, le filtre effectué est :

(3_5T **OU** Porteur **OU** Articulé)
ET (Compte autrui **OU** Compte expéditeur)
ET (Messagerie **OU** Express).

Ce qui signifie que les mouvements relatifs au compte propre destinataire (CPD), aux traces directes (TD), les marches d'approche des tournées (P) et les tournées de moins de 10 arrêts sont considérés comme non transférables. Bien entendu, si aucune case n'est cochée, cela signifie qu'aucun des flux ne va transiter par le CDU et le scénario s'arrêtera là.

Sur la base du filtre retenu et de l'estimation des flux susceptibles de passer par le CDU, on calcule pour chaque zone de notre agglomération, la densité de mouvements éligibles au CDU. Cette densité est représentée sous la forme d'une carte qui répartit les zones en 5 classes de densités de mouvement d'amplitude égale (sur un intervalle allant de 0 mouvements à la densité maximale d_{max}). Cette opération est renouvelée à chaque fois que l'on modifie le filtre.

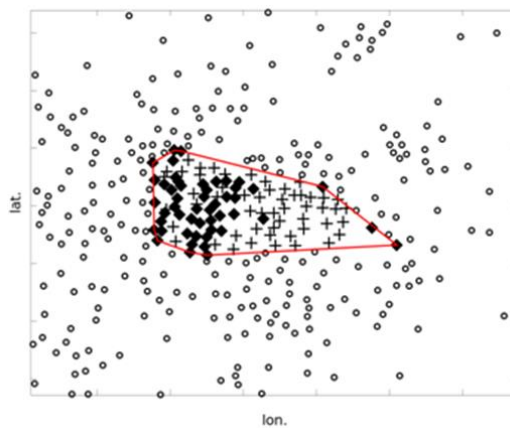
Pour l'information détaillée, lorsque l'on clique sur une zone on peut visualiser le diagramme circulaire correspondant au critère choisi :

- « Véhicule » décompose les mouvements de la zone selon qu'ils sont effectués en 3_5T, Porteur ou Articulé ;
- « Gestion » en CPE, CPD ou CA ;
- « Organisation » en TD, P ou L ou plutôt **TD, P, L2, LMSG** et **LEXPR** (voire, à terme si nécessaire, en TD, P, L2, L3,... L7).

A partir de l'estimation des densités de mouvements éligibles par zone on peut retenir les N_z^1 zones les plus denses. Un périmètre englobant l'ensemble de ces zones est tracé et intègre les zones de moindre densité qui sont inscrites dans le périmètre. On obtient ainsi un nombre N_z^2 de zones.

Le périmètre ainsi délimité correspond à l'aire de chalandise du CDU. Ce résultat peut être représenté par la figure suivante :

Figure 12 : Le périmètre pertinent pour l'aire de chalandise du CDU



Source : Battaïa, 2015

- Les symboles carrés représentent les centroïdes des N_z^1 zones les plus denses,
- Les symboles en forme de croix représentent les centroïdes des $(N_z^2 - N_z^1)$ zones intégrées dans le périmètre.
- Les symboles ronds représentent les centroïdes des zones qui ne sont pas sélectionnées.

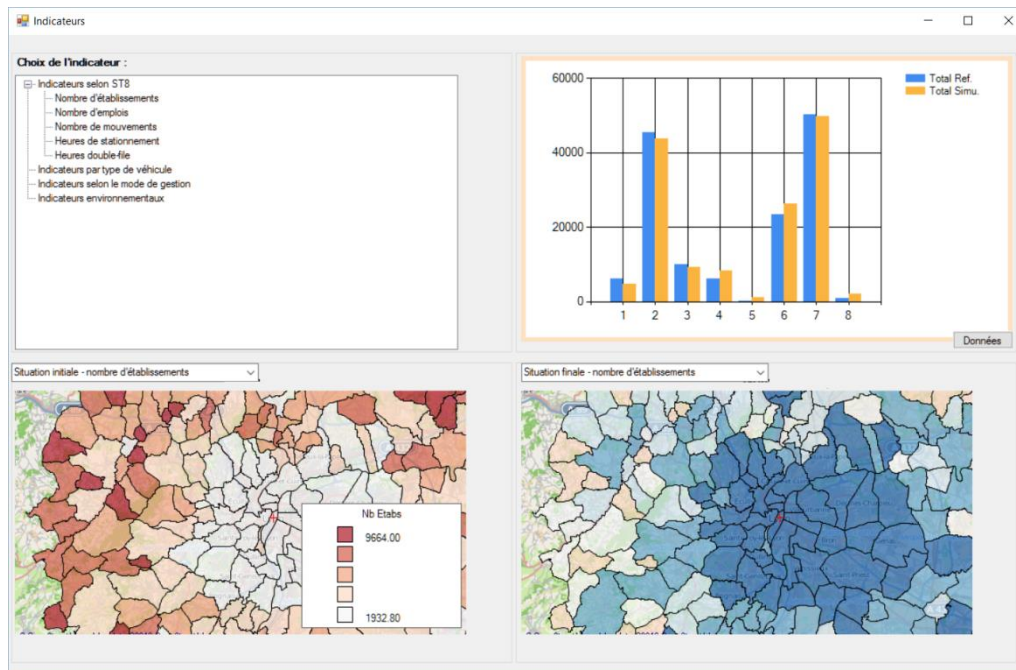
L'efficacité liée à l'implantation d'un CDU est calculée d'une part par la diminution des véhicules-km parcourus en aval, du fait de la massification induite auprès des clients livrés par le CDU et d'autre part par les gains de temps pour les usagers du CDU qui n'ont plus à entrer en centre ville. Ces écarts de performance sont calculés par comparaison de l'état de référence $t+n$ et l'état scénarisé année $t+n$.

3. Les sorties de SILOGUES

Une fois les calculs de l'état de référence année $t+n$ et des scénarios construits par l'utilisateur effectués, un formulaire présentant les indicateurs de sortie est accessible à l'aide du bouton "Indicateurs ...".

3.1. Les principaux indicateurs

Capture SILOGUES 26 : Visualisation des résultats d'une simulation



L'arborescence située en haut à gauche permet de naviguer parmi les indicateurs disponibles classés par thématique (activités, mouvements, distances, durées de stationnement, émissions polluantes...). Le reste de l'écran affiche les graphiques comparatifs, la carte de l'état de référence (aux dates t ou $t+n$) et la carte du comparatif.

Ces indicateurs sont standardisés ce qui signifie que ce sont les mêmes qui sont produits quel que soit le scénario pour faciliter les comparaisons. En outre un affichage comparatif des résultats est proposé, soit sous la forme d'une comparaison chiffrée et graphique des principaux indicateurs, soit sous celle d'une cartographie dynamique.

3.2. Les cartes dynamiques

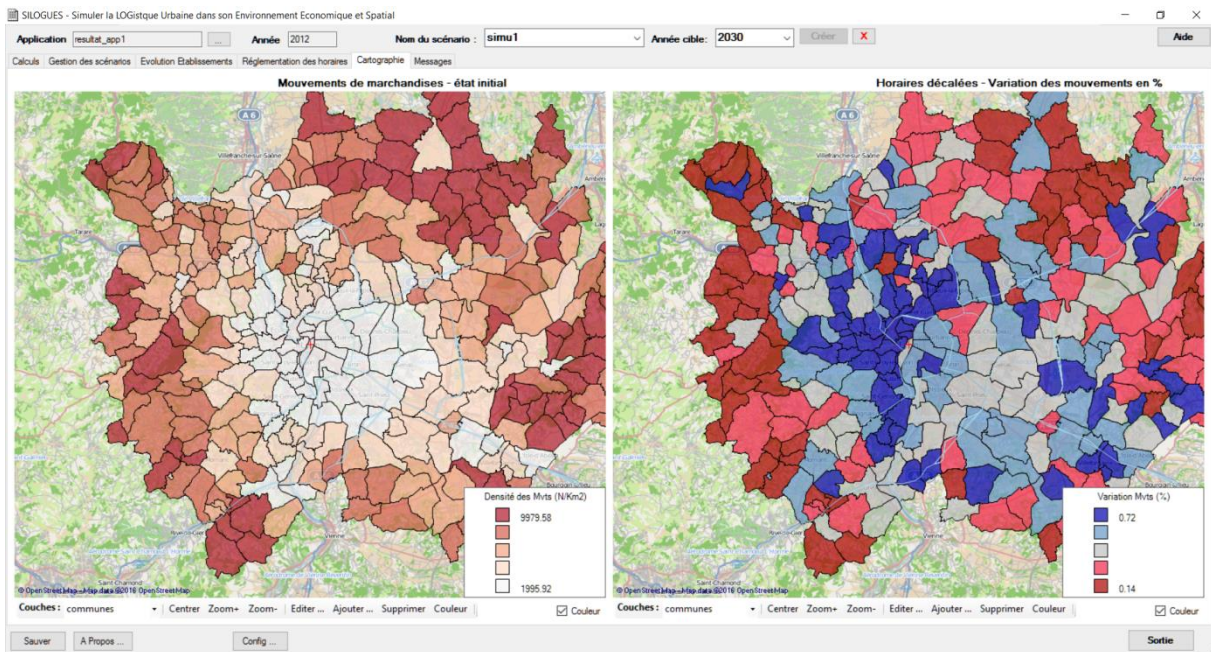
Pour l'affichage comparatif des résultats l'écran de SILOGUES affiche deux cartes correspondant aux situations avant et après sous-scénario. Elles sont réalisées avec une échelle de couleur commune afin de faciliter les comparaisons.

En ce qui concerne par exemple le test d'un scénario relatif aux horaires de livraisons, sous chacune des deux cartes apparaît la barre de horaires avec en bleu les horaires ciblés, en vert les horaires de report, et en gris les horaires non concernés par la mesure incitative. Deux options sont possibles :

- L'utilisateur dispose d'un curseur qu'il positionne où il le souhaite sur la barre des horaires et les cartes s'adaptent en affichant sur le créneau horaire ainsi sélectionné, la densité de mouvements dans chacune des zones du territoire. Quelle que soit la position du curseur l'échelle reste la même car la densité maximale (d_{\max}) utilisée pour l'étalonner est celle calculée tous créneaux horaires et toutes simulations confondues.
- S'il le souhaite, l'utilisateur peut également comparer les résultats sur un ensemble de créneaux horaires. Dans ce cas l'échelle est fixée une fois la sélection faite en prenant pour d_{\max} la densité maximale obtenue sur l'ensemble des zones pour l'une et l'autre

des simulations mais uniquement pour la plage horaire sélectionnée. Une liste de choix préétablis peut être proposée comme dans l'exemple sur l'image.

Capture SILOGUES 27 : La comparaison grâce à des cartes dynamiques



Cette capture d'écran montre un exemple d'affichage de cartes, avec à gauche une carte qui présente les densités de mouvement à l'état de référence, et à droite une carte qui présente l'évolution des densité de mouvement entre l'état de référence et l'état scénarisé. Bien entendu, il est également possible de comparer différents états scénarisés entre eux.

Les cartes produites par SILOGUES étant dynamiques, l'utilisateur peut zoomer, cliquer sur des zones pour obtenir des informations détaillées...

Au stade actuel, le démonstrateur n'offre pas toutes les fonctionnalités de la future plateforme, mais autorise seulement les tests sur les entrées-sorties ainsi que sur les éléments de scénarios implémentés jusqu'à présent. Il ne fournit aucune recommandation, mais a pour objet de relever les éventuelles incohérences des scénarios testés.

Conclusion générale

Depuis une vingtaine d'années, le programme de recherche TMV du LAET a pour objectif de construire des méthodes et des modèles pertinents pour permettre aux collectivités et aux acteurs économiques d'améliorer leur prise de décision en faveur d'une logistique urbaine durable. Le projet de recherche SILOGUES a pour objet de regrouper ces méthodes et interconnecter ces modèles dans une plate-forme de décision unique, avec un panel de mesures le plus large possible. Pour atteindre cet objectif, que l'on peut qualifier d'ambitieux, nous avons constitué une équipe pluridisciplinaire associant la socio-économie des transports, la logistique urbaine, l'informatique et l'aménagement, sur une période de plus de trois ans.

Cette recherche s'est déclinée en quatre phases : confronter les scénarios proposés par les acteurs aux contraintes liées aux outils disponibles ; élargir la donne aux résultats des nouvelles enquêtes ; assembler les outils existants et définir les modules de simulation manquants ; élaborer un démonstrateur de la plateforme de simulation.

Plusieurs leviers ont pu ainsi être levés au cours du projet :

- La définition de 13 éléments de scénarios dont l'assemblage permet à l'utilisateur de construire un scénario adapté à son territoire et à ses objectifs ; ces éléments de scénarios permettent ainsi de construire une large panoplie de politiques dont le choix et l'horizon de mise en œuvre est défini par l'utilisateur.
- La prise en compte des évolutions démographiques et des activités économiques à un horizon $t+n$ garantit un état de référence cohérent.
- Mesurer la cohérence entre les décisions prises dans un objectif de court terme et les objectifs de long terme est rendue possible par la comparaison de scénarios « gigognes », c'est-à-dire intégrant successivement des éléments de scénario au fil des années jusqu'à l'horizon $t+n$ du modèle.
- La plate-forme offre la possibilité de simuler l'impact d'un scénario à des dates différentes ainsi que sur des territoires différents. Elle permet ainsi de comparer l'efficacité de chaque scénario selon les espaces et les périodes où ils sont appliqués.
- Un élément de scénario est susceptible d'influencer plusieurs autres. Ils ne sont donc pas indépendants les uns des autres. Leurs effets ne sont pas forcément additifs. Aussi, les interactions entre éléments de scénarios doivent-elles être prises en compte (effet d'entraînement, influence conjointe sur la même variable de commande par exemple). Cela est rendu possible par une définition standardisée des éléments de scénarios (méthode, informations requises, variables impliquées, fonctions d'équivalence).
- Les différentes politiques peuvent être comparées entre elles, car elles sont actionnées avec les mêmes variables sur un même référentiel spatio-temporel et produisent les mêmes indicateurs.
- La pertinence des résultats est garantie par la mise à jour des outils existants à l'aide des enquêtes TMV les plus récentes (Paris 2011, Bordeaux 2013).
- L'interface utilisateur doit à terme permettre à l'utilisateur de construire des scénarios « pas à pas » avec des fenêtres explicatives permettant de le guider dans les

méandres de sa décision. L'effet de « boîte noire », souvent rebutant pour l'utilisateur doit en être diminué.

- La mise en place d'un groupe d'utilisateurs permettra dans un second temps d'améliorer l'interface dans une vision pédagogique sur la connaissance des mécanismes de la logistique urbaine.

Un certain nombre de difficultés ont été rencontrées ou ont pu demander plus de temps que prévu. Nombre d'entre elles ont pu être levées, comme nous venons de le voir, mais pas toutes : certaines fonctions d'équivalence n'ont pas été calculées faute d'avoir des données en nombre suffisant ; il nous reste à calibrer et tester plusieurs scénarios avant d'en permettre la mise en œuvre, car ils nécessitent des traitements de données d'enquêtes qui doivent encore être validés et contrôlés ; le choix de l'unité de mesure de certaines variables (notamment leur niveau de granularité ou de précision) peut modifier les résultats : une série de tests doivent être réalisés sur l'ensemble des scénarios déjà implémentés.

Nous sommes cependant optimistes sur la faisabilité de cette entreprise ambitieuse. En consolidant les outils de simulation existants et en permettant d'en élargir la portée dans le temps et dans l'espace, elle ouvre un champ de recherche rendu possible par la disponibilité de nouvelles données d'enquêtes (notamment les nouvelles enquêtes TMV, l'enquête e-commerce du Grand Lyon auquel le LAET participe) et les données collectées en grand nombre avec les nouveaux moyens de communication de type « smart city ».

Une telle plate-forme se propose comme un complément que nous jugeons essentiel aux démarches d'expérimentation fréquemment mises en route depuis plus de dix ans et qui ont l'intérêt de mesurer la faisabilité, l'acceptabilité à un moment donné des différentes mesures et innovations organisationnelles et techniques, mais dont l'évaluation des impacts souffre souvent des contraintes liées à leurs coûts et à leur faible envergure dans l'espace comme dans le temps.

Enfin, il convient de rappeler le rôle pédagogique ainsi que le rôle fédérateur d'une telle plateforme, si celle-ci est partagée par plusieurs utilisateurs, au même titre que le modèle *FRETurb* a servi de vecteur d'un savoir maintenant partagé sur la formation des flux de marchandises en ville et leur spécificité, résultats issus des enquêtes TMV.

Valorisation

1. Les communications autour de la plate-forme SILOGUES

Tout au long de la durée du projet celui-ci a bénéficié d'une exposition auprès de représentants du monde académique mais aussi plus grand public au travers d'une série de manifestations :

- 14 au 17 avr. 2014 : Conférence TRA, Paris, Poster « Simulating Urban Logistics in its economic and spatial environment (SILOGUES) ».
- 15 – 17 oct. 2014, Colloque du GIS Modélisation Urbaine « *Urban Modelling, Toward integrated modelling of urban systems* », Lyon, « SILOGUES: A simulation based methodology to estimate urban goods movements under various city planning strategies. »
- 17 – 19 juin 2015 : Colloque *CityLogistics*, Tenerife, « Simulating Logistic Innovation in a Growing Urban Environment ».
- 16 et 17 juin 2015 : Salon *Innovatives SHS – CNRS*, Paris, Stand « SILOGUES » équipé d'un poster et d'une animation.
- 7 au 9 juillet 2015 : *52^{ème} colloque de l'ASRDLF*, Montpellier, « Vers un outil de simulation des politiques de gestion du fret urbain dans un environnement en évolution ».
- 25 sept. 2015 : *Nuit Européenne des chercheurs*, ENTPE, « La circulation des marchandises en ville en question – FRETurb– SILOGUES ».
- 6 oct. 2015 : Séminaire *La simulation informatique, outil d'aide à la décision*, CVT Athena, Paris, « Analyser les politiques de logistique urbaine pour aider à la décision publique ».
- 7 oct. 2015 : *Atelier Marchandises en Ville*, DRI, « SILOGUES: Simuler la logistique urbaine dans son environnement économique et spatial ».

2. Retombées attendues

A terme, la plate-forme SILOGUES sera accessible par un portail en ligne (www.silogues.fr) en cours de développement afin de présenter les éléments pédagogiques des mécanismes de simulation de la logistique urbaine.

Figure 13 : Le portail du site internet www.silogues.fr



D'une manière générale, la plate-forme SILOGUES ne pourra être totalement en libre-service. Nous envisageons, outre une version de démonstration, deux niveaux de mise en œuvre :

Il s'agit à terme d'aboutir à **version en ligne** de la plate-forme SILOGUES qui se présentera sous une forme simplifiée pour être intuitive et pédagogique. Elle présentera, à la demande de l'utilisateur, un état des lieux de son territoire qu'il pourra approfondir pour simuler, à un horizon donné, des décisions d'aménagement et/ou des modifications d'organisations et faciliter ainsi les choix techniques des collectivités et/ou des aménageurs. A côté de cette plate-forme en ligne, **une version ouverte de SILOGUES** sera à la disposition de l'équipe en charge du développement de la plate-forme, pour faire évoluer la plate-forme et l'utiliser dans des scénarios de politiques complexes dans le cadre de missions de conseil-expertise.

Dans ce dernier cas, l'utilisateur pourra choisir son horizon et les éléments de scénarios qu'il souhaite mettre en œuvre sur un territoire donné. Il pourra indéfiniment essayer, avec l'appui d'un membre de l'équipe, plusieurs éléments lui permettant d'obtenir des données et les comparer aux objectifs qu'il poursuit.

Bibliographie

- ANTONI, J.-Ph. (dir.), BONIN, O., FRANKHAUSER, P., HOUOT, H., NICOLAS, J.-P., THIERRY, C., TOMASONI, L., TOILIER, F., VUIDEL, G. (2015), *VILMODes Ville et mobilités durables - Evaluation par la simulation. Trois scénarios d'aménagement pour Lyon et Besançon à l'horizon 2030*, THÉMA-LET- LVMT, rapport pour le PREDIT GO6, 138 p.
- AUGROS, X., GARDRAT, M. (2013), Traffic simulation for optimizing an urban delivery truck: The CITYMOVE project simulation platform, in Wulf-Holger ARNDT et al. (coord.), *Städtischer Wirtschaftsverkehr – Commercial/Goods Transportation in Urban Areas – Transports Commerciaux/Marchandises en Ville*. Dokumentation der Internationalen Konferenz 2012 in Berlin. Ed. Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin. ISBN : 978-3- 88118-518-9.
- BATTAIA, G., GARDRAT, M., TOILIER, F., LE VAN, E., GERARDIN, B., ROUTHIER, J.-L., SEROUGE, M., ZUCCARELLO, Ph. (2015), Simulating logistic innovation in a growing urban environment, *9th International Conference on City Logistics*, Tenerife, June 17-19.
- BONNAFOUS, A., PATIER, D., ROUTHIER, J.-L., TOILIER, F. (2015), French surveys of the delivery approach: from cross-section to diachronic analyse, *9th International Conference on City Logistics*, Tenerife, June 17-19.
- BONNAFOUS, A., GONZALEZ-FELIU, J., ROUTHIER, J.-L. (2013), An alternative UGM Paradigm to O-D matrices: the FRETURB model. *WCTR 2013*, Jul 2013, Rio de Janeiro, Brazil. 20 p.
- CERTU (2009), *Aménagement des aires de livraison - Guide pour leur quantification, leur localisation et leur dimensionnement*, Lyon : CERTU, coll. Références, 52 p.
- DAVEZIES, L. (2004), Temps de la production et temps de la consommation : les nouveaux aménageurs du territoire ?, in *Futuribles* n° 295, mars 2004.
- DAVID, B., CHALON, R., PATIER, D., ROUTHIER, J.-L., HERVE, T., THEBAUD, J.B., DESLANDRES, V., HASSAS, S., GERAY, L., GALLEA, J.-B., DESCOMBES, P. (2012), *ALF – Aire de Livraison du Futur*, Rapport final pour le PREDIT, LET, nov., 171 p.
- Ecole des Mines de Saint-Etienne, Jonction, SOGARIS, Cluster PACA Logistique (2011), *Projet PLUME (Plates-formes en centre-ville pour la Logistique Urbaine : étude sur la ville de Marseille)*, rapport pour le PREDIT, 90 p.
- GARDRAT, M., TOILIER, F., PATIER, D., ROUTHIER, J.-L. (2016), "How can the impact of new practices for supplying households be quantified in urban goods movements?". In *ILS Conference 2016. TS 7.2 : Demand forecasting and estimation for smart sustainable urban logistics systems*, Bordeaux (France), June 1 – 4, 2016.
- GARDRAT, M., SEROUGE, M. (2015), Modeling Delivery Spaces Schemes: Is the Space Properly used in Cities Regarding Delivery Practices?, *9th International Conference on City Logistics*, Tenerife, June 17-19.
- GARDRAT, M., SEROUGE, M., TOILIER, F., GONZALEZ-FELIU, J. (2014), Simulating the structure and localization of activities for decision making and freight modelling: The SIMETAB model, pp. 147-158. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 125.

GERARDIN, B., PATIER, D., ROUTHIER, J. L., SEGALOU, E. (2000), *Diagnostic du Transport de marchandises dans une agglomération*, Programme national Marchandises en ville, DRAST.

GONZALEZ-FELIU, J., FAIVRE D'ARCIER, B., ROJAS, N., BASCK, P., GARDRAT, M., et al. (2013). *FREILOT. Urban Freight Energy Efficiency Pilot. D.FL.6.4. Cost-benefit analysis*. 51 p.

HENRIOT, F., PATIER, D., BOSSIN, Ph., GERARDIN, B. (2008), *Méthodologie d'évaluation des innovations en matière de logistique urbaine*, Rapport pour le PREDIT, LET-Gérardin Conseil - Interface Transport, 44 p. + ann.

MORANA, J., GONZALEZ-FELIU, J., SEMET, F. (2014), Urban consolidation and logistics pooling, planning, management and scenario assessment issues, in GONZALEZ-FELIU et al. (ed), *Sustainable Urban Logistics : Concepts, Methods and Information systems*, Springer, pp. 187-210.

ROUTHIER, J.-L., TOILIER, F. (2010), FRETURB: simuler la logistique urbaine. In ANTONI, J. P. (ed.), *Modéliser la ville. Formes urbaines et politiques de transport*, Economica, Paris, pp. 246-283.

ROUTHIER, J.-L., TOILIER, F. (2007), FRETURB V3, A Policy Oriented Software of Modelling Urban Goods Movement, *11th WCTR*, Jun 2007, Berkeley, United States, 22 p.

ROUTHIER, J.-L. (2002), Du transport de marchandises en ville à la logistique urbaine, Synthèses et Recherches. *2001 plus* n° 59, DRAST, 67 p.

ROUTHIER, J.-L., SEGALOU, E., DURAND, S. (2001), *Mesurer l'impact du transport de marchandises en ville - le modèle FRETurb (version 1)*, Programme national marchandises en ville DRAST-ADEME, 104 p.

TERRIER, C., SYLVANDER, M., KHIATI, A., MONCERE, V. (2005), *Population présente : méthodes de détermination à partir des enquêtes sur les touristes*. 25 p.

TOILIER, F., SEROUGE, M., ROUTHIER, J.-L., PATIER, D., GARDRAT, M. (2015), How can urban goods movements be surveyed in a megacity? The case of the paris region, *9th International Conference on City Logistics*, Tenerife, June 17-19.

TOILIER, F., SEROUGE, M., PATIER, D., ROUTHIER, J.-L. (2014), *Enquêtes " Transport de Marchandises en Ville " - Contribution du Laboratoire d'Economie des Transports à un guide méthodologique*. Laboratoire d'Economie des Transports. 2014. 60 p.

TOILIER, F., BONNAFOUS, A., ROUTHIER, J.-L. (2014), Suivi du transport de marchandises en ville : un nouveau pacte entre enquêtes statistiques et modélisation, *Annales des mines – Responsabilité & Environnement*, n°75, juillet, pp. 57-64.

TOILIER, F., ROUTHIER, J.-L., ALBERGEL, A., PERDRIEL, S. (2005), *Intégration d'un module environnemental dans FRETURB version 2*, rapport pour l'ADEME, FORMEQUIP, 98 p. + annexes.

GLOSSAIRE

ADEME

Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie qui participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. C'est un établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle des ministères chargés de l'environnement, de l'Industrie et de la recherche.

APE

Le code APE (Activité Principale Exercée) est un code de cinq caractères (quatre chiffres et une lettre) attribué par l'INSEE à toute entreprise et à chacun de ses établissements lors de son inscription au répertoire SIRENE. Ce code caractérise son activité principale par référence à la Nomenclature d'Activités Française (NAF rév. 2). Il permet le classement par secteur d'activité.

APET ou APEN

Activité Principale de l'Établissement attribué par l'INSEE à toute entreprise (APEN) et à chacun de ses établissements (APET) lors de son inscription au répertoire SIRENE.

ARRÊT

Immobilisation momentanée d'un véhicule sur la route durant le temps nécessaire pour permettre la montée ou la descente de personnes, le chargement ou le déchargement du véhicule, le conducteur restant aux commandes de celui-ci ou à proximité pour pouvoir, le cas échéant, le déplacer.

B2B

Business To Business : l'ensemble des activités d'une entreprise visant une clientèle d'entreprises ou bien l'ensemble d'architectures techniques et logicielles informatiques permettant de mettre en relation des entreprises.

B2C

Business To Consumer : l'ensemble des architectures techniques et logiciels informatiques permettant de mettre en relation des entreprises directement avec les consommateurs.

CDU

Centre de distribution urbaine.

COMPTE D'AUTRUI

Transport effectué par un professionnel du transport qui est responsable par contrat de l'acheminement de la marchandise

COMPTE PROPRE

Transport effectué directement par l'entreprise expéditrice ou réceptrice de la marchandise, autre qu'un transporteur professionnel. On associe au compte propre les opérations déléguées à d'autres opérateurs qui restent sous la maîtrise de l'expéditeur ou du

récepteur.

L'établissement expédie des marchandises par ses propres moyens : c'est le Compte Propre Expéditeur (CPE), par les moyens du destinataire : c'est le Compte Propre Destinataire (CPD), ou réceptionne des marchandises par ses propres moyens : c'est le Compte Propre Destinataire (CPD) ou par les moyens du destinataire : c'est le Compte Propre Expéditeur (CPE).

COPERT 4

Computer Program to calculate Emissions from Road Transport. C'est la dénomination d'un logiciel et d'une méthode (pour est un modèle mathématique utilisé lors de simulations de trafics routiers (logiciel IMPACT de l'ADEME, par exemple). COPERT est un logiciel qui fonctionne sous MS Windows.

CORINE LAND COVER

Base de données européenne d'occupation biophysique des sols. Les applications sont nombreuses dans le domaine de l'environnement ou de l'aménagement du territoire en croisant cette base avec d'autres données géographiques et/ou statistiques.

DADS

Formalité administrative obligatoire que doit accomplir toute entreprise employant des salariés, en application de l'article L133-5-4, R243-14 du code de la sécurité sociale et des articles 87, 88, 240 et 241 du Code Général des Impôts.

DOT NET

Microsoft .NET (prononcer « dot net ») est le nom donné à un ensemble de produits et de technologies informatiques de l'entreprise Microsoft pour rendre des applications facilement portables sur Internet.

DRIVE

Expression anglo-saxonne utilisée pour décrire un concept de distribution conçu pour le déplacement du client en automobile, à l'origine le « drive » [« conduire » en anglais].

Expression est également utilisée pour décrire un mode de distribution de produits de grande consommation, combinant une commande préalable sur un site Internet dédié, puis la récupération des achats par le consommateur à une adresse déterminée (entrepôt spécialisé, service annexe à une grande surface, plate-forme ad hoc...)

ELU

Un espace logistique urbain est un équipement destiné à organiser la circulation des marchandises en agglomération par la mise en œuvre de points de ruptures de charges. Ces espaces logistiques servent d'interfaces entre une agglomération et son environnement régional et national ou bien entre un centre-ville et son agglomération. Ils peuvent être de dimension très variée, allant de la simple consigne de quartier à une plate-forme multimodale.

ENVOI

Constitué par l'ensemble des marchandises composant une opération (réception, expédition ou opération conjointe).

FRAMEWORK

Un framework ou structure logicielle est un ensemble cohérent de composants logiciels structurels, qui sert à créer les fondations ainsi que les grandes lignes de tout ou d'une partie d'un logiciel (architecture).

IGN

Institut national de l'information géographique et forestière français (anciennement « Institut géographique national »).

IHM

Interface Homme-Machine, définit les moyens et outils mis en œuvre afin qu'un humain puisse contrôler et communiquer avec une machine.

INSEE

L'INSEE ou Institut National de la Statistique et des Études Économiques est un organisme public qui dépend du Ministère de l'Économie et qui est le fournisseur des statistiques économiques officielles en France.

IRIS

Acronyme pour "Ilots Regroupés pour des Indicateurs Statistiques". Il s'agit désormais de l'unité géographique de base utilisée par l'INSEE pour les recensements de population. L'Iris a remplacé l'îlot en 2006.

LAET

Laboratoire Aménagement, Economie, Transports. Le Laboratoire d'Economie des Transports est devenu le LAET au 1^{er} janvier 2016.

MDB

.mdb, est une extension de fichier associée à Microsoft Access, un logiciel de bases de données.

MODE DE GESTION

Il s'agit de la manière dont la personne physique ou morale qui réalise le transport exécute le transport de ses expéditions et/ou de ses réceptions. On distingue ainsi le compte d'autrui et le compte propre.

MODE D'ORGANISATION

Il s'agit de la manière dont la personne physique ou morale qui réalise le transport organise ses parcours pour effectuer ses livraisons et enlèvements (on distingue la tournée et la trace directe).

OPÉRATION

Réception, expédition, ou opération conjointe (réception et expédition) effectuée à l'aide d'un véhicule motorisé ou mécanisé, (une livraison peut comprendre plusieurs colis).

PARCOURS

Ensemble des points successifs touchés par le chauffeur-livreur pour ramasser ou livrer des marchandises.

Un parcours est considéré comme achevé lorsque le véhicule revient à son point de départ durant une journée.

PTAC

Le Poids Total Autorisé en Charge est le poids maximum du véhicule et son chargement. Le poids des véhicules ne doit pas dépasser le PTAC. Chaque véhicule a son PTAC propre, fixé par le service des Mines. En outre, pour un véhicule à deux essieux, le PTAC est fixé à 19 tonnes, 26 tonnes pour un véhicule à trois essieux, et 32 tonnes pour un véhicule à 4 essieux ou plus.

PIB

Produit Intérieur Brut, est indicateur économique principal de mesure de la production économique réalisée à l'intérieur d'un pays donné. La variation du PIB d'une période à l'autre est censée mesurer son taux de croissance économique.

R

R est un langage de programmation et un environnement d'analyse des données statistiques.

.r est une extension de fichier associée à un programme écrit en langage R.

RDATA

.rdata est une extension de fichier associée à la sauvegarde des données d'une session du langage R.

SCOT

Schéma de cohérence territoriale, est l'outil de conception et de mise en œuvre d'une planification intercommunale.

SHAPEFILE

« Fichier de formes », un format de fichier issu du monde des systèmes d'informations géographiques (SIG).

.shp est une extension de fichier associée au format shapefile. Initialement développé par ESRI pour ses logiciels commerciaux, ce format est désormais devenu un standard.

SHON

Surface Hors Œuvre Nette. Mesure de superficie des planchers pour les projets de construction immobilière.

SHOWROOM

Un showroom est un lieu d'exposition, et éventuellement de vente, destiné à la mise en valeur exclusive des produits d'un fabricant.

SILOGUES

Plate-forme conçue et développée par le LAET pour l'aide à la décision publique en matière de logistique urbaine. Acronyme de Simuler la LOGistique Urbaine dans son environnement Economique et Spatial.

SIMETAB

Modèle conçu et développé par le LAET (Gardrat & al, 2013) permettant de simuler la structure et la localisation des activités et des établissements.

SIRENE

Répertoire français d'identification des entreprises (personnes physiques et morales) et de leurs établissements.

Ce répertoire est géré par l'INSEE, qui attribue un numéro SIREN aux personnes morales et physiques et un numéro SIRET aux établissements. Le numéro SIRET est composé des 9 chiffres qui constituent le SIREN de l'entreprise et du NIC (Numéro Interne de Classement) à 5 chiffres qui est spécifique à chaque établissement.

SQL

Sigle de Structured Query Language, en français langage de requête structurée, est un langage informatique normalisé servant à exploiter des bases de données relationnelles.

SQLITE

SQLite est un système de base de données qui a la particularité de fonctionner sans serveur, on dit aussi "standalone" ou "base de données embarquée".

ST45

Structure des activités en 45 classes.

Pour le détail: <http://FRETurb.laet.science/glossaire.htm#ST45>

ST8

Structure des activités en 8 classes : tertiaire de bureau, tertiaire de service et artisanat, commerce de gros, commerce de détail, grande distribution, industrie, entreposage, agriculture.

STATIONNEMENT

Immobilisation d'un véhicule sur la route hors les circonstances de l'arrêt.

TMV

Transport de Marchandises en Ville.

TOURNÉE

Un parcours comportant plus d'un point de livraison.

TRACE DIRECTE

Parcours effectué d'une origine à une destination sans arrêt intermédiaire, pour effectuer deux opérations (un enlèvement à l'origine et une livraison à la destination).

VB.NET

Visual Basic .NET est un langage de programmation à la syntaxe similaire à celle de Visual Basic 6.

VUL

Véhicule Utilitaire Léger. Il peut s'agir d'une camionnette ou d'un camion de 3,5 tonnes ou moins de PTAC.

WEBROOMING

Le webrooming est l'activité qui consiste à rechercher des informations sur un produit sur Internet avant d'aller l'acheter dans un magasin physique appartenant ou non à la même enseigne.

ANNEXES

1. Annexe 1 : Les entretiens avec les acteurs

20 entretiens ont été réalisés lors de la première phase du projet SILOGUES, afin de préparer l'analyse des besoins des acteurs en matière de logistique urbaine des marchandises en ville.

Lors de chacun de ces entretiens, 7 thèmes ont été évoqués directement ou indirectement :

1. le mode de gouvernance,
2. le coût de l'énergie et l'état d'avancement de la transition énergétique,
3. la gestion des nuisances environnementales,
4. le développement de l'économie numérique,
5. l'organisation logistique des entreprises de transport,
6. la localisation des activités et de l'habitat,
7. la mutualisation

1.1. *Le mode de gouvernance*

C'est une question essentielle pour l'avenir de l'organisation de la logistique urbaine au niveau des agglomérations urbaines.

Cela concerne tout à la fois les questions liées au transport et à l'urbanisme.

Il ne s'agit donc pas simplement de réglementer les horaires de livraisons et de stationnement mais aussi de gérer le foncier et donc les règles à appliquer en matière d'occupation de l'espace urbain.

Parmi les personnes consultées, on enregistre un très large consensus autour de la nécessité de renforcer les compétences effectuées au niveau des intercommunalités. Cela est indispensable pour assurer une cohérence et une harmonisation des réglementations. C'est aussi nécessaire en matière de gestion du foncier.

Toutefois, il ne paraît pas souhaitable de remettre en cause totalement les pouvoirs de police du Maire qui demeurent pour la grande majorité des personnes interrogées un élément essentiel de la gouvernance en matière de logistique urbaine.

Il est indispensable de préserver une proximité avec le terrain pour solutionner de nombreux problèmes pratiques au quotidien.

Il faut trouver un équilibre en ces deux préoccupations :

- harmonisation + cohérence de la gouvernance au niveau des agglomérations urbaines,
- proximité.

L'organisation à mettre en place dépend aussi de la taille des agglomérations urbaines.

Dans tous les cas, il faut renforcer le rôle du volet marchandises des plans de déplacements urbains (PDU).

Les prescriptions des PDU sont aujourd'hui indicatives et n'ont pas une force suffisante pour être réellement appliquées.

Les arrêtés municipaux doivent en principe respecter ces prescriptions mais ne sont pas « conformes ».

Cela est nécessaire, si l'on veut aussi atteindre les objectifs de cohérence et d'harmonisation de la gouvernance au niveau des agglomérations ; ce qui est indispensable.

Cette gouvernance doit aussi concerner le foncier et l'urbanisme ; afin de rapprocher les espaces logistiques urbaines des zones urbaines denses et d'assurer une meilleure cohérence entre transport et urbanisme.

Cela implique l'affectation à la logistique de zones dans les plans locaux d'urbanisme (PLU).

Là encore, une harmonisation est nécessaire au niveau des agglomérations urbaines.

Plusieurs personnes interrogées ont évoqué la proposition du GART d'étudier les compétences des autorités organisatrices des transports urbains (AOTU) pour qu'elles deviennent les Autorités Organisatrices de la Mobilité Durable (AOMD). Cette extension de compétences concernerait le stationnement dépenalisé et décentralisé, l'autopartage, le covoiturage, les modes doux (marche à pied, vélos...) et le transport des marchandises en ville.

Le GART souligne la nécessité de donner aux AOMD les compétences nécessaires à la coordination des actions liées aux transports de marchandises, notamment en élargissant le champ d'application du droit de préemption urbain aux espaces urbains à vocation logistique.

Les extensions de compétences pourraient être optionnelles ou obligatoires.

A ce stade, il semble d'après les informations dont nous possédons actuellement, que ces propositions n'aient été que partiellement prises en compte.

Nos interlocuteurs soulignent aussi la nécessité d'une meilleure gouvernance transversale au sein des services des collectivités territoriales.

Les questions liées à la logistique urbaine concernent de nombreux services qui dialoguent dans beaucoup de cas peu entre eux et qui connaissent généralement mal la réalité technique et économique de la logistique urbaine.

Peu de responsables au sein des collectivités territoriales connaissent la réalité de l'entreprise privée et du monde des entreprises.

Il en résulte souvent de multiples dysfonctionnements, des retards dans les prises de décisions et des luttes de pouvoir sans rapport direct avec la réalité des problèmes posés.

Il n'est pas facile de sortir par le haut de cette situation. Les difficultés structurelles ne sont pas spécifiques au domaine de la logistique urbaine.

SILOGUES, en apportant des outils utiles d'aide à la décision, pourrait apporter une contribution modeste mais positive pour aider à sortir de ce cercle vicieux.

A noter le cas particulier des métropoles (Lyon – Marseille). La Loi Métropole va transférer au niveau intercommunal la police de la circulation mais pas la police du stationnement.

Plusieurs de nos interlocuteurs ont aussi évoqué la question des chartes de bonnes pratiques.

C'est un moyen d'organiser une concertation entre tous les acteurs concernés publics et privées par la logistique urbaine.

Elle contient des engagements concrets qui ne se traduisent pas toujours par des réglementations. Elle est susceptible d'évoluer par avenant ; afin de tenir compte des évolutions observées et des résultats de la concertation.

Cette démarche est jugée constructive mais requiert une consommation de temps importante qui est jugée excessive par certains.

Il est aussi possible de choisir le vote d'une délibération cadre au niveau de l'assemblée intercommunale qui fixe un cadre général et permet de conserver une certaine souplesse au niveau de la concertation et de la gouvernance.

1.2. Le coût de l'énergie et l'état d'avancement de la transition énergétique

D'abord un constat ! L'exploitation des gaz de schistes et des schistes bitumineux a eu un impact important sur l'horizon temporel de l'épuisement des énergies pétrolières et gazières fossiles. Elle a aussi un impact sur les prix des produits pétroliers et du gaz en Amérique du Nord.

Cela ne fait que reculer des échéances inéluctables. La découverte de nouveaux gisements pétroliers ou gaziers classiques va dans le même sens.

Dans le même temps, le coût des énergies renouvelables : éolien, photovoltaïque, hydrolien, etc... reste élevé. Les potentiels de développement de l'énergie hydraulique sont limités.

Dès lors, la transition énergétique risque d'être relativement longue, même si les préoccupations environnementales peuvent conduire à accélérer cette transition.

Il faut aussi tenir compte du fait que la crise économique que traverse actuellement la France tend à freiner la croissance de la consommation énergétique.

En matière de logistique urbaine, la transition énergétique devrait se traduire par un développement de l'utilisation de véhicules routiers électriques ou à gaz, ainsi que par le développement de solutions multimodales.

Examinons successivement ces différentes solutions.

● véhicules électriques

Le parc de véhicules utilitaires électriques demeure assez limité, même s'il connaît actuellement un certain développement.

Il se développe surtout sur la gamme des véhicules utilitaires légers ; ce qui correspond à un segment spécifique du marché.

L'offre est limitée en ce qui concerne les petits porteurs et quasi – inexistante en ce qui concerne les gros porteurs.

Les surcoûts par rapport aux véhicules thermiques classiques au niveau de l'achat demeurent très importants, du fait de l'absence d'économie d'échelle et d'effets de séries.

Plusieurs des interlocuteurs interrogés considèrent que les grands constructeurs investissent peu sur ce créneau.

Les petits constructeurs ont du mal à garantir la fiabilité technique des matériels observent plusieurs de nos interlocuteurs exploitant des parcs de véhicules électriques.

Il y a un décalage important entre les discours officiels et la réalité.

La transition énergétique dans ce domaine sera beaucoup plus longue que prévue. Il faut passer par des phases d'expérimentations et introduire dans les réglementations locales des éléments favorables aux véhicules électriques, notamment en matière d'amplitude des horaires de livraisons.

L'un des atouts importants des véhicules électriques est le faible volume des nuisances sonores qu'ils émettent. Il faut en tenir compte pour autoriser des livraisons de nuit ; c'est-à-dire en début de soirée ou tôt le matin.

Il faut aussi prévoir un effort important d'investissement au niveau des infrastructures de recharge, notamment de recharge rapide car l'autonomie des véhicules demeure limitée.

Elle est en général satisfaisante pour les tournées en centre-ville mais peut s'avérer insuffisante si l'on raisonne au niveau des agglomérations urbaines.

La solution électrique demeure pénalisée par le poids important des batteries et la relativement faible charge utile. C'est une solution à prendre en compte dans le cadre de la transition énergétique mais au sein d'un panier de solutions.

Les discours officiels sont depuis plusieurs années un peu trop optimistes et orientés en faveur de cette seule solution qui n'est pas en mesure de répondre actuellement de manière satisfaisante à tous les besoins.

● ***véhicules au gaz***

Il existe deux filières :

- le gaz de pétrole liquéfié : GPL,
- le gaz naturel véhicules : GNV.

Les ressources en GPL sont limitées. Cela concerne des petits véhicules. Le GPL étant plus lourd que l'air, des précautions sont à prendre en cas de stationnement en souterrain. Il existe des véhicules hybrides essence / GPL.

La distribution du GPL en station est limitée mais compatible avec l'organisation de la distribution urbaine des marchandises.

A moyen / long termes, le développement de cette filière paraît limité.

Les ressources en GNV sont beaucoup plus importantes. Il existe aussi une filière de GNV renouvelable avec le bio-méthane issu de l'épuration du biogaz.

Le GNV permet d'alimenter des moteurs beaucoup plus puissants. Des porteurs de 19 t ou 26 t sont exploités avec du GNV pour la distribution urbaine des marchandises.

Il existe aussi une technologie, dite « dual fuel », combinant l'usage du GNV et du gazole. Elle permet la conversion de moteurs diesels existant (technique dite « retrofit »).

Son application concerne des véhicules gros porteurs exploités principalement pour des liaisons interurbaines. Certaines applications en distribution urbaine des marchandises sont aussi envisageables.

Le développement du GNV est actuellement freiné par le manque de stations de compression assurant l'avitaillement des véhicules GNV en France.

Sous certaines conditions, l'exploitation du GNV pour la distribution urbaine est économiquement rentable.

Elle permet surtout de réduire la pollution locale, notamment liée aux émissions de particules ainsi que les émissions de gaz à effet de serre.

Si le verrou des stations de compression était levé ; ce qui est le cas dans de nombreux pays européens, le GNV pourrait connaître un développement important dans le domaine de la logistique urbaine.

La majorité de nos interlocuteurs sont favorables au développement des solutions gaz.

● *solutions multimodales*

Il s'agit de solutions combinant l'usage de la route pour le dernier kilomètre avec l'usage de la voie d'eau ou du rail.

Elles sont encore peu développées actuellement en France.

Plusieurs expérimentations en cours ou en développement tendent à montrer la pertinence de ces solutions.

L'exemple classique est celui de Monoprix (SAMADA) qui alimente pour une part significative ses supermarchés parisiens en combinant une liaison quotidienne par rail desservant l'entrepôt Gustave Lamée à Bercy avec l'exploitation d'une flotte de véhicules GNV appartenant à Bourgey – Montreuil (filiale du groupe GEODIS).

Une station de compression est exploitée à Bercy par la société GNVert, filiale du groupe GDF Suez.

SOGARIS développe un hôtel logistique à Paris. La Chapelle qui combinera une desserte par rail avec une distribution routière du dernier kilomètre.

Nous avons aussi interrogé le responsable du projet de centre multimodal de distribution urbaine (CMDU) qui est en cours de développement dans l'enceinte du port de Lille.

1.3. La gestion des nuisances environnementales

Trois types de nuisances ont été examinés avec nos interlocuteurs lors des entretiens :

1. les émissions de polluants locaux,
2. les émissions de gaz à effet de serre,
3. le bruit.

● *Emissions de polluants locaux*

Des progrès importants ont été réalisés en matière de polluants locaux des véhicules thermiques grâce aux normes EURO. Une nouvelle étape importante a été franchie avec notamment la prise en compte des particules fines.

Mais, le renouvellement du parc de véhicules utilitaires est assez lent, notamment dans le transport pour compte propre.

La pollution locale pose des problèmes de santé publique, comme cela a été souligné par des études de l'OMS.

La création des zones ZAPA a été retardée. Des réglementations locales peuvent limiter la pénétration des véhicules les plus polluants dans les zones urbaines denses. Mais, les moyens de contrôle sont insuffisants actuellement en France.

Les évolutions réglementaires à ce sujet dépendent largement de décisions nationales et européennes.

Toutefois, les collectivités territoriales disposent de certains pouvoirs pour faciliter l'usage de véhicules propres, notamment dans le cadre des pouvoirs de Police du Maire.

C'est un problème sérieux !

Les pollutions ne concernent pas que les particules fines mais aussi les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone et les hydrocarbures imbrûlés.

Des exemples européens en matière de zones à faibles niveaux d'émissions pourraient servir d'exemples.

L'année 2013 a été sacrée « année européenne de la qualité de l'air », par les institutions communautaires.

Une directive de 2008 fixe à 50 microgrammes par mètre cube le seuil qu'il ne faut pas excéder plus de 35 jours par an en matière d'émissions de particules fines (PM10 = particules d'un diamètre maximal de 10 microns émis par mètre cube) et une moyenne annuelle de 25 microgrammes par mètre cube d'air.

En France, 16 agglomérations dépassent cette borne.

La France fait actuellement l'objet d'une procédure d'infraction déclenchée par Bruxelles pour son peu de diligence à réduire les émissions de particules néfastes pour la santé.

Ces substances sont issues principalement des gaz d'échappement dont principalement ceux des véhicules diesels.

Ces PM10 seraient à l'origine en France de 42 000 morts prématurées, selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Les experts travaillant pour l'OMS considèrent même que les particules fines : les « PM 2,5 » seraient cancérigènes.

La mise en place de ZAPA = Zones d'Action Prioritaires pour l'Air paraît donc urgente.

Selon un rapport commandé par la Commission Européenne et publié le 9 décembre 2013 par la revue scientifique « The Lancet », la directive de 2008 ne serait plus à la hauteur des enjeux sanitaires.

L'OMS préconise une norme de 10 microgrammes par mètre cube.

Le gouvernement américain vient de s'engager sur une norme de 12 microgrammes par mètre cube.

Techniquement, l'une des réponses possibles est le développement rapide des véhicules utilitaires au GNV qui émettent très peu de particules.

Comme nous l'avons déjà dit supra, il faudrait accélérer la mise en place d'un réseau de stations de compression GNV dans les agglomérations urbaines.

● **Emissions de gaz à effet de serre (GES)**

Il s'agit principalement du gaz carbonique (Co2) mais aussi du méthane (CH4).

Le GIEC a souligné à de multiples reprises les risques pour la planète du réchauffement climatique.

Cette question dépasse largement le niveau local et requiert des solutions au niveau national (facteur 4 à l'horizon 2050), européen (3 x 20) et mondiale (protocole de Kyoto et ses suites).

Toutefois, « les petits ruisseaux font les grandes rivières ». Les décisions locales en faveur de l'utilisation de véhicules propres et d'une meilleure organisation de la logistique urbaine peuvent contribuer positivement, à leur modeste échelle, à la réalisation de ces objectifs globaux.

● **Bruit**

C'est une source de nuisances qui est particulièrement perçue négativement par les riverains d'établissements ou de particuliers recevant des livraisons ou générant des enlèvements de marchandises, surtout lorsque ces activités sont effectuées tôt le matin ou en soirée.

Le programme PIEK, initié aux Pays Bas et soutenu par la Commission Européenne, a ouvert la voie à des solutions innovantes dans ce domaine.

Des expérimentations ont été menées en France qui ont conduit à la mise en place de la norme CERTIBRUIT.

La mise en œuvre effective de ces actions reste encore limitée.

Des actions réglementaires peuvent être menées par les collectivités territoriales pour inciter à la réduction des nuisances sonores en offrant des facilités au niveau des horaires de livraisons aux véhicules les moins bruyants, ainsi qu'aux entreprises qui utilisent des moyens de manutention moins bruyants et qui engagent des actions de formation dans ce domaine.

A noter aussi que le développement de l'usage de véhicules électriques et, dans une moindre mesure de véhicules GNV, pour les livraisons urbaines favorisent la réduction des émissions sonores.

1.4. Le développement de l'économie numérique

● **E-commerce**

Le développement du e-commerce introduit un changement structurel important et durable en matière de logistique urbaine.

La plupart de nos interlocuteurs prévoient une poursuite sur le moyen / long termes de la croissance du développement du e-commerce à un rythme assez rapide.

Certains observent actuellement un ralentissement conjoncturel dans le rythme de la croissance du e-commerce.

Cela pourrait être lié à la crise économique actuelle.

En matière de logistique urbaine, cela se traduit par une croissance très rapide des livraisons B → C vers les particuliers ; ce qui pose problème car ceux-ci sont souvent absents de leur domicile durant les tournées de livraisons. Il en résulte des présentations multiples des colis, sources de coûts et de nuisances.

Certains de nos interlocuteurs ont mis en place des livraisons sur rendez-vous dans des créneaux horaires qui ont une amplitude de 2 à 3 heures. Il est difficile techniquement de réduire cette amplitude horaire.

D'autres personnes interrogées préconisent de développer des livraisons dans des conciergeries, des sas, des points relais ou des consignes.

Il faut pouvoir séparer l'heure de la livraison du moment du retrait du colis par le destinataire.

Ces différentes solutions connaissent un développement assez rapide mais avec des aléas.

C'est ainsi qu'après un lancement réussi, Consignity a rencontré des difficultés pour mettre en place un modèle économique viable pour des consignes automatiques.

Les réseaux de points relais ont atteint pour certains une taille très significative. C'est le cas de KIALA qu'exploite plus de 4 500 points relais en France et qui a été racheté par UPS.

Mais certains de nos interlocuteurs font observer que la rémunération offerte aux commerçants qui accueillent des points relais est faible. Après une première expérience, certains renoncent à cette activité. Nous ne disposons pas de statistiques précises à ce sujet.

De toute manière, le développement du e-commerce va entraîner des changements structurels sur longue période dans l'organisation de la logistique et plus généralement de la supply chain.

Le e-commerce représente désormais une activité essentielle pour certaines entreprises, telles que La Poste et ses filiales.

Le champ d'intervention du e-commerce tend à s'élargir et à se diversifier.

Les grandes enseignes font un retour remarqué dans le domaine du e-commerce dans le domaine de l'alimentaire.

Certaines entreprises de produits de luxe qui hésitaient à faire appel au e-commerce le font désormais ; ce qui leur permet de diversifier leur clientèle, sans pour autant remettre en question leurs magasins et leurs clientèles traditionnels.

Plusieurs des personnes interrogées insistent sur les synergies possibles entre réseaux de magasins franchisés et le e-commerce ; le retrait des colis pouvant se faire dans un magasin de proximité.

Cela permet une offre plus large et parfois des ventes supplémentaires à l'occasion du retrait des colis.

● *Applications des nouvelles technologies*

Les avis de nos interlocuteurs sont partagés à ce sujet.

La plupart observent l'existence d'une gamme assez large d'outils disponibles pour l'optimisation des tournées, la géolocalisation des véhicules, la gestion du stationnement, les réservations des livraisons et des places de stationnements, etc.

Certaines applications sont déjà couramment utilisées pour l'optimisation des tournées et la géolocalisation.

Par contre, les avis émis par certains sont réservés concernant les outils de réservation de places de stationnement sur les aires de livraisons

Cela serait assez lourd à mettre en œuvre et à faire respecter. Les coûts de certains équipements seraient élevés.

D'autres émettent un avis plus positif. Mais, tous constatent que l'on est encore dans ce domaine au stade de l'expérimentation.

Dans tous les cas, il faut que les collectivités se donnent les moyens de faire respecter les réglementations. La technologie ne suffit pas.

Le recours à la télésurveillance est techniquement possible mais certains élus sont très réticents pour utiliser cette technique.

1.5. *L'organisation logistique des entreprises de transport*

Il convient de distinguer l'organisation des entreprises de transports pour compte d'autrui de celle des entreprises de transport pour compte propre.

Le compte d'autrui fait généralement appel à des tournées de livraisons qui sont relativement bien optimisées.

La situation dans le domaine du transport pour compte propre est beaucoup plus complexe et assez mal connue. Il existe une grande diversité d'activités et de situations.

Le compte propre assuré par certains chargeurs est souvent organisé de manière similaire à celle du compte d'autrui avec une recherche d'optimisation de tournées.

Par contre, le compte propre assuré par des petits commerçants ou des artisans génère souvent des transports en trace directe avec un trajet à vide et une faible productivité au niveau du transport lui – même.

Des interlocuteurs font observer qu'il existe au niveau des services statistiques du Ministère chargé des Transports des sources d'information concernant le compte propre qui ne sont pas facilement accessibles et qui mériteraient d'être mieux exploitées.

C'est une piste à creuser pour améliorer la connaissance de ce secteur.

La question est de savoir comment réduire le nombre de traces directs et favoriser une organisation plus productive et économe des transports du dernier kilomètre.

Nos interlocuteurs pensent en majorité qu'il ne faut pas donner la priorité à la voie réglementaire mais mettre en œuvre des actions d'information et de formation et offrir des solutions techniques (exemples : consignes).

Toutefois, certains considèrent qu'il faut réglementer les horaires de livraisons et limiter l'usage des véhicules les plus polluants.

Il n'y a donc pas de vrai consensus sur cette question et beaucoup d'interrogations qui résultent de la diversité des situations pratiques et d'une large méconnaissance du sujet.

On observe aussi en général dans le compte propre un renouvellement assez lent des parcs de véhicules ; ce qui pose un problème pour la réduction des nuisances environnementales.

Il s'agit donc d'un domaine de recherche qui reste à explorer.

1.6. La localisation des activités et des emplois

Il s'agit là d'une thématique assez générale qui renvoie chez nos interlocuteurs à des sujets assez diversifiés :

1. la mixité sociale,
2. la maîtrise du foncier,
3. l'organisation du travail (télétravail – co-working).

● **la mixité sociale**

Au cours des dernières décennies, l'urbanisme a été souvent marqué par une dissociation entre les zones consacrées à l'habitat et celles accueillant des activités économiques.

Cette approche en termes de « zoning » a conduit à un éclatement urbain et à un allongement des déplacements domicile – travail.

Dans le même temps, on observait une concentration des activités et de la population dans des grandes agglomérations urbaines au détriment des zones rurales et des villes moyennes.

On observe actuellement au retour à des politiques de mixité sociale intégrant dans un même espace des activités diversifiées et de l'habitat.

Certaines villes moyennes, disposant d'équipements et de commerces de centre-ville de qualité, redeviennent attractives. Ces évolutions récentes restent à préciser.

Elles sont susceptibles d'avoir un impact non négligeable sur l'organisation de la logistique urbaine qu'il est difficile d'évaluer à ce stade avec précision.

● **la maîtrise du foncier**

Transport et urbanisme sont étroitement liés même si souvent, au niveau des collectivités territoriales, on observe un cloisonnement dans ce domaine.

Plusieurs interlocuteurs, y compris des techniciens des collectivités territoriales, ont insisté sur la nécessité de décroisonner ces domaines, notamment pour ce qui concerne la gouvernance de la logistique urbaine.

La question de la maîtrise du foncier apparaît ici cruciale. Elle doit être appréhendée au niveau des agglomérations urbaines et non pas seulement au niveau communal.

Cela est essentiel pour permettre la mise en place d'espaces logistiques urbains à proximité des zones urbaines denses et sur des terrains embranchés et/ou mouillés.

Là aussi une mixité d'activités sur un même site peut faciliter l'implantation d'espaces logistiques urbains tels que des hôtels logistiques

● ***l'organisation du travail***

Ce thème a été évoqué et débattu avec la plupart des personnes interrogées.

Cela a conduit à évoquer les questions du télétravail et du « co-working ».

La majorité de nos interlocuteurs observent que le télétravail demeure peu développé actuellement en France. Cette situation s'explique pour une large part par des raisons culturelles liées à l'organisation hiérarchique du travail.

Des évolutions sont envisageables mais sur une longue durée.

Le lien social est aussi important.

Un télétravail à temps partiel est possible, notamment dans certaines activités tertiaires de services qui ne nécessitent pas un contact direct au quotidien avec la clientèle.

La solution du « co-working » est intéressante mais demeure marginale.

Elle est méconnue par la majorité de nos interlocuteurs.

Tout cela est susceptible d'avoir des conséquences importantes sur l'organisation de la logistique urbaine.

Le télétravail à temps partiel de personnes résidant dans des villes moyennes et venant travailler à temps partiel dans des grandes agglomérations urbaines peut permettre de revitaliser les commerces des centres villes moyennes et de simplifier l'organisation de la logistique urbaine dans les zones urbaines denses des grandes agglomérations (cf : exemple de Toulouse).

1.7. La mutualisation de la logistique urbaine

Il s'agit d'un sujet controversé sur lequel nos interlocuteurs ont exprimé des points de vue assez différents, même si certains constats factuels sont partagés par le plus grand nombre.

De fortes réticences existent chez les professionnels vis-à-vis d'une mutualisation qui pourrait être imposée par une voie réglementaire.

Un effort considérable d'information et de pédagogie reste à faire pour leur montrer l'intérêt de la mutualisation dans une logique de développement durable.

Ils sont sensibles aux arguments économiques mais craignent que le passage par un espace logistique urbain et les coûts liés à la rupture de charge ne soient pas compensés par les gains liés à la mutualisation.

Mais, en réalité, la principale difficulté est liée au respect du secret commercial et des conditions de concurrence.

La sous – traitance est déjà largement pratiquée par de nombreux groupes de messagerie et de fret express mais dans le cadre du contrat de transport, sous la forme d'une remise à confrère.

Mettre en commun des livraisons du dernier kilomètre avec des concurrents dans le cadre d'une structure ouverte n'est pas facilement acceptable par la plupart des « expressistes » et des « messagers ».

Les problèmes techniques de traçabilité peuvent être résolus mais il faut impérativement respecter le secret commercial.

Les collectivités territoriales sont prêtes à donner une impulsion pour assurer le lancement d'espaces logistiques urbains facilitant la mutualisation mais ne veulent pas mettre « le doigt dans l'engrenage » de subventions pérennes de fonctionnement pour l'exploitation de ces espaces.

La mise à disposition du foncier pour ce type d'espaces est vitale. Les collectivités publiques peuvent jouer un rôle important à ce niveau.

Mais la réglementation concernant les plans locaux d'urbanisme devrait être clarifiée.

Il faut organiser cela à l'échelle des agglomérations urbaines tout en respectant les spécificités communales.

Une niche pour la mutualisation existe au niveau des quartiers. Il est envisageable d'organiser des conciergeries, des consignes, des bureaux de ville au niveau d'un immeuble, d'une rue commerçante ou d'un quartier.

Cela nécessite des expérimentations qui peuvent être facilitées par l'adaptation du cadre réglementaire, voire législatif.

Il serait envisageable de créer des consignes ou des boxes dans les immeubles comparables aux boîtes aux lettres ; ce qui permettrait une mutualisation de la livraison des colis à l'échelle d'un immeuble.

La mutualisation est aussi envisageable à l'échelle d'un groupe entre ses différentes filiales.

C'est le modèle qu'a tenté de développer GEODIS avec le projet DISTRIPOLIS.

Il ne s'agit pas d'un modèle ouvert, même s'il permet des mutualisations internes à un groupe entre ses filiales.

Pour avancer dans le domaine de la mutualisation, il faut privilégier les expérimentations sans prétendre élaborer un modèle global et unique qui n'existe pas actuellement et risque de provoquer des réactions de rejet.

2. Annexe 2 : Les typologies d'activités utilisées

L'affectation des établissements à la typologie centrale de FRETurb, en 45 classes se fait d'abord à partir de leur code APE mais aussi de quelques autres critères propres à identifier les bureaux non tertiaires, les entrepôts, l'industrie du bâtiment, etc. La démarche suivie est exposée en détail dans Gerardin et al. (2001).

Sur la base de cette typologie, des regroupements peuvent être réalisés selon 8 catégories (agriculture, artisanat, industrie, commerce de gros, grande distribution, petit commerce, tertiaire de bureau, entrepôts). Dans certains cas, il est nécessaire d'affiner les groupes sur la base de la taille des établissements (mesurée en nombre de salariés), on obtient alors la ST115. Le tableau ci-dessous indique les correspondances entre ces 3 typologies.

Grille de passage de la ST45 aux autres niveaux de la typologie

ST8	Libellé ST8	ST45	Libellé ST45	ST115	Effectif salarié
1	Agriculture et activités paysagères	1	Agriculture	1a	0 à 2
				1b	3 et +
2	Artisanat-services	2-2	Artisans (réparations)	2-2a	Aucun
				2-2b	1 ou 2
				2-2c	3 et +
		2-3	Artisans (fabrication ou installation - petites réparations)	2-3a	Aucun
				2-3b	1 ou 2
				2-3c	3 et +
		26Ha	Tertiaire autre (services flux élevés)	26Ha-a	Aucun
				26Ha-b	1 et +
		26Mi	Tertiaire autre (services flux mixtes)	26Mi-a	Aucun
				26Mi-b	1 à 9
				26Mi-c	10 à 49
				26Mi-d	50 et +
		26Mo	Tertiaire autre (services flux moyens)	26Mo-a-0	0 à 9
				26Mo-b	10 et +
3	Industrie	34-2	Industrie de la construction (réparation)	34-2a	0 à 5
				34-2b	6 et +
		34-3	Industrie de la construction (fabrication ou installation)	34-3a	0 à 5
				34-3b	6 et +
		3	Industrie chimique	3a	0 à 5
				3b	6 et +
		4-2	Industrie de biens de production et intermédiaires (de base)	4-2a	0 à 5
				4-2b	6 et +
		4-6	Industrie de biens de production et intermédiaires (petits objets)	4-6a	0 à 5
				4-6b	6 et +
		4-7	Industrie de biens de production et intermédiaires (objets volumineux)	4-7a	0 à 5
				4-7b	6 et +
		5-2	Industrie de biens de consommation (produits alimentaires fragiles)	5-2a	0 à 5
				5-2b	6 et +
5-4	Industrie de biens de consommation (produits non alimentaires, équipement de la maison et de la personne)	5-4a	0 à 5		
		5-4b	6 et +		
5-5	Industrie de biens de consommation (produits alimentaires non fragiles, équipement spécifique)	5-5a	0 à 5		
		5-5b	6 et +		

4	Commerce de gros	7-2	Commerce de gros de produits intermédiaires fragiles	7-2a	0 à 2
				7-2b	3 à 9
				7-2c	10 et +
		7-3	Commerce de gros d'autres produits intermédiaires	7-3a	0 à 2
				7-3b	3 à 9
				7-3c	10 et +
		8-2	Commerce de gros de biens de consommation non alimentaires	8-2a	0 à 2
				8-2b	3 à 9
				8-2c	10 et +
		8-3	Commerce de gros de biens de consommation non alimentaires	8-3a	0 à 2
				8-3b	3 à 9
				8-3c	10 et +
		9-2	Commerce de gros de biens de consommation alimentaires fragiles	9-2a	0 à 2
				9-2b	3 à 9
				9-2c	10 et +
9-3	Commerce de gros d'autres biens de consommation alimentaires	9-3a	0 à 2		
		9-3b	3 à 9		
		9-3c	10 et +		
5	Grande distribution	10	Hypers et grands magasins polyvalents	10	Tous
		11	Supermarchés	11	Tous
		12	Grands magasins spécialisés	12a	10 à 99
6	Petit commerce	13	Supérettes	13	Tous
				14a	0
		14	Commerces de détail, habillement, chaussures, cuir	14b	1 à 5
				14c	6 et +
				15a	0
		15	Boucheries	15b	1 à 5
				15c	6 et +
				16a	0
		16	Épiceries, alimentation	16b	1 à 5
				16c	6 et +
				17a	0
		17	Boulangeries, pâtisseries	17b	1 à 5
				17c	6 et +
				18a	Aucun
		18	Café, hôtels, restaurants	18b	1 ou 2
				18c	3 à 9
				18d	10 à 49
				18e	50 et +
				19a	0 à 2
		19	Pharmacies	19b	3 à 9
				19c	10 et +
				20a	Aucun
		20	Quincailleries	20b	1 et +
21a	0 à 5				
21	Commerce d'ameublement	21b	6 à 99		
		21c	100 et +		
		22a	0		
22	Librairie, papeterie	22b	1 à 5		
		22c	6 et +		
		23a	Aucun		
23	Autres commerces de détail	23b	1 à 9		
		23c	10 à 99		
		23d	100 et +		
		29	Tous		
7	Tertiaire de bureau	25	Tertiaire pur	25a	Aucun
				25b	1 ou 2
				25c	3 à 5
				25d	6 à 9

			25e	10 à 49
			25f	50 et +
	26Fa	Tertiaire autre	26Fa-a	Aucun
			26Fa-b	1 à 5
			26Fa-c	6 à 49
			26Fa-d	50 et +
	27-2	Bureaux non tertiaires (agriculture, commerce de gros)	27-2a	0 à 9
			27-2b	10 et +
	27-3	Bureaux non tertiaires (commerce de détail, industrie, transport, collectivités)	27-3a	0 à 9
			27-3b	10 et +
	6	Transport (sans entreposage)	6a	0 à 2
			6b	3 à 9
			6c	10 et +
8	28-2	Entrepôts (encombrants)	28-2a	0 à 5
			28-2b	6 et +
	28-3	Entrepôts (dont transport)	28-3a	0 à 5
			28-3b	6 et +
	30	Carrières	30a	0 à 5
			30b	6 et +